

01674  
43



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

EVALUACION DEL EFECTO DEL CRUZAMIENTO DE LA RAZA  
BLANCO AZUL BELGA SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO CON GANADO COMERCIAL

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION  
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**P R E S E N T A:**

**ADOLFO KUNIO YABUTA OSORIO**

**TUTORES:**

**DR. LEOPOLDO PAASCH MARTINEZ  
DRA. MA. DE LA SALUD RUBIO LOZANO  
DR. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ**



**MEXICO. D. F.**

1

2003

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **PAGINACIÓN DISCONTINUA**

la Dirección General de Bibliotecas  
Citundir en formato electrónico e imp.  
tenido de mi trabajo rectitudinal.

NOMBRE: Adolfo Ronce  
Yoshiko Osejo

FECHA: 7 Junio 2007

NOMBRE: Adolfo Ronce

## AGRADECIMIENTOS

### A mis Padres:

*A tí mamá, doy gracias por todo lo que en vida hiciste siempre con tus desvelos y con cariño, por los principios inculcados, por no perder la paciencia, por compartir mis experiencias y aunque sé que ahora tienes otra misión, agradezco que sigas a nuestro lado.....*

*A tí papa, no encuentro la forma para dar gracias por todo, lo que nunca faltó, por tus esfuerzos en todo momento, por el ejemplo de rectitud, honestidad y dedicación, por tu tolerancia, porque en gran medida este logro es tuyo....*

### A mis Hermanos:

Yuriko  
Yoshiko  
Yukiko  
Yoshio

*Porque también este logro es el de ustedes. Por la experiencia de compartir toda la carga de emociones. Por ser los confidentes en las etapas más difíciles. Por su cariño, tolerancia, consejo y apoyo incondicionado en todo momento...*

2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DEDICATORIAS

### A mi Jurado:

Dr. Moisés Montaña Bermúdez.  
Dra. María de S. Rubio Lozano.  
Dr. Hugo Montaldo Valdenegro.  
Dr. Felipe Torres Torres.  
Dr. Leopoldo Paasch Martínez.

*Por el siempre amable consejo, la crítica y en aliento para culminar este esfuerzo*

### A mis Tutores:

Dr. Leopoldo Paasch Martínez.  
Dra. Dra. María de S. Rubio Lozano.  
Dr. Moisés Montaña Bermúdez.

*En este esfuerzo no puedo dejar pasar la oportunidad para hacer saber cuan valiosa me resulta esa amistad, en su consejo, amabilidad y alegría. Mi gratitud y gran aprecio a esa gentil benevolencia, siempre en consideración.*

### A mis Asesores:

Adriana Ducoing Watty.  
Jose Luis Dávalos Flores.  
Andres Ducoing Watty.  
Patricia Adame Jenkins.

*Me cuesta un enorme trabajo encontrar alguna frase que pueda expresar con toda su magnitud la gratitud hacia cada uno de los gestos de una bella amistad... No pudo dimensionar lo que resulta agradable y alentador en los momentos difíciles...*

## A mis Amigos:

Abel Trujillo.  
Adriana Alarcón.  
Adriana Ducoing.  
Alejandra Sánchez.  
Alicia Soberón M.  
Alina Ruiz.  
Ana B. Trujillo.  
Ana D. Rodríguez.  
Ana M. Benavides.  
Andres Ducoing.  
Angela Cárdenas.  
Anne Sisto B.  
Antonieta Carrasco.  
Claudia Sardaneta.  
Cristobal Zepeda.  
Danilo Méndez.  
Erik Fraga E.  
Elena Flores.  
Felipe Carrasco.  
Francisco Moreno.  
Genaro Pulido.  
Gerardo Adame.  
Gerardo Ponce.  
Hermilo Cuevas.  
Iliana Agudelo.  
Javier Gutiérrez.  
Jorge Avila.  
Jose E. Márquez.  
Jose L. Dávalos.  
Juan Aldaba.  
Juan R. Arenas.  
Leopoldo Paasch.  
Lourdes Ortega.  
Luis F. de Juan.  
Luis Berjón.  
Lucina Landeta.  
Magali González.  
María Rubio.  
Mariana Trujillo.  
Ma de Jesús Tron.  
Marcela Gonzáles.  
Paula Zepeda.  
Patricia Adame.  
Rafael Trujillo.  
Sara Martínez.  
Susana Ramírez.  
Teresa Garzón.  
Vicente Lemus.  
Yuki Tashika.

*Con ustedes:*

*Siempre he percibido la amistad como la virtud que el destino concede, el triunfo al que la humanidad puede aspirar. Es la concepción universal del afecto y del respeto, que en algún sentido es la magnitud de la felicidad. Para quien se permite contar con un amigo, es la concordancia de alicientes y la afinidad de los que buscan la felicidad de compartir, la riqueza del alma, la gratitud de los detalles.*

*La amistad nunca daña, sólo alimenta. Hace crecer y fortalece a quien la prueba. Aquel que conoce la amistad, se sabe fuerte y acompañado. La habilidad de lograr la amistad es la vía de liberación del ser, pues crece en la medida de la capacidad de fortalecer amistades. La amistad es la encrucijada de ideales semejantes, de valores afines, personalidades complementarias, de vivencias cercanas, o travesuras compartidas.*

*La amistad conforma el código del hombre. Se descifra y replica cuantas veces sea necesario. Se expresa al margen de personalidades, sin atender protocolo alguno de cualidades o lenguajes. La expresión de la amistad es la medida de la capacidad humana y del talento para vivir en gratitud hacia la vida.*

*Curiosamente el hombre establece relaciones interpersonales complejas. Cuanto más complicadas, le resultan más interesantes. Afortunadamente, la amistad es más simple de lo que pensamos. No amerita contratos ni convenios, solo requiere se le permita natural fluidez. Si hubiera, se daría por sí sola. La estructura de la amistad es simple, no es un propósito, es solo una manifestación de la sensibilidad humana...*

*"El hombre es el reflejo de aquellos con quien se asocia. Es consecuencia de lo que aprende de quienes le rodean..."*

*¡Gracias!*

*Adolfo Kunio*

4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Objetivo general.....	6
4. Metodología.....	6
Metodología para la formación del hato BAB puro.....	8
Metodología para construcción del Marco de Referencia.....	15
Metodología para el análisis de la información.....	16
5. Desarrollo.....	22
Marco de referencia.....	22
6. Resultados.....	66
Formación y descripción del hato BAB en Tamaulipas 1994-95.....	66
Formación y evaluación de híbridos comerciales en Tamaulipas.....	71
Evaluación de la información de híbridos BAB en Jalisco.....	75
7. Discusión.....	78
8. Conclusión.....	90
9. Literatura citada.....	91
10. Cuadros y gráficas.....	96
11. Figuras.....	131
12. Anexos.....	i

## LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1.	Principales países productores de carne de res y ternera de 1993 al 2000.....	96
2.	Participación de los principales países productores de carne de res y ternera de 1993 al 2000.....	97
3.	Principales países exportadores de carne de res y de ternera de 1993 al 2000.....	98
4.	Participación de los principales países exportadores de carne de res y de ternera, de 1993-2000.....	99
5.	Principales países importadores de carne de res y de ternera de 1993 al 2000.....	100
6.	Participación de los principales países importadores de carne de res y de ternera de 1993-2000	101
7.	Comparación en la composición de canales de becerros sacrificados a peso constante (83kg) pertenecientes a los tipos Doble Músculo y Convencionales.....	103
8.	Grado de hipertrofia muscular de los músculos en un corte de la canal a nivel de la 7ª costilla en 58 toros del tipo doble músculo y 70 del tipo convencional de la raza del ganado Blanco Azul Belga.....	104
9.	Número promedio de fibras musculares por campo de observación en microscopía óptica de muestras tomadas de los músculos de animales de doble músculo y tipo convencional de la raza Blanco Azul Belga (área 95.10 mm2).....	105
10.	Análisis químico de muestras tomadas en los músculos longissimus dorsi y latissimus dorsi de toros del doble músculo y convencional de la raza Blanco Azul Belga.....	106
11.	Rendimiento en corte y composición del corte de la canal a la 7ª costilla de los animales de tipo cárnico, mixto y cruzas, sacrificados a edad constante de 1 año.....	107
12.	Evolución de la proporción de vientres cárnicos y lecheros en el inventario ganadero belga en años selectos.....	108
13.	Sistema de cotación (calificación) lineal para la raza Blanco Azul Belga.....	110
14.	Descripción comparativa del comportamiento productivo observado en una prueba de progenie de 1987 a 1988 en Bélgica con animales pertenecientes a cinco tipos biológicos diferentes.....	111
15.	Síntesis de las variantes de mutaciones del gen de la miostatina en bovinos identificadas por diferentes investigadores hasta la fecha en diferentes razas de ganado.....	112
16.	Pesos, proporciones, correlaciones y equivalencia nominal entre los músculos corporales del bovino por regiones anatómicas y su denominación en tecnología de la carne, de un estudio de 20 canales de animales de un año de la raza BAB.....	113
17.	Características encontradas en el estudio de 20 toros de tipo convencional sacrificados a edad constante de 12 meses en la Estación de Selección Bovina en Ciney, Bélgica de 1980-81.....	115
18.	Relación entre la composición de la media canal y la composición del corte a la 7ª costilla de los animales sacrificados a edad constante en la Estación de Selección Bovina en 1980-81.....	116
19.	Resultados del programa de transferencia de embriones de la raza Blanco Azul belga de origen belga en Soto La Marina Tamaulipas 1994-95.....	117
20.	Resultado de los partos resueltos mediante intervención quirúrgica (cesárea) en las vacas receptoras de embriones transferidos y sobrevivencia de las crías en tres épocas de pariciones de 1995 al 2001.....	118



21. Registro de pesajes y pesos ajustados a 205 y 365 días, ganancias diarias de peso pre y postdestete del hato Blanco Azul Belga nacido en el rancho La Esperanza, Soto La Marina Tamaulipas en 1995-96.....	119
22. Resultados obtenidos en los programas de colección y transferencias embrionarias de 1997 al 2000, con las hembras puras de la raza Blanco Azul Belga nacidas en Soto La Marina Tamaulipas en 1995-96.....	120
23. Pesos promedio al nacimiento registrados en el rancho La Esperanza de 1995 a 2000 en animales híbridos de las razas Blanco Azul Belga, Limousin y Simmental.....	121
24. Resumen de los promedios generales de peso a 205 días de edad y ganancias diarias de peso en animales de diferente grupo racial producidos en Soto La Marina Tamaulipas de 1995-2000..	122
25. Medias de Mínimos Cuadrados para peso al nacimiento de acuerdo a raza paterna, raza materna, sexo y año de nacimiento por el método de mínimos cuadrados, de los becerros nacidos en el rancho La Esperanza en Soto La Marina, Tamaulipas de 1995 a 2000.....	123
26. Medias de Mínimos Cuadrados para peso a los 205 días de acuerdo a la raza paterna, raza materna, año y sexo de los becerros del rancho La Esperanza en Soto La Marina, Tamaulipas de 1995 a 2000.....	124
27. Medias de mínimos cuadrados para ganancias diarias de peso de acuerdo a la raza del padre, de la madre, sexo y año de los becerros del rancho La Esperanza en Soto La Marina Tamaulipas de 1995 a 2000.....	125
28. Resumen de promedios generales de peso al nacimiento, peso a 205 días y ganancias diarias de peso de los híbridos de la raza BAB y otros nacidos en la Ganadera Uberaba, Jalisco de 1998 a 2001.....	126
29. Resumen de promedios generales de peso a 365 días y ganancias diarias de peso de los híbridos de la raza BAB y otros nacidos en la Ganadera Uberaba, Jalisco de 1998 a 2001.....	127
30. Promedios generales, desviación estándar y coeficiente de variación de los pesos al sacrificio, en canal y rendimiento de los híbridos de la raza BAB participantes dentro de cada categoría en el XII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de canales, de la XXXV Exposición Ganadera Jalisco 2001.....	128
31. Promedios generales y desviaciones estandar de peso al sacrificio (en pie), peso de la canal y rendimiento de la canal del total de participantes e híbridos de la raza BAB en los Concursos de Rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales realizados en Guadalajara de 1994 al 2001 por la Asociación de Engordadores del estado de Jalisco.....	129

## GRAFICOS

<i>Grafico</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1.	Evolución histórica de la ganadería de carne de 1961 a 2002.....	102
2.	Frecuencia de casos observados por porcentaje de músculos en el corte a la 7a costilla de la canal.....	109
3.	Evolución de los promedios generales de peso al sacrificio, peso de la canal del total de participantes y proporción de representación, del grupo de híbridos de la raza BAB y del grupo de cruas restantes en el Concurso de Rendimiento de Canales en Jalisco, desde 1994 al 2001...	130

## FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1.	Ejemplar fundador de la raza Blanco Azul Belga "Ganache de Maufontaine".....	131
2.	Toros de la raza Blanco Azul Belga correspondientes al prototipo de la década de los años 60....	132
3.	Identificación anatómica de los músculos observables en el corte transversal de la canal a nivel de la 7a costilla.....	133
4.	Sistema de Coración o Calificación Linear de la raza Blanco Azul Belga.....	134
5.	Diagnóstico de la delección de la miostatina por cromatografía de fragmentos del DNA de las muestras de 8 animales diferentes. ....	135
6.	Comparación del mapa físico y genético del cromosoma 2 bovino (BTA2).....	136
7.	Efecto de la disrupción inducida (mutación) en el gen codificante para la síntesis de miostatina en una población experimental de ratones.....	137
8.	Representación esquemática de la estructura de un gen de la miostanina.....	138
9.	Representación esquemática de la mutación nt 821 (del 11) en el gen de miostatina en el bovino.....	139
10.	Mecanismo de expresión del gen mh.....	140
11.	Representación esquemática de las mutaciones del gen de la miostatina bovina.....	141
12.	Representación esquemática de las piezas en constituyentes del corte del animal para el abasto.....	142
13.	Reconstrucción anatómica de los músculos superficiales de la raza Blanco Azul Belga.....	142
14.	Canal de un ejemplar de un toro BAB "doble músculo".....	144
15.	Genealogía de los embriones nacidos en México de 1994 al 2001.....	145
16.	Genealogía de los embriones nacidos en México de 1994 al 2001.....	146
17.	Primer lugar en la categoría Libre en el XIII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales del estado de Jalisco, en 2002.....	147
18.	Primer lugar en la categoría Vaquillas en el XIII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales del estado de Jalisco, en 2002.....	148

## LISTA DE ANEXOS

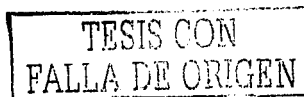
<i>Anexo</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
I	Cesárea en cuadripedestació. Modificación de la técnica de histerotomía belga, adaptación para el ganado de carne en el trópico húmedo mexicano	i.
II	Réplica del Registro del protocolo seguido en el V Quinto programa de transferencia de embriones del ható Blanco Azul Belga	viii
III	Descripción general de los pesos al sacrificio, en canal y rendimiento de los participantes por categoría en el XII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales, de la XXXV Exposición Ganadera Jalisco, 2001	ix

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESUMEN

El propósito del estudio fue documentar la experiencia de la introducción de germoplasma de la raza Blanco Azul Belga (BAB) a México y su efecto en el comportamiento productivo en la ganadería comercial bovina de carne. El trabajo describe la metodología empleada al conformar un hato BAB puro en el Trópico húmedo y la formación de híbridos mediante el cruzamiento con vientres locales, para evaluar el efecto doble músculo sobre el comportamiento productivo. El marco de referencia reúne la información publicada relacionada con el origen de la raza, mecanismo de acción del gen de la miostatina (MSTN) y efecto en las características fenotípicas del ganado en Bélgica y otros lugares. Se describe la metodología empleada en tres épocas de pariciones (1994 al 2000), para el nacimiento de los ejemplares puros en territorio nacional, las modificaciones a la técnica cesárea belga para adaptarlas a las condiciones de una región tropical en Tamaulipas. Los resultados muestran la factibilidad de la cesárea para el nacimiento de ejemplares puros. La viabilidad de las crías nacidas en México se comprobó con la obtención de embriones BAB en 6 programas posteriores de superovulación y transferencia y por la obtención de híbridos, logrados mediante cruzamiento (montas naturales e inseminación) con los toros BAB iniciales. Los resultados con los híbridos BAB muestran que son viables sin la necesidad de cesárea para el nacimiento. El efecto del gen en los híbridos es más evidente en las características de la canal y de la carne que en el comportamiento observado *in vivo*.

**Palabras clave:** Blanco Azul Belga, Gen Doble músculo, Cesárea, Miostatina, MSTN, Mutación.



## ABSTRACT

The purpose of this study was to document the experience of the introduction of the germ plasm of the White Belgian Blue (WBB) breed to Mexico and its effects on the production performance of the commercial beef industry. The study describes the methodology used to produce a pure WBB herd in the Humid Tropic of Mexico and the production of hybrids by crossing them with local cows, in order to evaluate the effect of the double muscle on their productive performance. The **reference framework** includes all the published information about the breed's origin, the action of the miostatin (MSTN) gene and its effects on the phenotypic traits of the cattle in Belgium and other places. The methodology used for the delivery of purebred calves in Mexico during three calving seasons (1994 to 2000) is described, including the modifications for the Belgian Cesarean Section technique in order to adapt it to the local tropical conditions of Tamaulipas Estate, Mexico. The results obtained show the feasibility of using the Cesarean Section in the delivery of purebred WBB calves. The viability of the calves born in Mexico was proved by the WBB embryos' production in six superovulation and transfer programs as well as by the production of hybrid animals through crossbreeding (natural mating and artificial insemination) using the initial WBB sires. The results obtained with the WBB crossbred animals show that they were able to be delivered without the need of Cesarean Section. The miostatin gene effect in the crossbred animals was more evident in the carcass traits than in the live animal performance.

**Key words:** White Belgian Blue, double muscle gene, Cesarean Section, miostatin, MSTN, mutation.

# EL EFECTO DEL CRUZAMIENTO DE LA RAZA *BLANCO AZUL BELGA* SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO CON GANADO COMERCIAL

## Introducción

El comportamiento observable en la producción mundial y en México, es el resultado de interacciones comerciales entre los principales países productores, los exportadores con los importadores y consumidores de carne (Jarrige y Auriol, 1992). En los últimos años, las tendencias del comercio de la carne de res han evolucionado de acuerdo con los cambios en los hábitos y preferencias de sus consumidores (Shackelford *et al.*, 1995; Trápaga, 2001), influidos por factores económicos, sociales y de salud. Dada la inexistencia de ganado en la época precolombina de México, la ganadería bovina en esencia es un proceso histórico continuo de importaciones. La historia de ésta comienza en 1521 con la introducción del primer ganado de origen español, proveniente de las Antillas y Santo Domingo (Flores, 2000; UACH, 2002). La estructura actual de la población bovina está compuesta por las dos subespecies (*bos taurus* y *bos indicus*) (Preston y Vaccaro, 1989; De Dios, 2000). La mayor parte del ganado existente está dedicado a la producción de carne y al doble propósito. Los cambios en las demandas en el consumo de alimentos en la población han generado pautas y nichos de mercado, que han influido en la elección de introducción de las razas que se suman a las existentes y en la actualidad conforman la diversidad de nuestra ganadería (Trápaga, 1997).

En la ganadería mundial, existe una cantidad importante de razas seleccionadas de acuerdo con diversas cualidades para propósitos específicos (Porter, 1991; Ménissier y Frisch, 1992), por ello, resulta importante el conocimiento de las características y comportamiento de las distintas razas que existen en México. Algunas han sido seleccionadas en Europa desde el siglo XIX, por la rusticidad y habilidad para destetar crías en condiciones adversas como el ganado *Hereford*, otras por su capacidad de infiltrar grasa en el tejido muscular (marmoleo) como el *Aberdeen Angus* o por su potencial de crecimiento como el *Charolais* (Montaño, 1991; Porter, 1991; Jarrige y Auriol, 1992). Existen diversos esquemas de cruzamiento en donde ciertas combinaciones de raza pueden resultar más favorables o superiores que otras para determinados sistemas de producción y diferentes ambientes (Ménissier y Frisch, 1992).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Desde el origen y a lo largo de la historia de la ganadería bovina productora de carne, se han sucedido diversos ejemplos de introducción de razas especializadas provenientes de diferentes regiones del mundo y creadas para diversos propósitos (Ménissier y Frisch, 1992). En Europa continental existen razas de bovinos que en su origen sirvieron como animales de trabajo y hasta mediados del siglo XX fueron seleccionadas por su desarrollo muscular, maduración tardía y mayores rendimientos en canal para aumentar el valor de cada semoviente producido. El principal objetivo, fue producir una canal con la mayor proporción de músculo posible y la cantidad óptima de grasa para el gusto del consumidor (Allen, 1990). Dentro de este tipo de razas podemos mencionar la raza *Charolais* y *Blond d'Aquitaine* en Francia, *Piedmontese* y *Romagnola* en Italia, *Asturiana*, *Pirenaica* y *Rubia Gallega* en España. Por sus dimensiones corporales, su madurez tardía y como respuesta a los cambios en las preferencias de los consumidores del mundo, estos tipos de ganado han incrementado su crianza en algunos países europeos desde mediados del siglo XX, pretendiendo la calidad suprema, más carne y menos grasa (Jarrige y Auriol, 1992; Porter, 1991). Otros productores europeos, proponen alternativas de mercado para la producción de carne bovina con las razas *Limousin* de Francia y *Blanco Azul Belga* de Bélgica, en cuanto a calidad, rendimiento y desarrollo muscular (Ménissier y Frisch, 1992; Strydom *et al.*, 2000).

En la década de los años 70, el cambio en la tendencia del consumo de carne con grasa indujo el uso de genotipos de maduración tardía para la producción de canales magras (Strydom *et al.*, 2000). La imposición de cuotas de producción de leche de 1984 para los países miembros de la Comunidad Económica Europea derivados de la sobreoferta al inicio de la década, la aceptación por las razas cárnicas especializadas para el cruzamiento con el ganado lechero y la transformación de hatos lecheros en sistemas de crianza de becerros para el abasto (Allen, 1990; Jarrige y Auriol, 1992; Arthur, 1995; Hoving-Bolink, 1999). Con el aumento en la demanda de carne magra, la disminución en la cantidad de grasa y los precios diferenciados por el tipo de canal, surgió el interés por el ganado doble músculo (Arthur, 1995) aunque en forma limitada por la frecuencia de distocias (Ott, 1990). Entre las razas europeas especializadas en la producción de carne, el doble músculo en la raza *Piedmontese* de Italia y en la *Blanco Azul Belga* de Bélgica, por la selección sistemática en favor del doble músculo (Ott, 1990; Charlier *et al.*, 1995; Kambadur, 1997). En otros países, el desarrollo extremo de masas musculares, la reducción en la cantidad de grasa corporal (hipotrofia del tejido adiposo), de hueso y el aumento de la relación de músculo:hueso

observado en las canales de animales híbridos formados con razas de doble músculo, en Francia, Inglaterra, Francia, Holanda, Dinamarca, Italia, Canadá, Australia y Nueva Zelanda despertó la inquietud por el doble músculo en cruzamiento terminal (Karima *et al.*, 1985; Hanset, 1985; Allen, 1990; Jarrige y Auriol, 1992; Hoving-Bolink, *et al.*, 1999; Wheeler *et al.*, 2001).

En fechas recientes, en la literatura científica han aparecido publicados diversos trabajos en torno a la caracterización de los híbridos de las razas de doble músculo, especialmente con la raza *Blanco Azul Belga*. Los resultados destacan cualidades productivas dignas de consideración en cruzamientos con ganado comercial. En la historia de la ganadería mexicana se han introducido diversas razas exóticas, de las cuales pocas tienen antecedentes documentados del doble músculo y su transmisión en el ganado comercializado para el abasto. Ante la perspectiva de aumentar la productividad de carne para el mercado interno y como generador de divisas en la exportación del ganado bovino, resultó de interés en el presente trabajo evaluar el efecto del cruzamiento de doble músculo de la raza *Blanco Azul Belga* con en el ganado local (productor de carne o lechero), para generar un valor agregado al prototipo de ganado comercial y documentar dichas experiencias.

Debido a la carencia de ejemplares puros de la raza *Blanco Azul Belga*, con certeza de portar el gen responsable del doble músculo, en épocas recientes se introdujo la raza a México a través de la importación de embriones y semen de toros puros probados como transmisores del doble músculo, para conformar un hato puro, desarrollar híbridos con las razas existentes en el país y evaluar las características que le son atribuidas en su país de origen (Bélgica). En virtud de los recientes acontecimientos sanitarios ocurridos en Europa, relacionados con las poblaciones de ganado bovino de carne (Fiebre Aftosa y Encefalopatía Espongiforme Bovina) las posibilidades de importación de cualquier material genético europeo adicional serán restringidas por varios años, por lo que el material genético existente en México cobra mayor interés.

La presente compilación y análisis documenta las experiencias de introducción de germoplasma de la raza Blanco Azul Belga, los resultados logrados con los cruzamientos formados con la raza y las implicaciones de la introducción del gen de doble músculo en el tipo de conformación en la ganadería de abasto nacional.



## OBJETIVO GENERAL

Documentar la experiencia de introducción de embriones puros y semen de la raza *Blanco Azul Belga* importados de Bélgica en 1994, para evaluar el resultado en los híbridos comerciales para el abasto logrados con el cruzamiento de ganado de razas existentes en el país.

## METODOLOGÍA

La metodología de estudio para evaluar la introducción de ejemplares puros de la raza Blanco Azul Belga y la producción de los híbridos comerciales en hatos comerciales comprende tres apartados metodológicos principales:

### 1.0. FORMACIÓN DEL HATO PURO DE LA RAZA BLANCO AZUL BELGA EN TAMAULIPAS, MÉXICO.

1.1. Selección del germoplasma de registro para la importación a México.

1.2. Selección de hembras receptoras del hato comercial.

1.3. Programa de transferencia de embriones.

1.3.1. Sincronización de calores de las receptoras.

1.3.2. Detección de calores.

1.3.3. Descongelación de embriones.

1.4. Programa de pariciones

1.4.1. Formación de personal con entrenamiento en obstetricia.

1.4.2. Vigilancia de partos.

1.4.3. Adaptación de la técnica de intervención cesárea belga a las condiciones prevalcientes en el trópico húmedo.

1.4.4. Desarrollo de las pariciones de las vacas receptoras

1.4.5. Crecimiento y desarrollo de los ejemplares nacidos.

1.5. Multiplicación de la primera generación de pic de cría nacido en México

1.5.1. Colección de semen y montas de los toros puros de la raza Blanco Azul Belga.

1.5.2. Producción de embriones a partir de las hembras puras de la raza Blanco Azul Belga.

## **1.6. Formación de híbridos comerciales con la raza Blanco Azul Belga.**

### **2.0. CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO DE REFERENCIA PARA DESCRIBIR:**

- 2.1. Situación de la ganadería de carne en el mundo.
- 2.2. Estructura de la ganadería bovina de carne en México.
- 2.3. Descripción de la raza Blanco Azul Belga.

### **3.0. EVALUACIÓN DE CAMPO CON LA INFORMACIÓN GENERADA DESDE LA INTRODUCCIÓN DE EJEMPLARES PUROS Y LA FORMACIÓN DE HÍBRIDOS EN LOS HATOS COMERCIALES EN MÉXICO.**

#### **3.1. Análisis de la información generada durante la formación del hato BAB puro en Tamaulipas 1994-95**

- 3.1.1. Balance del primer programa de transferencia de embriones BAB importados.
- 3.1.2. Balance del programa de nacimientos atendidos mediante intervención cesárea.
- 3.1.3. Evaluación del comportamiento de ejemplares BAB.
- 3.1.4. Evaluación de los programas sucesivos de multiplicación por transferencia embrionaria de las hembras puras nacidas en México en el año de 1994-95.

#### **3.2. Evaluación del comportamiento productivo de los híbridos de la raza Blanco Azul Belga en Tamaulipas**

- 3.2.1. Descripción general.
  - 3.2.1.1. Promedios generales de peso al nacimiento.
  - 3.2.1.2. Promedios generales de peso a los 205 días de edad (destete).
  - 3.2.1.3. Promedios generales de ganancias diarias de peso hasta los 205 días.
- 3.2.2. Análisis estadístico.
  - 3.2.2.1. Análisis de peso al nacimiento.
  - 3.2.2.2. Análisis de las medias de Mínimos Cuadrados para peso a 205 días.
  - 3.2.2.3. Análisis de las medias de Mínimos Cuadrados para ganancias diarias de peso hasta los 205 días.

### 3.3. Evaluación del comportamiento productivo de los híbridos de la raza Blanco Azul Belga en Jalisco Ganadera Uberaba

#### 3.3.1. Descripción general

##### 3.3.3.1. Comportamiento durante la crianza.

##### 3.3.3.2. Comportamiento al sacrificio

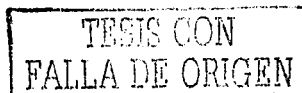
## 1.0. METODOLOGIA PARA LA FORMACIÓN DEL HATO PURO DE LA RAZA BLANCO AZUL BELGA EN TAMAULIPAS, MÉXICO

El trabajo de introducción y el análisis fue realizado en un hato comercial del rancho “La Esperanza” en el Municipio de Soto La Marina Tamaulipas, basado en el sistema de alimentación en pastoreo rotacional intensivo en praderas de *Panicum máximum* (Guinea). El lugar se encuentra localizado en el kilómetro 91 de la carretera federal Estación Manuel-Reynosa, a 21 msnm Tamaulipas, en la latitud de 23° 46', longitud de 98° 12'. El clima del lugar corresponde al clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Awo (c) w) alcanzando temperaturas promedio de 24.2°C y los 988.7 mm de lluvia al año (Rodríguez, 1999). El hato está compuesto por ganado comercial formado por animales destinados al pie de cría de las razas *Beefmaster*, *Limousin*, *Simbrah* y crianza de híbridos comerciales formados con *Brahman*, destinados en su mayoría para la venta a los corrales de engorda de Tamaulipas, Jalisco, Nuevo León y Chihuahua.

### 1.1. Selección del germoplasma de registro para la importación a México

Debido a la inexistencia en México de ejemplares puros, para conformar el hato inicial de animales puros de la raza se recurrió a la adquisición por importación de semen y embriones puros de Bélgica en 1994, al Centro de Inseminación Artificial LINALUX® en el país de origen (Bélgica). Los embriones adquiridos fueron hijos de los toros probados que corresponden a la composición genética de las líneas actuales utilizadas en los sistemas de crianza (pie de cría) y descendientes directos de los toros certificados por el *Blanc Blue Belge Herd- Book* en pruebas de progenie en Bélgica. La selección se realizó de acuerdo la información de los sementales siguiendo los criterios de: 1) Genealogía, 2) Índice Multicaracter 3) Calificación lineal 4) Distancia entre

® LINALUX, Rue des Champs Elysées 18b-5590, Ciney, Belgique.



familias, 5) Habilidad de transmisión esperada (valor de crianza obtenida por la metodología BLUP. Los embriones adquiridos fueron descendientes de los toros: *Brulot de Somme*, *Ministre de Bouchelet*, *Reveur de Beauring*, *Opticien d'au-Chêne* y *Galopeur d'Hayons*, contando con certificado de origen y de autenticidad (figura 15 y 16). La importación de embriones congelados hecha con la autorización de la entonces a la Dirección General de Sanidad Animal de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1994) se llevó a cabo de acuerdo al protocolo zoonosanitario establecido por la Comisión para la Prevención de la Fiebre Aftosa (CPA) y requerido por la misma Secretaría.

## 1.2. Selección de hembras receptoras del hato comercial

El hato de vientres para la recepción del germoplasma se constituyó por vacas de las razas Beefmaster, Simmental-Brahman, Brahman y cruza, libres de Tuberculosis y Brucelosis de acuerdo a las normas vigentes para efectos de campaña del estado de Tamaulipas. Las vacas para el programa de transferencia embrionaria fueron pre-seleccionadas en abril de 1994, de acuerdo a sus características morfológicas, antecedentes y un examen clínico reproductivo. Los vientres se eligieron siguiendo los criterios de: 1) tamaño corporal, conformación de la glándula mamaria y peso corporal (>600kg) 2) condición corporal mínima de 6 según escala de calificación de 1 a 8 puntos, 3) historial reproductivo (por lo menos un parto) con fertilidad comprobada, 4) características de habilidad materna favorable, experiencia de parto, buena producción lechera en partos anteriores (de acuerdo al historial de partos, lactancias anteriores y pesos logrados por sus crías). 5) normalidad anatómica del tracto genital (útero, cérvix y ovarios) palpables en el examen clínico reproductivo transrectal (Armstrong, 1987).

## 1.3. Programa de transferencia de embriones

**1.3.1. Sincronización de calores de las receptoras.** El primer programa de transferencia embrionaria se realizó en el rancho "La Esperanza" en un total de 99 vacas receptoras de las razas Beefmaster, *Simbrah* y cruza diversas repartidas en 2 grupos, a finales de diciembre de 1994 y 13 al 31 de marzo de 1995. En el cuadro ajunto se muestra un resumen de las actividades para sincronizar a las vacas receptoras utilizando implantes subcutáneos auriculares

impregnados con progestágenos (norgestomet más valerato de estradiol) con permanencia de 9 días en un primer grupo y con dispositivos intravaginales de liberación controlada (CIDR) con progesterona natural con permanencia de 10 días.

**1.3.3. Detección de calores.** La detección visual de manifestaciones conductuales de estro en el potrero ("receptividad a la monta" como criterio principal) desde las 36 hasta las 72 horas del retiro del implante o dispositivo, se realizaron en varios periodos de observación al día con duración de 1 a 3 horas cada uno (5:00 a 8:00, 12:00 a 13:00, 15:00 a 17:00 y 18:00 a 19:00) para definir la identificación individual, fecha y hora del inicio del estro ("calor") en cada una de las receptoras. Las transferencias de los embriones se realizaron a los 7 días después de la detección de estros por el método no quirúrgico, con aproximación trans-cervical en el cuerno uterino ipsilateral al ovario con el cuerpo lúteo funcional. La colocación de los embriones se llevó a cabo de acuerdo a la edad del embrión observada al descongelarse, sincronía de la receptora y existencia de cuerpo lúteo funcional evidente a la palpación transrectal.

**1.3.3. Descongelación de embriones.** Los embriones fueron descongelados siguiendo la técnica de desglícerolización de tres pasos descrita por diversos autores (Eldsen, 1987; Munar *et al.*, 1992; Touati, 1993 y Ávila, 1994b). Después de la rehidratación embrionaria los embriones fueron evaluados por el transferencista de acuerdo a la clasificación propuesta por Eldsen *et al.*, 1987 y modificada por Lindner en 1983. Los criterios considerados fueron: edad del embrión, estado del desarrollo (mórula, blastocisto inicial y tardíos), integridad de zona pelúcida y apariencia morfológica de los blastómeros. (Lindner y Wright, 1983; Eldsen, 1985; Touati, 1993; Ávila y Ortiz, 1994).

#### **1.4. Programa de pariciones**

**1.4.1. Formación de personal con entrenamiento en obstetricia.** Con los referentes documentados de la frecuencia de distocias en la raza Blanco Azul Belga en grado puro, fue convenida la capacitación de dos médicos nacionales con el Centro de Inseminación Artificial LINALUX, llevándose a cabo a principios de 1994 con la tutoría de los cirujanos belgas

expertos en prácticas de obstetricia e histerotomía (cesárea) en Bélgica y para atender los partos en el mes de septiembre de 1995 y enero de 1996.

**1.4.2. Vigilancia de partos.** Las vacas receptoras de embriones se alojaron en un potrero contiguo al corral de manejo desde 15 días antes de la fecha probable de parto para determinar el inicio del parto, hasta los 15 días posteriores con la supervisión del estado de salud de las vacas y la de los neonatos. La vigilancia continua de los partos se estableció por periodos de 15 a 30 minutos cada 3-4 horas, durante las 24 horas del día, para evitar partos accidentales en los potreros y sin asistencia. Dentro de los objetivos de la asistencia profesional, se previó la intervención hasta el momento de inicio natural del parto cubriendo los requisitos de: la mayor cantidad de calostro con el máximo nivel posible de inmunoglobulinas, madurez fetal, disminuir los riesgos de retención placentaria. En el siguiente apartado son señalados los eventos más relevantes ejercidos para la atención de los partos con una técnica quirúrgica modificada de la observada en Bélgica.

**1.4.3. Adaptación de la técnica de intervención cesárea belga a las condiciones prevalcientes en el trópico húmedo.** Las primeras dos intervenciones quirúrgicas se realizaron siguiendo los pasos de la técnica original practicada en Bélgica. Sin embargo, debido a las condiciones en que se realiza la crianza, al tipo de ganado característico en el trópico mexicano y después de los resultados poco favorables (pérdida de una vaca y una cría), la técnica original fue modificada<sup>x</sup> (anexo I) para dar solución a las complicaciones surgidas en los primeros casos.

Para intervenir a las vacas receptoras de pie (cuadripedestación) fueron necesarios mecanismos no convencionales de sujeción, sin el uso de sedantes (por los efectos indeseables observados en las crías previas). Las vacas fueron intervenidas dentro de jaula o prensa ganadera y el auxilio de procedimientos de contención física. Para todas las vacas la aproximación al cuerno uterino gestante fue por el flanco izquierdo, previa insensibilización regional sublumbar siguiendo las técnicas convencionales de analgesia paravertebral lumbar e infiltración subdérmica local (lidocaína). Para facilitar la manipulación obstétrica del producto

<sup>x</sup> En el anexo I se describe la técnica quirúrgica completa, utilizada en la atención de los partos de las vacas receptoras de los ejemplares de la raza Blanco Azul Belga.

dentro del útero se utilizó miorelajantes específicos (clorhidrato de isoxuprina). El cierre de cavidad y medicación posterior se llevaron a efecto de acuerdo a procedimientos convencionales, con material absorbible y antibióticos de amplio espectro. Una vez comprobada la normalidad respiratoria y de constantes fisiológicas del becerro, madre y becerro fueron alojados por 24 a 48 horas en un alojamiento reducido para propiciar el reconocimiento mutuo. Después de plazo crítico de 48 horas la vaca y su cría se alojaron nuevamente en el potrero asignado para la vigilancia de partos y vacas recién paridas.

**1.4.4. Desarrollo de las pariciones de las vacas receptoras.** Las vacas receptoras con gestación a término fueron atendidas en el momento del parto. El resto de las pariciones fueron atendidas de acuerdo con la técnica belga modificada para su adaptación a las condiciones del entorno en el trópico y al temperamento de las vacas (técnica descrita en el anexo I). Dentro de los resultados se hace el recuento de tres épocas de pariciones atendidas con la técnica mencionada (1994-95, 1998 y 2001). El balance se estableció a través del número de animales expuestos a la intervención cesárea, vacas viables, no viables, becerros nacidos vivos y la mortalidad.

**1.4.5. Crecimiento y desarrollo.** Desde el nacimiento los animales fueron amamantados en forma natural hasta los 7 meses de edad, con vacas alimentadas bajo un esquema de pastoreo rotacional de alta densidad en praderas de *Panicum máximum* (zacate guinea), suplementados con sales minerales incluyendo vitamina E y selenio exclusivamente, hasta su destete. Desde los 2 meses de edad se incorporaron a la programación de control semanal de garrapatas, moscas (quincenal cada 2 meses), vitaminación bimestral (vitamina E y Selenio). A los 5 meses de edad desparasitados contra los endoparásitos, se vacunaron contra las enfermedades del complejo respiratorio y fueron bacterinizados contra leptospirosis, pasteurelisis, clostridiais, además, de los muestreos sanguíneos requeridos por la campaña nacional contra la brucelosis y tuberculosis. Para el registro en el libro de registro nacional belga (en el apartado para los animales puros fuera del país), un comisionado de la *Blanc-Bleu Belge Herd Book* realizó la inspección física de los ejemplares, la toma de muestra de sangre y pelo para la prueba de identificación genética oficial por grupos sanguíneos. A partir del destete los becerros se ubicaron en un potrero diferente al de las madres, con el mismo tipo de praderas, con

alimento comercial (18 % PC) como complemento alimenticio y sales minerales a libre acceso, continuando con la programación semanal de baños para el control de garrapatas y como preventivo contra la anaplasmosis y babesiosis. Desde su nacimiento, de cada becerro (a) se hizo el seguimiento de pesaje mensual hasta el año de edad.

## **1.5. Multiplicación de la primera generación de pie de cría nacido en México**

**1.5.1. Colección de semen y montas de los toros puros de la raza Blanco Azul Belga.** Alcanzada la madurez sexual, 3 de los toretes, fueron transferidos a un centro privado de inseminación artificial<sup>§</sup> en Querétaro para la evaluación reproductiva, colección y “empajillado” de semen. Cada toro fue sometido a un procedimiento de colección semanal (1 o dos veces) de semen por el método de vagina artificial por 16 meses , hasta obtener 2,000 dosis de semen congelado contratadas. Al término del plazo pactado, los toros fueron reincorporados al hato inicial para su inclusión en los programas de empadre del hato comercial y de ellos obtener los híbridos a ser evaluados posteriormente. Los 3 toros mencionados son los progenitores del 65% del total de híbridos formados de 1995 al 2000 y utilizados en el presente estudio. La base para el cruzamiento fue conformada por vacas de la razas Brahman, Beefmaster, Simbrah, Limousin y Cruzas cebuinas.

**1.5.2. Producción de embriones a partir de las hembras puras de la raza Blanco Azul Belga.** Las hembras puras, entre el año de 1997 al 2000 fueron sometidas a 6 programas de tratamientos superovulatorios la producción y transferencia de embriones<sup>¶</sup> (anexo II). Los tratamientos superovulatorios se realizaron de acuerdo a la dosificación recomendada por Munar *et al.*, (1992) y Touati (1993) de 28 a 32 miligramos totales de FSH por animal, fraccionado en 2 tratamientos diarios por 5 días con dosificación decreciente, a partir del 9° o 10° de manifestado el estro inducido previamente con agentes prostaglandínicos. Las detecciones de celos se realizaron desde las 48 a 96 horas de la última aplicación del agente luteolítico, con observación por lapsos de una hora cada 2 horas con 6 personas repartidas en 3 grupos. La detección diurna fue en el potrero y la detección nocturna mediante el encierro

<sup>§</sup> RECA, S.A. de C.V. Carr. Chichimequillas km. 23.2 Sta. Ma. Begoña el Marqués Qro. CP.76250

<sup>¶</sup> En el anexo II se presenta como ejemplo una réplica del protocolo registrado correspondiente al programa superovulatorio realizado con las hembras Blanco Azul Belga en el año 2000.



(corrales de manejo) con registro de identificación y la hora de inicio de calor en las receptoras y donadoras. Los calores se indujeron nuevamente durante el penúltimo día de tratamiento superovulatorio, para ser inseminadas con 4 dosis por hembra a las 12 horas (1 dosis), 24 horas (2 dosis) y 48 horas (1 dosis) de la aplicación de la prostaglandina con recuperación de embriones a los 6.5 días de la última inseminación, de acuerdo a la técnica descrita por (Elsden, 1985). La recuperación de embriones se realizó de acuerdo a la técnica no quirúrgica vía lavado intravaginal descrita por Wenkoff (1992). Los embriones obtenidos se clasificaron fueron evaluados por el transferencista de acuerdo a la clasificación propuesta por Eldsen *et al.*, 1987 y modificada por Lindner en 1983 utilizada anteriormente en la descongelación de los embriones originales. Las transferencias en las receptoras se realizaron de acuerdo con el grado de sincronía entre la edad del embrión en días y tiempo transcurrido desde la observación del estro de la receptora. En los casos de falta de vientres recetores en cantidad suficiente de acuerdo con el número de embriones recuperados o en las épocas con temperatura ambiente superiores a los 35°C, los embriones fueron congelados para ser almacenados y utilizados posteriormente. La congelación de embriones fue realizada con la técnica de "congelación de tres pasos" con glicerol como criopreservador, de acuerdo a las recomendaciones de Elsden (1985); Touati (1993) y Seidel (1990).

#### **1.6. Formación de híbridos comerciales con la raza Blanco Azul Belga**

Con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo de los híbridos de la raza Blanco Azul Belga y debido a la inexistencia en México de ejemplares en cantidad suficiente fue necesario generarlos. Los híbridos de la raza Blanco Azul Belga se obtuvieron mediante la inseminación de vacas Brahman, Beefmaster, Simbrah, Limousin y cruza, sincronizadas mediante los mismos procedimientos descritos anteriormente para las receptoras de embriones. La descendencia de híbridos BAB incluidos en el estudio, resultaron de las inseminaciones del ganado local con el semen de importación (de 1995 a 1997) y los nacidos del 1998 al 2000 provinieron del cruzamiento e inseminaciones con los toros BAB puros nacidos en 1995-96.

Desde el nacimiento los becerros permanecieron con su madre hasta la edad de 6 o 7 meses con un peso cercano a los 200 kilogramos de peso corporal recibiendo los mismos cuidados



médicos y preventivos que los ejemplares puros, exceptuando el suministro de concentrado. Al destete, los becerros fueron reubicados en praderas de *Panicum maximum* (zacate Guinea) con rotación controlada para su alimentación hasta el momento de su venta con un peso mínimo de 300 kilogramos. Los pesajes fueron realizados al nacimiento, al destete y en el momento de venta, con algunos pesajes intermedios.

## **2.0. METODOLOGIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO DE REFERENCIA**

El apartado metodológico correspondiente al marco de referencia se conformó con la revisión bibliográfica, documental y estadística de bibliotecas institucionales, particulares, asociaciones gremiales y páginas electrónicas consultadas vía *internet* seleccionando la información contenida en artículos científicos y de difusión, memorias de eventos científicos, cursos de actualización publicaciones periódicas o eventuales, libros históricos y fuentes de información, donde periódicamente aparecen trabajos e investigaciones científicas y documentales relacionados con la raza.

### **3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE CAMPO CON LA INFORMACIÓN GENERADA DESDE LA INTRODUCCIÓN DE EJEMPLARES PUROS Y LA FORMACIÓN DE HÍBRIDOS EN LOS HATOS COMERCIALES EN MÉXICO**

#### **3.1. Análisis de la información generada durante la formación del hato BAB puro en Tamaulipas 1994-95**

La información analizada se obtuvo mediante el acceso a los registros de actividades del protocolo de introducción de los embriones, de los registros reproductivos y de producción del hato propiedad del rancho "La Esperanza". El análisis se estructuró en varias partes:

**3.1.1. Balance del primer programa de transferencia de embriones BAB importados, realizados en 1994-95.** El balance al primer programa del programa de transferencia de embriones puros realizado en 1994-95 resume los resultados del total de vacas expuestas así como las frecuencias relativas de hembras transferidas, gestantes, a término y logro de crías.

**3.1.2. Balance del programa de nacimientos atendidos mediante intervención cesárea.** El balance al programa de intervención cesáreas resume los resultados logrados con la técnica modificada para el nacimiento el nacimiento de los primeros ejemplares puros en 1995-96 así como para las épocas de parición de 1998 y del 2001, las cuales dieron origen a los ejemplares puros descendientes de los iniciales. El balance expone los resultados de los tres periodos, en términos de número de vacas expuestas, proporción de vacas viables, bajas, total de becerros nacidos, mortinatos, bajas y sobrevivientes.

**3.1.3. Evaluación del comportamiento productivo de ejemplares BAB durante el crecimiento.** La evaluación de los ejemplares BAB puros consideró la descripción estadística básica por sexos para el peso al nacimiento, peso y edad al destete, peso a los 205 días, ganancias de peso hasta los 205 días y el comportamiento postdestete (peso al año, peso a los 365 días y ganancias diarias de peso postdestete).

**3.1.4. Evaluación de los programas sucesivos de multiplicación por transferencia embrionaria de las hembras puras nacidas en México en el año de 1994-95.** La

información concerniente a la totalidad de los programas de colección y transferencia de embriones a partir de los ejemplares de la primer generación, se describieron en términos de frecuencias observadas de hembras tratadas, embriones obtenidos, receptoras transferidas, gestaciones logradas, nacimientos logrados y sobrevivencia de las vacas y crías, en cada uno de ellos.

### 3.2. Evaluación del comportamiento productivo de los híbridos de la raza Blanco Azul Belga en Tamaulipas

#### 3.2.1. Descripción general

3.2.1.1. Promedios generales de peso al nacimiento. La descendencia incluida en el estudio, corresponde a la combinación de 4 razas paternas: *Simmental* SIM, *Blanco Azul Belga* BAB, *Limousin* LIM y *Beefmaster* BM con vientres de ganado comercial de diferentes razas: *Brahman* BRH, *Beefmaster* BM, *Limousin* LIM, *Simbrah* SBH, Cruzado cebuino Cz, BAB x *Beefmaster* BABxBM, BAB x *Brahman* BABxBRH, *Limousin* x *Brahman* LIMxBRH, *Limousin* x *Simbrah* LIMxSBH. Todas las vacas híbridas BAB fueron cruzadas con toros de raza diferente a la de su padre.

3.2.1.2. Promedios generales de peso a los 205 días de edad (destete). De los registros de peso de ventas y de destetes del rancho la Esperanza, se utilizó la información disponible de 189 animales comprendidos entre 1995 al 2000 en donde apareciera codificada la identificación del individuo, la composición racial del padre, de la madre y la edad del pesaje al destete. Los pesos comprendidos entre 150 a 250 días de edad fueron ajustados a 205 días como edad constante, de acuerdo al factor de ajuste propuesto por Segura (1986) para el ajustar la edad la edad al destete (PAD).  $PAD = PD + b(C - ED)$  donde PD = peso al destete, C = edad constante y b = regresión de PD sobre ED. Con la observación hecha por el autor, que dicho factor puede ser utilizado para ajustar los pesos al destete a una edad constante cualquiera, debido a la diferencia de edades a las que se realiza el destete en el lugar del estudio, se eligió hacer el ajuste a un tiempo determinado de 205 días (PA205d). Utilizando el factor de ajuste se tiene la ecuación  $PA205d = PD + b(C - ED)$ , donde: PA205d = peso al destete,

C = edad constante y b = regresión del PD sobre ED. Para comprobar el efecto de la raza del semental (*Beefmaster, Blanco Azul Belga, Limousin y Simmental*) sobre el peso al nacer del conjunto de becerros nacidos en el periodo 1995-2000. Las medias generales de pesos al nacimiento de los machos (al igual que las hembras) de cada grupo racial fueron estandarizados (valores  $z$  = distancia en desviaciones estándar de la media, con media =0), para conocer la distancia de las medias de cada grupo racial (en unidades de desviación con respecto a la media general del grupo del mismo sexo. La fórmula utilizada para obtener los valores de  $z$  de cada grupo racial fue:  $z = (\bar{x}_i - \mu) / \sigma$ , donde  $z$  es el valor medio del grupo racial estandarizado de cada sexo,  $\bar{x}_i$  es el valor medio observado de cada cruzamiento (machos o hembras),  $\mu$  = valor medio observado en el grupo de machos o de hembras,  $\sigma$  = desviación estándar de cada sexo.

**3.2.1.3. Promedios generales de ganancias diarias de peso hasta los 205 días.** El se muestran el resumen de los promedios generales de los pesos ajustados a 205 días, ganancias diarias de peso, desviaciones estándar, coeficientes de variación y valores  $z$  de las medias generales de los 189 animales con información disponible. (121 machos y 68 hembras)

### **3.2.2. Análisis estadístico**

Las características de peso al nacimiento, peso a los 205 días y ganancias diarias de peso a los 205 días fueron analizadas con el procedimiento de Modelos Generales Lineales de SAS (Statistical Analysis System Inst. Inc., Cary, NC), basado en mínimos cuadrados, con la construcción de un modelo para cada característica incluyendo las variables que resultaron importantes como fuente de variación.

**3.2.2.1. Análisis de peso al nacimiento.** Los pesos al nacimiento fueron obtenidos de los registros de nacimiento a los que se tuvo acceso. El estudio para esta característica se incluyó 877 nacimientos con información de fecha de nacimiento, identificación individual y materna, composición racial individual, materna y paterna desde el año de 1995 al 2000. El modelo final para el análisis incluyó las variables que resultaron significativas: raza del padre

( $p < 0.05$ ), raza materna ( $p < 0.0001$ ), sexo ( $p < 0.0001$ ) y año de nacimiento ( $p < 0.0001$ ) como efectos fijos. El efecto día del año dentro del año no fue significativa dentro del modelo.

**3.2.2.2. Análisis de las medias de Mínimos Cuadrados para peso a 205 días.** Para el análisis de los pesos a 205 días el modelo lineal de incluyó la raza del padre ( $p < 0.05$ ), de la madre ( $p < 0.0001$ ), sexo ( $p < 0.001$ ) y año ( $p < 0.05$ ).

**3.2.2.3. Análisis de las medias de Mínimos Cuadrados para ganancias diarias de peso hasta los 205 días.** El modelo lineal para el ajuste de ganancias diarias de peso (GDP) incluyó las variables raza del padre ( $p < 0.01$ ), raza de la madre ( $p < 0.0001$ ), sexo ( $p < 0.01$ ) y año ( $p < 0.05$ ) como efectos fijos.

### **3.3.3. Evaluación del comportamiento productivo de los híbridos de la raza Blanco Azul Belga en Jalisco Ganadera Ubcraha**

Para evaluar el comportamiento de los híbridos después del destete se recurrió al lugar donde se comercializa parte de la producción de la Esperanza para el desarrollo y la finalización de los destetes. El lugar, corresponde a una empresa dedicada principalmente a tres actividades: la compra-venta de ganado en pie, la engorda intensiva (finalización) y la cría de ganado (puro y comercial). La crianza de ganado puro la realiza con las razas Limousin (de registro) y Blanco Azul Belga. Como parte de la crianza de ganado comercial, utiliza principalmente el cruzamiento de razas europeas (Charolais, Limousin y BAB) sobre razas índicas (Indobrasil) y recientemente desarrolla cruzamientos comerciales entre la raza BAB y Limousin. Como una extensión de la crianza, realiza algunos cruzamientos entre estas las tres razas mencionadas: BAB x Indobrasil y BAB x Limousin, principalmente. De acuerdo a los objetivos de dicha empresa, la finalidad principal de la crianza de este tipo de cruzamientos es la búsqueda de diferentes prototipos de conformación con la intención de aumentar el rendimiento en canal y en corte.

La validación de los cruzamientos resultantes, el propietario la realiza desde 1994, a través de la inscripción a concurso de los ejemplares al evento organizado por la "Asociación de Engordadores de Ganado Vacuno en Corral del Estado de Jalisco", denominado "Concurso de Rendimiento y Clasificación de Canales" y celebrado anualmente en el marco de la "Exposición

Regional de Jalisco". La mayor parte de los animales híbridos de la raza BAB así como otros cruzamientos nacidos en la Ganadera Uberaba, desde 1994 son criados principalmente para la participación en el "Concurso de Rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales" celebrado anualmente por la Asociación de Engordadores de Ganado Vacuno en Corral del Estado de Jalisco" en el mes de octubre en Guadalajara desde 1990. Los participantes se inscriben en las categorías de: "Vaquillas" menores de 24 meses de edad", "Toretos" desde 200 hasta 600 kg en pie y "Libre" con toros o vacas mayores de 600 kg en pie y mayores de 24 meses. A partir del año 2001, la categoría de "Toretos" fue abierta en sustitución de la categoría antes denominada "Controlado a peso" (de 1994 al 2000). Por la dificultad para muchos ganaderos participantes en conseguir pesos en canal de 280 a 330 kg con machos "toretos" a 24 meses, se decidió la modificación a los límites establecidos originalmente, para quedar con un mínimo de 200 kg en pie hasta un máximo de 600 kg en pie pero con un límite máximo de edad de 24 meses.

De la información surgida a partir de los registros del propietario, se contó con los resultados finales del XII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales de Jalisco en el 2001, donde aparecieron algunos de los híbridos descritos en el apartado previo, conjuntamente con ejemplares de otras razas o cruzamientos provenientes de otras ganaderías participantes en el evento. Al evento realizado en el año 2001 acudieron un total de 51 animales de diferentes ganadería, repartidos en tres categorías: 19 vaquillas, 14 toretes y 18 toros. Se compiló la información de los participantes en el año 2001 de cada categoría, con los pesos individuales al sacrificio, de la canal en frío y el rendimiento en canal así como la descripción de la composición racial.

**3.3.3.1 Descripción general.** Los resultados del análisis general del comportamiento de las cruzas con BAB se dividieron en dos partes:

**3.3.3.1.1. Comportamiento durante la crianza.** Para el estudio, se recabó la información disponible en registros productivos, de híbridos nacidos de 1998 al 2001, incluyendo la información de peso al nacimiento, peso al destete y peso al año de edad. La muestra comprendió 37 ejemplares, de los cuales 34 fueron híbridos BAB y 3 híbridos de la raza INRA95 (como raza paterna). De los 37 ejemplares 22 fueron machos y 15 fueron hembras).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la población de estudio resultaron 5 grupos de acuerdo a la composición racial de las madres: BAB x BAB-Limousin (BB-BBLIM), BAB x Charolais (BB-CH), BAB x Limousin (BB-LIM), BAB x Holstein (BB-HO) e INRA95 x Charolais (INRA-CH). Debido al limitado número de observaciones para ambos sexos de cada grupo, los promedios generales de los pesos al nacimiento aparecen en forma conjunta para ambos sexos.

**3.3.3.1.2. Comportamiento productivo al sacrificio.** La segunda parte comprende el comportamiento de las cruzas BAB en la 12ª edición del Concurso de Rendimiento y Clasificación de Canales celebrada en noviembre de 2001 en Guadalajara, Jalisco donde participaron animales de composición racial diferente composición racial. La información disponible incluyó la identificación individual, composición racial, peso al sacrificio, peso en canal y rendimiento.



## **2.0. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Situación de la ganadería de carne en el mundo**

De acuerdo a las estimaciones realizadas por la FAO, de la población mundial de ganado bovino en el mundo en 1986 (1,278 millones de cabezas en 1986), el 18.3% (234 millones de cabezas) se destinó para el consumo de carne de res. Sin embargo la distribución de la producción de carne no es uniforme. En el mismo año dicha distribución fue como sigue: Europa 40%, Norte América 26%, América Latina 17%, África 7%, Asia 6% y Oceanía 4% (Jarrige y Auriol, 1992).

De acuerdo a las cifras mostradas por la Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado en el año 2000 (cuadro 1 y 2), el orden de acuerdo a la participación de los principales países productores fue: Estados Unidos 23.89%, Brasil 13.66%, República Popular de China 9.53%, Argentina 5.77%, Australia 3.89%, Federación Rusa 3.76%, India 3.55%, Francia 3.30%, Alemania 2.76%, Canadá 2.46%, Italia 2.30% y México 2.06% (en 1999). Los 12 países enlistados lograron concentrar en conjunto, casi el 75% de la participación mundial de carne de res y ternera en el mundo (AMEG, 2002).

Los principales países exportadores de carne para el mundo en el año 2000 fueron de acuerdo a un ordenamiento por volumen exportado (cuadros 1y 2): Australia 24.2%, Estados Unidos 20.2%, Brasil 10.3%, Nueva Zelanda 8.8%, Argentina 6.9%, Irlanda 6.0%, India 4.9%, Uruguay 4.9%, Alemania 3.0%, México 2.7% (en 1999), Holanda 1.9%, Francia 1.7%. Estos países desplazan un volumen superior al 92% del total de carne que se exporta en el mundo (AMEG, 2002).

El volumen total que anualmente exportan los países tienen como destino final el otro grupo de países (importadores) dentro de los que destacan, por el volumen importado (cuadros 5 y 6): Estados Unidos 31.3%, Japón 22.6%, Federación Rusa 11.4%, México 8.9%, Canadá 6.3%, República de Korea 5.5%, Reino Unido 2.3%, Taiwán 2.0% y Filipinas 1.8%. En conjunto los porcentajes representan aproximadamente el 83.2% de la carne de res que se importa en todo el mundo (AMEG, 2002).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **2.1.1. Observaciones a la diversidad racial y el comportamiento productivo de las razas en el mundo**

El uso óptimo de la diversidad racial representa un mecanismo para adecuar los recursos genéticos a la producción y requerimientos del mercado, mientras que la selección dentro de la raza se convierte en un procedimiento para acumular el "mejoramiento genético" en forma continua. Las formas usuales en que se puede hacer uso de la diversidad racial son: mediante sustitución racial, cruzamiento racial sistemático o desarrollo de razas compuestas, y las soluciones adoptadas dependen del sistema de producción (Ménissier and Frisch, 1992).

La composición racial de igual manera muestra variantes según sus aptitudes y adaptabilidad a las diferentes regiones y sistemas de producción. El abastecimiento y flujo del recurso genético guarda algunas semejanzas con la estructura piramidal de la ganadería bovina de los países desarrollados, donde el flujo de germoplasma parte de una población minoritaria, representada por hatos élite (núcleo) en la parte superior de la estructura ya que disponen de los animales con mayor calidad genética. Los hatos de pie de cría elite distribuyen ejemplares (sementales y vientres) a otros hatos de menor calidad (multiplicadores) quienes finalmente venden a los productores comerciales dedicados a la cría de animales para abasto ubicados en forma mayoritaria en la base de la estructura (Montaño, 1991).

En algunos países desarrollados como los EU, un alto porcentaje de los becerros que entran a finalización (70%) es el resultado de cruzamientos entre razas (Montaño, 1991; Jarrige and Auriol, 1992). En México, aún no se ha logrado valorar el ganado en pie en función de la calidad de canal que potencialmente va a producir de acuerdo con su composición racial por lo que no existen incentivos de precio suficientes para realizar cruza estratégicas para el mercado nacional, sin embargo, la exportación de becerros vivos a los Estados Unidos, ha constituido la actividad con mayor valor agregado dentro de la cría de ganado para abasto (CNG, 1995)

A la fecha, ha sido ampliamente documentada a través de diversos trabajos en el Reino Unido, Norteamérica, Australia, Nueva Zelanda y México, la caracterización de las razas y la valía

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

del vigor híbrido o heterosis. Sin embargo, es difícil generalizar los resultados debido a la especificidad de las condiciones experimentales (Ménissier and Frisch, 1992; Cundiff *et al.*, 1986). Las ventajas del cruzamiento entre razas se derivan de una combinación deseable de características, que no está presente en ninguna de las razas puras. Los cruzamientos generan animales comerciales a través de una combinación ordenada de razas que se complementan entre sí. La utilización de combinaciones de razas complementarias aprovecha la heterosis (Montaño, 1991). La diversidad de razas y de tipos biológicos utilizados para producir carne es el resultado de procesos prolongados de selección orientados a ese objetivo en diferentes sistemas de crianza y en los contextos socioeconómicos cambiantes (Ménissier and Frisch, 1992).

En el programa de evaluación de germoplasma realizado en el centro de investigación de la carne de Nebraska, Estados Unidos, el rendimiento de carne de las canales de novillos Hereford, Angus, Brahman y Blanco Azul Belga fue respectivamente de 67.6%, 67.9%, 69.6% y 74% mientras que el contenido en grasa de las mismas fue de 23.6%, 23.5%, 21.7% y 15.9% (Cundiff *et al.* 1997). Como se desprende de este estudio, las razas europeas de tipo magro producen más carne y menos grasa que las razas británicas insulares o las cebuinas, es decir, existe una relación inversa entre la cantidad de músculo y la cantidad de grasa de las canales influida directamente por la raza del ganado.

Aunque se sabe que la variabilidad entre las razas es mayor o igual a la existente dentro de las mismas razas (Cundiff *et al.*, 1986), la caracterización racial es difícil debido a esta variación. El efecto acumulativo de heterosis para algunas características de importancia económica (kilos de becerro destetado por vaca servida) es más evidente entre razas *Bos taurus* y *Bos indicus* (50%) que entre razas *Bos taurus* (23%). Además, los resultados muestran que la heterosis acumulada en características maternas es mayor (60% o más), lo que se traduce en la preferencia por una mayor proporción de hembras cruzadas ( $F_1$ ) como vientres en el hato de cría. Además del beneficio de la heterosis se puede destacar la complementariedad al elegir correctamente las razas a utilizar. La complementación entre razas se puede observar en el condicionamiento de la producción de leche de la vaca sobre el potencial de crecimiento del becerro y los pesos al destete. Sin embargo, si el becerro no tiene el potencial de crecimiento, una mayor producción de leche puede ser

contraproducente. Por ello estas dos características necesitan mejorarse en forma simultánea para lograr mejores pesos al destete (Montaño, 1991; Ménissier and Frisch, 1992).

Los factores individuales como sexo, edad y alimentación, influyen en la composición de la canal, sin embargo, el elemento más significativo es la raza o el tipo de cruzamiento del ganado, de tal manera que en grupos de animales del mismo sexo y edad mantenidos bajo el mismo régimen de alimentación, hay razas o cruza que dan mejores rendimientos que otras (Cundiff *et al.*, 1997).

## **2.2. Situación de la ganadería de carne en México**

La ganadería bovina productora de carne en México, a lo largo de su historia muestra un desarrollo poco uniforme, en ocasiones con transformaciones importantes derivadas de las circunstancias económicas y sociales de cada época. El ingreso de México a la globalización de las economías con el proceso de apertura comercial en la década de los 80's (ingreso al GATT en 1982) y luego la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994, determina un impacto sensible en la estructura de producción y comercio doméstico en México (Trápaga, 1997).

De acuerdo con las cifras publicadas por el Centro de Estadística Agropecuaria (CEA SAGAR, 2000) durante el periodo de 1990-1999 la tasa media de crecimiento anual (TCMA) de la producción conjunta de carne en canal (bovino, porcino, ovino, caprino, pollo y pavo) mostró un crecimiento general del 5.09% por año. Sin embargo, la evolución tecnológica de la bovinocultura ha progresado a menor ritmo que la porcicultura y la avicultura. El crecimiento anual de la producción de carne de bovino para el mismo periodo (CEA SAGAR, 2000) aumentó a un ritmo menor (2.58%) al mostrado por la producción de pollo (9.74%) y la porcicultura (3.05%), por efecto del cambio en la orientación en el consumo de carne.

### **2.2.1. Evolución económica de la producción de carne en México**

La reorientación de la política económica, los cambios en los patrones de consumo de alimentos (consumo masivo de bajo costo) y el nivel de ingreso de la población, han transformado

la estructura interna y los esquemas productivos actuales de la ganadería (Trápaga, 1997, 2001; Flores, 2000). En el ramo pecuario, a partir de la firma del TLCAN en 1994 la balanza comercial agropecuaria muestra un giro importante. Desde entonces, México se ha especializado como comprador de alimentos básicos estratégicos (granos, cárnicos, lácteos). Es uno de los principales países importadores (séptimo lugar en 1997) de carne de bovino (Consejo Nacional Agropecuario 1999; Viscarra 1999; De Dios, 2001), y al mismo tiempo es exportador de animales en pie para engorda (Vizcarra, 1999), además de ser el principal importador mundial de leche en polvo (Trápaga, 1997; 2001). La balanza comercial en el rubro de carne fresca, refrigerada y congelada se convierte deficitaria con tendencia creciente y progresiva con la importación masiva de los productos cárnicos provenientes de sus socios comerciales y de otros que triangulan sus exportaciones a través de los Estados Unidos.

Por décadas la ganadería bovina ha representado un importante factor económico, debido a que los patrones culturales de consumo para los diferentes tipos de carne, han hecho que la carne de res sea el eje ordenador de la demanda y los precios de las demás carnes consumidas por los mexicanos. Sin embargo, el consumo de carne de pollo se ha elevado y compite favorablemente con los otros cárnicos, principalmente por economía, disponibilidad y facilidad de preparación para el consumo familiar (Flores, 2000).

### **2.1.2. Sistemas de producción de ganado de carne en México**

La crianza del ganado bovino para el abasto se desarrolla actualmente en diversos sistemas con grado variable de incorporación de tecnología de acuerdo a las diferentes condiciones climáticas, con distintos grados de eficiencia y rentabilidad. (Torres, 1988; Dávalos, 1996; Flores, 2000). En este sentido, durante varias décadas el trópico mexicano (húmedo y seco) ha sido una de las alternativas más representativas de la ganadería para el abasto por varias razones. El trópico comprende el 27% (51,278,600 hectáreas) de la superficie territorial, el cual a su vez contiene el 70% del recurso hídrico del país (Dávalos, 1996). La población bovina establecida en él representa el 40% (12 millones de bovinos) del inventario nacional (De Dios, 2000). El volumen de carne proveniente del trópico húmedo y seco contribuyen con el 39% de la producción nacional además de ser el principal abastecedor de carne para la ciudad de México. Sin embargo, los indicadores

señalan baja incorporación tecnológica (Dávalos, 1996) y niveles bajos de productividad que influyen en la rentabilidad de esta actividad (Flores, 2000).

La ganadería en el trópico húmedo tiene dos modalidades: el esquema tradicional de crianza extensivo y engorda de novillos en pastoreo y el sistema de producción de doble propósito (carne y leche). Ambos adoptan estrategias variables para la producción de forrajes con uso limitado de granos o suplementos alimenticios (CEA SAGAR, 2000). Los indicadores señalan un grado mínimo de incorporación tecnológica (Dávalos 1996) en lo concerniente al aprovechamiento del pasto, desempeño reproductivo del ganado, germoplasma empleado y mejoramiento genético. Sin embargo este ambiente reúne las condiciones naturales propicias para desarrollar la crianza de ganado para el abasto de carne por el gran potencial forrajero de bajo costo y con margen tecnológico mayor que otras regiones para aumentar la productividad en carne (Torres, 1988; Preston y Vaccaro, 1989).

El tipo de ganado más popular y característico en el trópico es el ganado *Bos indicus* (cebú) y el prototipo resultante del cruzamiento con el ganado *Bos taurus* (tipo europeo) por la adaptabilidad de las cruzas al calor, clima húmedo y forraje de baja calidad con crecimiento abundantes (Arthur *et al.*, 1999; Riesco, 1992; Preston y Vaccaro, 1989; Paschal *et al.*, 1994; De Dios, 2000). Las razas cebuinas tienen productividad limitada en cuanto a ganancia de peso por ciclo, con rendimiento en canal de 53% en promedio, fertilidad media, baja calidad de la canal, principalmente en marmoleo y terneza de la carne (Paschal *et al.*, 1994; Shackelford *et al.*, 1995). Por ello desde 1980 en los Estados Unidos y México las razas cebuinas han sido utilizadas casi exclusivamente para propósitos de cruzamiento, aunque es un ganado no exportable debido a sus características productivas (Paschal *et al.*, 1994).

### 2.2.3. Introducción de las razas especializadas

Es probable que la principal razón para la introducción de razas especializadas en la producción de carne o de razas sintéticas, obedezca a la necesidad o inquietud de mejorar la base genética de sus hatos, particularmente en las zonas tropicales. La forma de introducción del ganado especializado, históricamente se ha desarrollado con la importación de animales vivos o por el uso de semen congelado a través de la inseminación artificial (Ochoa, 1995). En otros casos,

la introducción de algunas razas especializadas en la producción de carne, en su momento catalogadas como "exóticas", pudieron adaptarse y tener un desempeño atractivo para los ganaderos, al grado de popularizarse en algunas regiones ganaderas del país. En el caso de algunas razas puras como la *Hereford*, *Suizo Pardo*, *Aberdeen Angus*, *Simmental*, *Charolais*, y otros genotipos conocidos como "Sintéticos o razas sintéticas", las características atribuibles dentro del medio (criadores y comercializadores) y reforzadas por trabajos de investigación han llegado a ocupar proporciones representativas importantes dentro de la configuración racial de la ganadería mexicana.

De acuerdo con la información histórica aparecida en 1970, posiblemente la última "información censal", se hace mención a la configuración racial de la ganadería bovina de carne en México. De los 15.4 millones de cabezas de carne existentes en 1970, el desglose por tipo de raza señala la existencia de 3.5 millones de *Hereford*, 0.5 millones de *Aberdeen Angus*, 3 millones de cebú (*Brahman*, *Indobrasil*, *Gyr*, *Guzerat* y *Nellore*), 4 millones de cruzas con ganado cebú, 4.3 millones de ganado criollo y con 0.1 millones de cabezas restantes, repartido entre las razas *Charolais*, *Santa Gertrudis*, *Beefmaster* y *Shorthorn* (Álvarez, 1972).

Al hablar de los recursos genéticos serán importantes los esfuerzos en el mejoramiento genético de los hatos productores de pie de cría y la utilización más eficiente de los animales resultantes en estos, en los hatos comerciales. Las tareas relacionadas con el mejoramiento genético deberá observar y diferenciar los dos niveles principales de la estructura ganadera de carne, en los hatos de pie de cría y en los comerciales (Montaño, 1991).

En los trabajos relacionados con el potencial de la producción de ganado de carne y eficiencia de las empresas ganaderas en los modelos de pastoreo, diversos autores convergen en la necesidad de reforzar algunos componentes tecnológicos importantes. La multiplicidad de factores que ameritan atención como propuestas para mejorar la productividad y la eficiencia se pueden resumir en los siguientes componentes:

1. Aprovechamiento racional del forraje de las áreas abiertas al pastoreo, para intensificar la productividad individual y del hato.

2. Atención de los factores reproductivos, médicos, nutricionales y sanitarios relacionados con la productividad misma del hato.
3. Elección del recurso genético que pueda hacer mejor uso de cada sistema de producción, adecuado al nivel tecnológico y recursos de cada unidad de producción, con énfasis en el valor potencial de la hibridación (Dávalos, 1996; Torres, 1988; De Dios, 2000).



## 2.3. La raza Blanco Azul Belga

### 2.3.1. El origen del ganado en Bélgica

El ganado de Bélgica tiene un origen múltiple en el que destacan el ganado del Reino Unido, el de los Países Bajos y de Francia, particularmente de los tipos Friesian, Shorthorn y Flemish o Flamande, utilizados en distintas épocas. En la actualidad Bélgica reconoce como razas nacionales la *Pie-noire*<sup>®</sup> de Belgique, como raza lechera, la *Rouge*<sup>®</sup> de Belgique, *Blanc-rouge de Belgique* y *Pie-rouge de Belgique* como razas de doble propósito, así como la *Blanc-Bleu Belge* para la producción de carne. Antes del siglo XIX la población nativa de ganado belga estuvo conformada principalmente por ganado de tipo lechero, relacionado con el ganado *Ayrshire* escocés y el ganado blanco y rojo del norte de Francia. Posteriormente tuvo influencia del ganado blanco y negro proveniente de los Países Bajos (Porter, 1991).

Antes de 1900 la ganadería se caracterizó por la carencia de uniformidad, resultado de cruzamientos desordenados entre tipos de ganado locales. Por las características observadas en precocidad y conformación, a partir de 1841 se realizan importaciones de toros de la raza *Shorthorn* o *Durham* provenientes del Reino Unido con la finalidad de mejorar en precocidad y conformación al ganado existente en el centro y el sur de Bélgica (Porter, 1991). Sin embargo, el cruzamiento con el ganado *Shorthorn* dejó de ser popular a finales del siglo XIX debido a los resultados desfavorables en la descendencia para los comercializadores de la carne por el exceso de grasa depositado en las canales (Compère *et al.*, 1996). Del ganado *Shorthorn*, la raza Blanco Azul Belga aún conserva el polimorfismo característico del color del pelaje, exceptuando que el alelo de color rojo *R* ha sido sustituido por el alelo negro y en estado de heterocigosis *Rr* o ruano se manifiesta con la tonalidad conocida como azul (resultado de la mezcla de pelo negro y blanco), característica de la que la raza adquiere su nombre posteriormente (Hanset, 1985;1987; Compère *et al.*, 1996).

Durante la segunda mitad del siglo XIX hubo un significativo crecimiento de la agricultura por lo que el caballo y el bovino se convirtieron en elementos importantes en el aporte de fuerza

<sup>®</sup> La traducción literal del término *Pie-noir* es "manchado de negro". Se emplea para describir el patrón de color de la capa de algunas razas europeas donde el color es blanco con manchas o pintas de color negro.

<sup>®</sup> La traducción del término *Rouge* hace referencia al color rojo en la capa de algunas razas. Si el patrón es blanco con manchas rojas se utiliza el término *Pie-rouge* (vgr. el color de la raza *Ayrshire*).

de tracción para el trabajo agrícola. Los bueyes y vacas de tiro fueron destinados principalmente en los predios de cultivo pequeños. Después de la depresión europea ocurrida en 1880 el Ministerio de Agricultura estimuló la producción de granos y cereales, favoreciendo el crecimiento de la población ganadera bovina de 1,250,000 cabezas en 1866 a 1,900,000 cabezas en 1910. La intensificación agrícola y la formación de la *Société nationale du cheval de trait belge* (Sociedad Nacional del Caballo de Tiro Belga) en 1886 influyeron en la búsqueda de uniformidad en la conformación del ganado de la época. En 1896 se funda el *Herd-Book Hesbington* con el propósito de desarrollar una raza indígena conocida como *Blue du Limon*, para eliminar los defectos de la raza *Shorthorn*. Para ello, se realizó el cruzamiento del ganado *Shorthorn* con el *Pie-noir* de los Países Bajos pretendiendo la combinación de las características lecheras del *Pie-noir* con la conformación y precocidad del *Shorthorn* (Compère *et al.*, 1996). Desde 1900 la descendencia de dos toros provenientes de dicha cruce se difundió gradualmente en las diferentes regiones del centro y sur de Bélgica donde se le conoció como *Race Mixte de Moyenne et Haute Belgique*<sup>98</sup> (Hanset, 1987).

Durante la I Guerra Mundial, en la región de Flandes disminuyó la población ganadera en forma importante (Porter, 1991). Con ello los trabajos para consolidar un tipo racial se detuvieron hasta 1919, cuando se promulgó oficialmente la carta de selección de ganado bovino "*charte de l'Agriculture*" para recuperar los años de estancamiento en el proceso de uniformización de razas. En la carta se reconoció la existencia de las razas: *Flamande*, *Campinoise*, *Bleue* (capa negra, blanca y azul, distinguiéndolos de la variedad con manchas y rojo), la *Herve*, la *Pie-noire hollandaise de Frise*, todas ellas destinadas a la producción de leche. El propósito de dicho decreto impuso el registro de los animales en los libros de registro regionales *Herd-Book provinciaux* para depurar las genealogías, registrar las nacencias y controlar las aptitudes mediante el "control de producción lechera" (Compère *et al.*, 1996). La selección se encaminó a la formación de un tipo de doble aptitud. De acuerdo con los criterios de leche y carne, fueron eliminados animales con desarrollo muscular extremo (mínimo o excesivo) y de igual manera en lo concerniente a la producción lechera (Hanset, 1987). El resultado fue un tipo de ganado rectangular de buen tamaño y estructura ósea, musculatura media y una producción láctea de 4,000 kg con 3.5% de grasa

<sup>98</sup> *Race Mixte de Moyenne et Haute Belgique* (Raza mixta del área central y alta de Bélgica) es el nombre inicial con el que se reconociera al ganado del centro y sur de Bélgica (resultante del cruzamiento con los toros *Shorthorn* importados desde 1841) y que inicia su registro en el libro de hato formado desde 1919. Desde 1972 el nombre original fue sustituido por el nombre actual de *Blanc-Bes Belge* (Blanco Azul Belga).

(Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996a) estableciendo además la distinción de 6 razas diferentes: *Flamande*, *Meuse-Escaut-Condroz-Ardenne*, *Pie-rouge de Flandre-Orientale*, *Campinoise*, *Herve* y *Hollandaise des Polders* (Compère *et al.*, 1996). El desarrollo del tipo de doble propósito permaneció vigente hasta los años 50 y tuvo su mayor auge entre 1920 y 1950 (Porter, 1991; Hanset, 1987).

Sin embargo, la preferencia por el ganado de tipo mixto inicia su declinación de acuerdo con los cambios económicos en Bélgica. A raíz del aumento en el nivel de vida de la población belga, indujo la preferencia de los consumidores hacia los cortes primarios suaves y con la menor cantidad de grasa posible (Hanset, 1987). Los cambios en las preferencias del consumidor, generaron la apertura de un nuevo tipo de mercado para la comercialización de cortes dentro de la gastronomía belga (Hanset *et al.*, 1982). El mercado de la carne respondió con la ampliación en el rango de precios pagados a los criadores, con incentivos para los animales de conformación curvilínea, musculatura prominente y baja cantidad de grasa en la canal (Gerrard y Judge, 1993), para los cuales los precios pagados por esos animales por kilo de peso vivo o por kilo en canal reflejaron la superioridad en el valor de comercial de estos individuos, especialmente en el sur de Bélgica (Michaux *et al.*, 1983; Gerrard y Judge, 1993; Charlier *et al.*, 1995). El nuevo mercado demandaba animales finalizados con un peso vivo de 600 kilogramos con rendimiento adicional de 100 kilogramos en canal con las ventajas de terneza y rapidez de cocción (+34%) derivadas del diámetro de las fibras musculares con relación a los animales promedio de peso similar (Compère *et al.*, 1996; Hanset, 1987, 1997).

La diferencia en los precios para el tipo de ganado con mayor musculatura fue más evidente en la región del Este de *Valonia* (*Hesbaye y Condroz*), atrayendo la movilización del ganado criado en la provincia de *Hainaut* al Oeste de Bélgica, que por muchos años siguieron un proceso selectivo a favor del desarrollo muscular y en contra del contenido de grasa corporal particularmente en la base de la cola, que fuera la herencia de los toros *Shorthorn* importados a finales del siglo XIX (Hanset, 1987; Hanset y Michaux, 1989b; Compère *et al.*, 1996).

La selección se encaminó al prototipo de dimensiones sobresalientes con musculatura prominente en la espalda, cuello, dorso, lomo, grupa y la formación de doble músculo, asociado a

una estructura con osamenta sólida y ligera, con líneas curvas bien redondeadas y una grupa voluminosa e inclinada (Mennisier, 1982; Hanset 1987; 1992; 1997; Charlier *et al.*, 1995; Grobet *et al.*, 1998). Con el aumento de las cualidades musculares también se observó correlación con el descenso en la producción de leche y la aparición de distocias, que fueron toleradas por el incremento en el valor comercial de los terneros entre el 60 a 85% (Mennisier, 1982; Hanset, 1987; Ott, 1990). Para el nacimiento de los animales del nuevo fenotipo, se requirió con mayor frecuencia la intervención cesárea (Allen y Liénard, 1992). Sin embargo, se difundió hasta la generalización, debido a que el precio de venta del becerro y el costo de la cesárea guardaban una relación 10:1 (Hanset, 1987; Hanzen *et al.*, 1999).

La evolución observada hasta entonces en el mercado de la carne culminaría con el debate entre los criadores a finales de los años 50 para definir el prototipo futuro del ganado para el abasto. La respuesta para algunos era la permanencia del tipo mixto o doble propósito y para otros la selección debería orientarse a obtener animales con mayor musculatura (Hanset, 1987).

Al difundirse la técnica de la inseminación artificial a finales de la década de los 50, se crearon dos centros para tal fin. El primero en 1955 en la provincia de Luxemburgo (Centro de Marloi) y el segundo en 1956 en la provincia de Liège (Centro de Loncin) (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996a). El centro de la provincia de Liège desempeñó un papel importante en la transformación del ganado de doble propósito hacia el tipo muscular extremo, ya que incluyeron toros para la inseminación artificial con conformación extrema (Hanset, 1987). En el proceso de formación del modelo de raza, fueron importantes el toro *Gédton du Vieux-Château de Maurenne* desde 1964 y dos de sus nietos *Ganache de Maufontaine* (figura 1) y *Valseur d'Ochain* quienes fueron seleccionados y utilizados posteriormente para fijar la característica del doble músculo a través de inseminación artificial (Compère *et al.*, 1996). Con el aumento en la popularidad del fenotipo muscular y el perfeccionamiento de la cesárea, gran parte de los hatos destinados a la producción de leche fueron transformados a sistemas de producción de becerros para crianza durante la década de los años 60. Durante la década de los años 70, surgió la hipótesis de la presencia del gen en los toros de conformación sobresaliente (tipo cárnico) dentro de la misma población del tipo de doble propósito (Hanset, 1987).

En 1972 el nombre antiguo de la raza *Moyene et Haute-Belgique* se sustituyó por el de *Blanc Blue Belge*<sup>9</sup> (Blanco Azul Belga) y a finales de 1973 las asociaciones ganaderas regionales se reorganizaron para constituir un solo libro de registro que adoptó el actual nombre de *Herd Book du Blanc Blue Belge* (Blanc Bleu Herd-Book). La nueva organización en lo futuro sería el responsable de la promoción de la raza, registrar las genealogías, y definir el estado y dirección de la selección genética (Compère *et al.*, 1996). Conjuntamente con la unificación del libro de registro en 1973, el Ministerio de Agricultura de Bélgica funda el Centro de Selección Bovina Estatal en la ciudad de Ciney, con el propósito de evaluar el desempeño productivo de los toros candidatos y así seleccionar aquellos que constituirían la base de "toros de inseminación artificial" (reproductores) de los centros de inseminación artificial (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996a). Hasta antes de 1973 el único abastecimiento de toros para la reproducción fueron los hatos particulares, ganadores en las exposiciones oficiales. La apertura del centro en Ciney y otro nuevo en la ciudad de Ath (Valonia) en el año de 1994, se convirtieron en la segunda fuente (además de los particulares) de abastecimiento de reproductores para los Centros de Inseminación Artificial (LINALUX, HALIBA), y con ello se combinaron los métodos de selección modernos con los tradicionales (Hanset, 1987; Compère *et al.*, 1996; Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996a).

En 1974 Mennisier describe la morfología, las aportaciones a la producción de carne y la hipótesis de los posibles mecanismos de transmisión genética del doble músculo (Ansay y Hanset, 1979; Arthur, 1995). A pesar de que la naturaleza hereditaria era reconocida desde las décadas anteriores, el mecanismo de herencia permanecía en controversia. Para Mennisier, el doble músculo era causado por la condición homocigótica de un gen recesivo presente en los toros sobresalientes, mientras que en el resto de la población el gen podía estar presente en condición de heterocigosis o ausente, de suerte que para desarrollar una raza verdadera de individuos con doble músculo la población de doble propósito debería entonces convertirse en homocigótica para el gen deseado (Mennisier, 1982; Grobet *et al.*, 1998). Sin embargo, hasta entonces la mayor dificultad radicaba en la capacidad para distinguir los ejemplares homocigóticos de los heterocigóticos (Ansay y Hanset, 1979; Grobet *et al.*, 1997). Ante la variabilidad en la expresión del gen y la carencia de pruebas confiables y específicas para identificar a los portadores del gen, la mejor opción en su momento para la selección de los reproductores fue la apreciación fenotípica

<sup>9</sup> El nombre *Blanc Blue Belge* deriva del nombre no oficial "*Weissblaue Belgier*" con el que fueron registrados ejemplares de la raza en *L'exposition Internationale de Hanovre* en 1972.

denominada posteriormente "clasificación linear" (Arthur, 1995; Compère *et al.*, 1996; Hanset, 1997). Para ello en 1974 el *Blanc Bleu Herd-Book* decide registrar el ganado en cualquiera de dos ramas independientes (figura 2). En una rama incluyeron los animales con características para la producción exclusiva de carne *Viandeux* y en la otra el ganado con cualidades de doble propósito\* (carne y leche) conocido con el nombre *Culard* (Hanset, 1997). La distinción que comenzó en 1974, se formalizó a partir de 1975 (Compère *et al.*, 1996).

La mayor parte de las investigaciones desde el final de la década de los años 70 y a lo largo de los 80, financiadas por el *Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture IRSIA* (Instituto de Fomento a la Investigación en la Industria y la Agricultura), se encaminaron al estudio comparativo de las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas del nuevo tipo adquirido (*viandeux* y *culard*) tras 20 años de selección. En otra etapa el interés se dirigió a establecer el mecanismo de transmisión de la característica en la población y finalmente establecer las pruebas que permitieran la identificación de los animales transmisores de la hipertrofia muscular (Arthur, 1995; Ansay y Hanset, 1979).

Al evaluar las características de las canales de animales de doble músculo y los de tipo mixto sacrificados a peso constante de 84 kilogramos y en animales a edad constante de un año, Ansay y Hanset (1979) encontraron que la diferencia del peso de los músculos de los cuartos anteriores y posteriores fue mayor (+20%) en los animales de doble músculo (cuadro 7). En éstos, la diferencia ocurre a expensas del menor desarrollo de piel, huesos, músculos profundos y algunos órganos cavitarios (cuadro 7) como timo, bazo, pulmón y corazón (Ansay y Hanset, 1979). Además de haber una diferencia en los pesos de cada músculo entre el tipo cárnico y el convencional (cuadro 8, figura 3), el doble músculo se manifiesta en los músculos superficiales (figura 1). En los músculos de los animales con doble músculo encontraron un número mayor de fibras (cuadro 9) con menor diámetro, menor contenido de colágena (cuadro 10) y de grasa (Ansay y Hanset, 1979; Allen y Liénard, 1992). Conociendo la existencia de diferencias entre el tipo cárnico y el mixto, faltaba determinar las diferencias en las canales de los híbridos con las razas lecheras. Estimulados por la creciente tendencia generalizada en una parte de Europa, para producir becerros cárnicos a partir de vacas lecheras y por los trabajos previos de Hanset y

\* En la literatura de origen, el término "doble propósito", tiene los sinónimos de "tipo mixto", "tipo convencional" o "culard" para distinguirlos de aquellos individuos con características evidentes de doble músculo.

colaboradores (1980), en 1981 Michaux *et al.* (publicado hasta 1984) realizan un estudio comparativo entre ejemplares de un año de edad de los tipos cárnico, mixtos e híbridos (cuadro 11) con ganado lechero de la raza *Breton Pie-Noir*\* (Micheaux *et al.*, 1984). Los resultados demostraron diferencias importantes en la composición de las canales entre el tipo cárnico, los convencionales y los híbridos con ganado lechero. La evidencia de transmisión de estas características a la descendencia en el cruzamiento con otras razas reveló la utilidad del mismo para la producción de carne (Hanset *et al.*, 1980, publicado en 1982; Micheaux *et al.*, 1984; Charlier *et al.*, 1995).

Con base en la rápida fijación del fenotipo de doble músculo en la población Menissier (1982), propone la hipótesis de un modelo de segregación simple (dominante completo o parcial, recesivo completo o parcial) para explicar la transmisión de la hipertrofia muscular (Ansay y Hanset, 1979; Hanset y Michaux, 1985a; Ott, 1990). Sin embargo, hasta entonces no estaba demostrado la forma de herencia de la característica del doble músculo (herencia monogenética, oligogenética o poligenética). Por otro lado, faltaba establecer la asociación entre el gen o los genes, con pruebas que permitieran identificar a los toros portadores de la característica de doble músculo y con su capacidad para transmitirla (Micheaux *et al.*, 1983).

En 1984 la Comunidad Económica Europea determinó establecer cuotas de producción a los países integrantes para compensar la disminución en los precios de venta de leche, como consecuencia de la sobreoferta registrada desde la década de los años 70 y principios de los 80 (Hanset *et al.*, 1989a). La cuota de producción establecida para Bélgica (3,000,000 litros anuales) impulsó la conversión progresiva de hatos lecheros a sistemas de crianza de becerros (Allen y Liénard, 1992). La producción de leche dejó de ser un objetivo prioritario en los programas de selección (Hanset *et al.*, 1989a) y la conversión de los hatos de doble propósito hacia el tipo cárnico *viandeux* se llevó a cabo mediante la sustitución de los vientres *culard* (doble propósito) o la inseminación artificial de las vacas lecheras con toros de la raza Blanco Azul Belga (Hanset *et al.*, 1989a; Compère *et al.*, 1996; Clinquart *et al.*, 1998). Para 1985 del inventario de Bélgica de 1,130,000 vientres (carne y leche), el 50.06% (633,529 vientres) fue inseminado con toros de los

---

\* El término *Breton Pie-Noir* es el nombre de una raza originaria del Noroeste de Francia, de color y conformación semejante al del *Friesian*. Fue utilizada como de doble propósito y posteriormente fue seleccionada para la producción de leche y de los años 30 a los 80 se difundió en Europa en los hatos lecheros.

centros de inseminación artificial. Del total de inseminaciones realizadas el mismo año, el 42.52% (275,708 inseminaciones a primer servicio) se realizó con toros de la raza *Blanco Azul Belga*, 20.54% con toros *Friesian*, 19.13% con toros *Meusse Rhin Yssel* (MRY), 10.77% de raza *East Flanders*, 5.40% raza *West Flanders* y 0.63% con otras razas (Hanset, 1987). De manera similar, en 1985 el número de vacas destinadas a la producción de carne fue de 184,000 vacas significando un aumento del 15% (cuadro 12) con respecto a 1984 (160,000 vacas) y del 100% respecto a 1977 (88,000 vacas de carne) (Allen y Liénard, 1992).

En 1985 Hanset y Michaux demostraron que en la transmisión de la hipertrofia muscular estaba involucrado un solo "gen mayor", "autosómico" y "parcialmente recesivo" (Hanset y Michaux, 1985a; 1985b; Grobet *et al.*, 1997; Bass *et al.*, 1999). Para demostrarlo, realizaron diversos análisis de segregación genética en dos poblaciones: la primera lograda a través de cruzamientos experimentales y la otra en generaciones existentes en los hatos comerciales (elegidas de acuerdo con su información genealógica). En ambas poblaciones determinaron mediciones de "muscularidad" (peso total del músculo, rendimiento, concentraciones de creatina y creatinina en plasma y número de eritrocitos) relacionadas con la clasificación subjetiva del fenotipo corporal previa (doble músculo *vs.* convencionales) (Hanset y Mischeaux 1985a; 1985b, Gerrard *et al.*, 1991). Las proporciones encontradas en la progenie sugirieron un patrón de segregación monogénico autosómico (gráfica 2), postulando la existencia de un locus al que denominaron con el símbolo *mb* (muscular hypertrophy) el cual estaría caracterizado por un alelo de tipo silvestre (+) y un alelo recesivo (*mb*) causante del fenotipo "doble músculo" en la condición de homocigosis *mb/mb* (Arthur, 1995; Grobet *et al.*, 1997). Los animales los animales heterocigóticos *mb/+* mostraron algún grado de hipertrofia muscular a pesar de estar cercanos a los homocigóticos para el alelo silvestre *+/+* (Hanset y Mischeaux 1985a; 1985b). El hecho de que en los individuos heterocigóticos *mb/+* el alelo recesivo *mb* no fuera enmascarado en su totalidad por el efecto del alelo silvestre +, sugirió que el comportamiento del gen *mb* no correspondía al modelo clásico de recesividad. Para describir el comportamiento de recesividad incompleta Hanset y Michaux utilizaron el término de "parcialmente recesivo" ya que en el individuo heterocigótico con una sola copia del alelo (*mb/+* ó *+/mb*) manifiesta en algún grado el fenotipo de doble músculo (Charlier *et al.*, 1995; Grobet *et al.*, 1997). Además, los investigadores propusieron el calificativo adicional de "gen mayor" ya que encontraron para algunas determinaciones de muscularidad



valores con variación continua abarcando un recorrido de hasta 4 desviaciones estándar entre los animales homocigóticos recesivos *mb/mb* y los heterocigóticos *mb/+*, (Hanset y Micheaux 1985a; 1985b; Charlier *et al.*, 1995; Grobet *et al.*, 1997).

La demostración puso en evidencia que el fenotipo de doble músculo respondía a la acción de un gen parcialmente recesivo, pero aún faltaba conocer su localización dentro del genoma del bovino estimado en alrededor 100,000 genes distribuidos en los 30 cromosomas (Grobet *et al.*, 1997). De ahí que gran parte de los trabajos científicos a partir de 1985 se dirigieron a localización del gen *mb*, por un lado la localización dentro del genoma y por otro lado la identificación de los animales homocigóticos recesivos *mb/mb* dentro de la población y luego destinarse para la reproducción (Hanset, 1992; Grobet *et al.*, 1997; Bass *et al.*, 1999).

En el contexto internacional en 1986, diversas agrupaciones independientes de ganaderos en varios lugares del mundo, deciden asociarse como la “*Belgian Blue Cattle Breeders International Assotiation*” con sede en la ciudad de Ciney en Bélgica. Los países miembros de la organización recién fundada fueron Bélgica, Francia, Gran Bretaña, Irlanda, Dinamarca y los Estados Unidos, representados por la formación correspondiente de una asociación filial. Posteriormente se incorporan Canadá, Países Bajos, Australia y Nueva Zelanda con igual mecanismo (Compère *et al.*, 1996).

Mientras que los diversos análisis genéticos desarrollados por Hanset y Michaux desde 1985 (1985a; 1985b) en la población comprobaban la presencia del “gen mayor parcialmente recesivo” permanecía latente la dificultad de distinguir los toros verdaderamente recesivos *mb/mb* de los heterocigóticos *mb/+* (en quienes también podía aparecer algún grado de hipertrofia muscular) utilizando como criterio la selección a través del fenotipo (Meers, 1997). Ante la carencia de pruebas específicas y confiables (marcadores genéticos) que permitieran detectar los toros con homocigóticos recesivos *mb/mb*, el mejor recurso disponible hasta entonces para acelerar los resultados de la selección seguía siendo la calificación a la conformación (Hanset *et al.*, 1990).

En 1988 el *Blanc Bleu Belge Herd Book* establece un “Sistema de Cotación Lineal” o Calificación Morfológica de la raza Blanco Azul Belga” para describir numéricamente la

morfología de cada animal y así poder identificar a los portadores de las dos copias del gen. (Hanset *et al.*, 1990; Hanset, 1992; Compère *et al.*, 1996; Grobet *et al.*, 1997). Las características incluidas en la calificación morfológica (cuadro 13, figura 4) fueron elegidas de acuerdo a los siguientes fundamentos: 1) el objetivo de la selección genética del *Blanc Bleu Belge Herd-Book* pretendía mejorar todos los caracteres económicamente importantes, 2) difundir el formato y la conformación que en la comercialización tiene un pago diferencial como incentivo, 3) los rasgos morfológicos (conformación y formato) deseables para el mercado local, resultaron ser más evidentes y de mayor heredabilidad que otros (fertilidad y rusticidad) igualmente importantes económicamente pero menos perceptibles y menos heredables que los primeros (Hanset, 1992). En el sistema de calificación resultante se eligieron 20 características individuales de conformación, donde la expresión biológica de cada una fue calificada con puntuación dentro de una escala lineal entre los extremos de 1 a 50 puntos (Hanset, 1992; Blanc Bleu Belge Herd-Book, 1996a; 1996b).

Con la instauración del sistema de calificación lineal el *Blanc Blue Belge Herd-Book* intensificó la selección de toros candidatos para ser utilizados como Toros de inseminación artificial. La inseminación artificial facilitó la abundancia de descendientes en las pruebas de progenie y poder establecer un "valor de crianza" más confiable de cada toro. En el mismo año (1988) el *Blanc Blue Belge Herd-Book* incorpora la metodología del Mejor Estimador Lineal Insegado conocida como BLUP (*Best Linear Unbiased Predictor*) para seleccionar y evaluar a los Toros destinados para la inseminación artificial (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996a; 1996b; 2000).

A partir de los nuevos procedimientos de selección, las siguientes evaluaciones efectuadas por Hanset *et al.* (1989a) fueron realizadas en poblaciones descendientes de los Toros de inseminación artificial (Hanset *et al.*, 1990). El objetivo de las evaluaciones subsecuentes pretendían: 1) acelerar la fijación del gen recesivo, 2) comprobar la transmisión del gen en las nuevas generaciones 3) comprobar la asociación del doble músculo heredado por los Toros de inseminación artificial, con el incremento en el valor comercial de la descendencia (tipo cárnico e híbridos del cruzamiento con ganado lechero *Friesian*). Los resultados de las evaluaciones en varias generaciones (cuadro 14) comprobaron la aparición de la hiperplasia en los músculos individuales, la disminución en la proporción de tejido conjuntivo, un aumento en el rendimiento de cortes de

primera categoría (en el sistema de despiece especializado de ganado de tipo cárnico) en la descendencia de los animales catalogados como *viandeux* (homocigóticos) con diferencia a los animales de tipo mixto y los híbridos de la cruce con ganado lechero. Aunque había evidencias favorables de fijación del gen con el sistema de selección basado en la conformación, persistía algún grado de variación en la composición de las canales de la descendencia del tipo *viandeux*. La variación se atribuyó a la dificultad para distinguir e identificar (apreciación de los jueces) algunos toros con desarrollo muscular sobresaliente pero aún con el genotipo heterocigótico y que por ello permanecieron dentro del hato de Toros de inseminación artificial, así como a la posible interacción con otros genes involucrados. Posteriormente en 1990 Georges *et al.*, confirmaron la hipótesis de un gen mayor al relacionar el fenotipo de individuos descendientes de toros heterocigóticos (mh/+) con las bandas cromatográficas (figura 5) encontradas en la técnica de huellas de DNA (Georges *et al.*, 1990; Charlier *et al.*, 1997). En el desarrollo histórico de la raza y de la selección correspondiente los toros de doble músculo utilizados como “raza paterna” eran portadores de una copia del gen *mh* y la diferencia en el comportamiento sería el resultado de la interacción del gen con la presencia de otros genes (Hanset, 1992; 1997).

Los cambios observados en los híbridos del cruzamiento de los Toros de inseminación artificial con el ganado lechero *Friesian*, mostraron la aparición de efectos del doble músculo comparables o cercanas al del tipo *viandeux*, pero con menor proporción de distocias en comparación al *viandeux* y en proporciones similares a los de otras razas. El resultado influyó en el aumento de la utilización de los Toros de inseminación artificial del tipo cárnico para la inseminación de vacas del tipo mixto y para las cruces terminales con vacas lecheras. La proporción de inseminaciones en las vacas con este tipo de toros aumentó gradualmente: 10% en 1978, 43.6% en 1980, 50.4% en 1987 y el 82% de las vacas en 1994 (Compère *et al.*, 1996).

### 2.3.2. Estado actual de la raza

Aún existen vacas de doble propósito (202,000 en 1986) pero una gran cantidad de hatos han transformado el esquema hacia la producción de becerros en amamantamiento (Hanset, 1987). En Bélgica el 55% de los ganaderos (3,200 criadores) se dedican a la crianza del tipo cárnico con aproximadamente 1.5 millones de ejemplares, de los cuales 150,000 vacas y 3,000 toros se encuentran en los registros del inventario nacional en el *Herd Book La Race BBB* (Ciney,

Bélgica), en donde cada año se registran 38,000 hembras y 2,500 machos en el libro de hato (Jarrige y Auriol, 1992; Compère *et al.*, 1996). La composición total de los animales sacrificados en Bélgica en 1985 fue: vacas (31.5%), vaquillas (20.3%), toros (30.1%), becerros (12.2%) y toros castrados (5.9%). De acuerdo a las cifras emitidas en el año de 2002 el *Blanc-Bleu Belge Herd Book*, la raza tiene presencia en 14 países considerando la existencia oficial de alguna asociación de criadores de la raza, filiales de la *Belgian Blue Cattle Breeders International Association* (fundada en 1986). Los países que cuentan con Asociación y la cantidad de socios registrados hasta el año 2000 son: 120 socios en Australia, en Brasil (sin especificar), 95 en Canadá, 46 en Dinamarca, 300 en Estados Unidos, 20 en España, 250 en Francia, Hungría (sin especificar), 200 en Irlanda, Japón (sin especificar), 73 en Nueva Zelanda, 300 en los Países Bajos, Portugal (sin determinar) y 352 socios en el Reino Unido (*Blanc-Bleu Belge Herd-Book*, 2000).

### 2.3.3. Criterios de mejoramiento y selección en la formación de la raza

**Objetivos de la selección.** Durante los años 60's, el tipo cárnico emergió de una población de ganado doble propósito como repuesta de las fuerzas de mercado. Conforme el estándar de vida aumento en Bélgica, los consumidores dieron preferencia a los cortes superiores, suaves y con la menor cantidad de grasa posible. Al mismo tiempo los comerciantes encontraron mayor cantidad de dichos cortes de calidad en animales con contorno redondeado y musculatura prominente. Los precios pagados por esos animales ya sea por kilo de peso vivo o por kilo en canal reflejaron esa superioridad. El programa de selección genética de Bélgica desde la década de los años 70 se encausó con los requerimientos y criterios de los criadores (al elegir las características de los animales deseables para la crianza), según los requerimientos del mercado, sensible a la suavidad y el bajo contenido en grasa de la carne. El objetivo principal de los genetistas belgas fue mejorar el componente genético de los caracteres económicamente importantes (*Blanc-Bleu Belge Herd-Book*, 2000a).

La selección aprovechó la relación relativamente cercana entre la conformación y composición corporal, como rasgos visibles en la raza, ya que algunos caracteres eran más evidentes y heredables (conformación y el formato) que otros (fertilidad y rusticidad). Desde el inicio, la selección se desarrolló por apreciación visual de la conformación corporal, al igual con lo ocurrido

con el *cheval de trait belge* (caballo de tiro belga) y las razas de cerdo *Pietrain* y *Landrace belge* (Hanset, 1997).

#### **2.3.4. Programa nacional de selección de la raza**

En la actualidad, la definición de las normas, objetivos y los programas de selección dentro del hato nacional está regidos conjuntamente por el Ministerio de Agricultura de Bélgica y el *Blanc-Bleu Belge Herd-Book*, donde este último es el responsable directo de la selección. El análisis de la información recabada de las estaciones de Selección o de las granjas, se desarrolla y publica anualmente por el Comité para la Evaluación Científica y Técnica en Selección Animal del Departamento de Genética de la Universidad de Liège, quienes son responsables de las evaluaciones genéticas (*Blanc-Bleu Belge Herd-Book*, 1996a; 1996b).

Las evaluaciones genéticas del programa de selección tienen principalmente dos escenarios. Parte de la información para la evaluación de los sementales proviene de las dos Estaciones de Selección Bovina del Ministerio de Agricultura (Ciney y Ath) y la otra parte de los hatos comerciales dedicados a la cría de animales de registro (*Blanc-Bleu Belge Herd-Book*, 1996b).

#### **2.3.5. Evaluaciones realizadas en las Estaciones de Selección Bovina del Ministerio de Agricultura**

En la formación de la raza, el proceso de selección genética se desarrolló bajo un mismo programa en dos Centros Nacionales de Inseminación Artificial (LINALUX y HALIBA). Los "Toros de Inseminación" (Toros I.A.) utilizados por los centros de inseminación provienen de cualquiera de 2 fuentes de abastecimiento continuo: 1) De las dos Estaciones de Selección Bovina del Ministerio de Agricultura (Ciney y Ath) y 2) de los hatos particulares con ganado de registro. Los toros que se destinan a los programas de inseminación artificial para el hato nacional son elegidos e instalados en el Centro de Selección Bovina (Ciney y Ath), de acuerdo a varios criterios (*Blanc-Bleu Belge, Herd-Book*, 1996a).

1. Genealogía. De acuerdo a lineamientos establecidos por el Blanc-Bleu Belge Herd Book, los Toros IA seleccionados provienen de cruzamientos preferenciales de toros denominados "Padres de Toros" y vacas selectas en evaluación permanente "Madres de toro". Las evaluaciones de las Madres de Toro y Padres de Toro incluyen información de comportamiento productivo y de la calificación linear del candidato así como de la descendencia (primera selección).

2. Las calificaciones obtenidas por el candidato a Toro IA, en concursos oficiales y las pruebas de control oficial.

3. Resultados del desempeño del candidato "joven" en las Pruebas de Comportamiento Productivo Individual en vivo, hasta los 13 meses de edad en las Estaciones de Selección Bovina. La evaluación de los animales comprende el comportamiento mostrado por los individuos desde los 7 a los 13 meses de edad. Los animales en prueba ingresan a la estación de selección a la edad de 4 meses y son colocados en grupos de 4 a 5 animales por alojamiento. Para ser alimentados con alimentos concentrados suministrados individualmente en comederos operados electrónicamente. El tiempo de prueba incluye dos tipos de alimento, uno de los 6 a los 10 meses de edad y otro de los 10 a 13 meses. La información resultante de cada prueba es acumulada para cada uno de los toros en prueba. Al final de cada prueba se dispone de la siguiente información:

- a) Peso, talla y precio por kilogramo de peso vivo a los 13 meses y las ganancias diarias de peso desde los 7 a los 13 meses de edad (la información acumulada hasta julio de 1999 fue disponible en 2,450 toros).
- b) "Índice de Eficiencia Alimenticia" determinada como kilogramos de alimento concentrado por kilogramo de peso logrado y el "Ingreso Neto Diario" en términos de ganancia diaria por precio por kilogramo de peso vivo menos el consumo diario por el precio por kilogramo de concentrado (información acumulada hasta julio de 1991 disponible en 1,260 toros).
- c) "Calificación Linear" a los 13 meses de edad (disponible para 1,984 toros).

Estas pruebas se realizan con el ingreso promedio de 500 terneros al año. Al final

de la prueba se elimina el 45% de los animales iniciales, mediante la venta abierta o subastas, a las ganaderías comerciales o a los Centros de Inseminación Artificial. El resto de los animales permanecen en pruebas adicionales (Blanc-Bleu Belge, Herd-Book, 1996a).

4. Los toros candidatos a Toro IA, resultantes de la selección en la etapa anterior permanecen en las mismas estaciones e inician una nueva serie de pruebas de productividad (Blanc-Bleu Belge, Herd-Book, 1996b; 1997).

- "Evaluación del Patrón Racial y de conformación del *Blanc-Bleu Belge Herd-Book* (cotación lineal a los 13 meses), debiendo cubrir inicialmente con los requisitos mínimos establecidos para el peso y la talla para esa edad (573 kg y 123 cm).
- "Prueba de Espermatogénesis". De cada toro son extraídas muestras en serie de semen, registrando la edad a la que surge la primera muestra congelable así como el tiempo necesario para obtener 1,000 dosis por toro, el número y calidad espermática de las dosis producidas desde los 20 hasta 32 meses de edad.
- "Prueba de fertilidad en Inseminación Artificial". Para esta prueba con el semen obtenido de cada toro candidato se realizan las primeras 700 a 800 inseminaciones durante un tiempo limitado en vacas de 2° parto, en granjas comerciales. De la prueba resulta la cantidad total de semen producido, la tasa de no retorno (fertilidad), gestaciones logradas.
- "Control de la Descendencia". De las primeras 600 gestaciones logradas en la prueba anterior, a la información obtenida se agrega la referente al modo de parto, conformación (cotación lineal) y medidas de la cría al nacimiento con repetición a los 12 meses de edad.
- "Prueba de progenie para la producción de carne de la descendencia" (*Progeny Test* para carne). La evaluación del comportamiento de la descendencia de cada toro incluye el comportamiento de 10 a 15 descendientes con el seguimiento desde el nacimiento hasta los 12 meses en un lote de raza pura y en otro constituido por animales resultantes del cruzamientos con otras razas.
- "Prueba de Fertilidad y Rusticidad en la Descendencia". Esta prueba se desarrolla a partir de 1978, en los Toros IA más utilizados como parte de la evaluación

permanente. El seguimiento a tiempo limitado incluye el control reproductivo de 400 hijas desde el nacimiento hasta el 2º parto como mínimo en hatos comerciales. En la prueba se considera la viabilidad del semen, fertilidad, causas de agotamiento o demanda comercial, así como la aptitud lechera y el tamaño de sus hijas.

La información generada en las pruebas es evaluada por el Departamento de Genética de la Universidad de Liège, siguiendo el procedimiento del Mejor Estimador Linear Insegado o BLUP (*Best Linear Unbased Predictor*) y publicada anualmente conjuntamente con el Blanc-Bleu Belge Herd Book como los "Resultados Anuales del *Progeny Test*" (Blanc-Bleu Belge, Herd-Book, 1996b). El reporte contiene las evaluaciones genéticas de los toros IA de tipo cárnico pertenecientes a los Centros de Inseminación Artificial de HALIBA y LINALUX. El reporte anual incluye la información pruebas de progenie y evaluaciones de vacas, realizadas en los hatos privado de crianza, incluyendo y haciendo distinción entre la población de vacas del tipo cárnico y del tipo mixto.

### **2.3.6. Evaluaciones realizadas en los hatos privados**

**Pruebas de Progenie de campo.** La información resultante de estas pruebas complementa la información surgida de las Estaciones de Selección Bovina. Las pruebas se realizan en dos fases. En la primera fase se considera las características relacionadas con el nacimiento (duración de gestación, peso al nacimiento, modo de parto, y conformación). En la segunda fase se hace la compilación de información de la descendencia a los 13 meses de edad considerando peso y talla ajustada a los 13 meses y el indicador denominado "valor por kilogramo en Francos Belgas".

La información de la población de vacas proviene de 2 tipos de hatos particulares:

- Hatos comerciales. Se incluye solamente la información de la progenie de los toros candidatos para Toro IA o la evaluación de Toros IA vigentes en prueba.
- Hatos de "raza pura". En estos hatos, todos los becerros son registrados desde el nacimiento. Desde el nacimiento se registra toda la información relacionada con las características al nacimiento y las características hasta los 13 meses de edad.



Antes de 1996 solamente era recabada la información de la descendencia de registro de toros en prueba, pero dado el creciente intercambio de semen de los Toros I.A. en los hatos de las dos regiones de influencia de los Centros de Inseminación Artificial, (HALIBA en el norte y LINALUX en el sur) a partir de 1996 se incluye la información de todos los becerros de registro, independientemente de que el padre se encuentre o no en prueba para uniformizar el registro del comportamiento productivo y poder hacer la evaluación simultánea de los toros de ambos Centros de Inseminación Artificial, ya que antes de la unificación la información era emitida separadamente (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996b).

### 2.3.7. Modelo de análisis de la información

Las evaluaciones genéticas se realizan de acuerdo al modelo de "Semental" utilizando la metodología del modelo lineal mixto (BLUP expresado en las unidades de la característica medida) utilizando información del comportamiento de la progenie y la relación genética entre los sementales. En los análisis se considera como efectos fijos ambientales: hato, sexo del becerro, número de parto de la madre, tipo de la madre, año y mes de parición (o el año y mes del momento de estimar el precio por kilo de peso vivo), edad de las mediciones (regresión lineal o cuadrática), modo y nivel de alimentación del becerro. El valor de crianza "Habilidad de Transmisión Esperada" obtenido representa la superioridad o inferioridad esperada en las generaciones futuras (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 2000b).

### 2.3.8. Expresión del valor de crianza

Las evaluaciones genéticas se presentan anualmente en el reporte de *Résultats du progeny-test en fermes des saureaux I.A.* En el reporte, los resultados de las evaluaciones genéticas son transformados a índices estandarizados ( $\sigma$ ) con un valor promedio de 100 y clasificados de acuerdo a las dos fases de evaluación (características al nacimiento y características ajustadas a los 12 meses de edad) apareciendo en 2 listados diferentes. En cada lista aparecen enlistados los toros evaluados en ordenamiento alfabético con la información estandarizada (100 puntos) para cada una de las características medidas según la fase. Solo se incluye en el reporte los toros con 50 % de confiabilidad. En el listado de características al nacimiento se incluye para cada toro la

información de: longitud de gestación "Índice de Longitud de Gestación", peso al nacimiento "Índice de Peso al Nacer" y conformación del becerro "Índice de Conformación". En el listado de características a los 12 meses los toros reciben el mismo ordenamiento y la información incluida es: precio FB/kg de peso vivo "Índice de valor en Francos", peso a los 12 meses "Índice de Peso", talla a los 12 meses "Índice de Talla", "Índice Económico" (IEc) y el "Índice Multicaracter" (IM).

El Índice Económico combina las evaluaciones BLUP para el valor/kg de peso vivo y el peso a los 12 meses, cada uno con el peso al sacrificio (600 kg) y un ingreso bruto/kg (90 Francos Belgas). Para los toros evaluados que aparecen en el listado, el IEc, indica el ingreso bruto por obtener con la venta para el sacrificio de la progenie. El IEc ha sido estandarizado por su desviación estándar ( $\sigma$ ) y entonces es referido como "Índice Multicaracter" (IM = Índice Económico estandarizado). El valor que aparece para el IM indica la desviación del valor medio de 100 puntos, donde una desviación estándar equivalen a 10 puntos (antes de 1996, 25 puntos) en el "Índice Multicaracter". Por ello en el listado el IM aparece descompuesto en dos modalidades:  $I^{10}$  = Índice Multicaracter calculado a partir del Índice Económico con la nueva escala de 10 puntos por desviación estándar y el  $I^{25}$  = IM calculado con la escala anterior de 25 puntos por desviación estándar del Índice Económico (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996b).

### **2.3.9. Sistema de "Cotación Lineal o Calificación Lineal de la Conformación" como instrumento complementario de selección en la raza Blanco Azul Belga**

Desde 1988 la conformación solamente era medida en toros y animales para el abasto. A partir de 1994 se difundió la práctica de evaluación a la conformación con el Sistema de Cotación Lineal en las vacas registradas ante la *Blanc-Bleu Belge, Herd Book* (1996b; 1997). El propósito de este hecho se refuerza por la intención del Ministerio de Agricultura, en contar con un inventario actualizable periódicamente de la población de la raza BAB y de otras razas de los hatos comerciales en las distintas provincias. Como objetivos adicionales se disponía de información que permitiera:

- Localizar a las futuras Madres de Toro para el ingreso de terneros a las Estaciones de Selección Bovina, como futuros candidatos de Toros IA.

- Seleccionar futuras donantes de embriones.
- Refinar la evaluación genética de los Toros IA vigentes.

El sistema consiste en la descripción numérica de la morfología de cada animal, mediante la calificación establecida por juzgamiento de personal especializado y acreditado por el *Blanc-Bleu Belge Herd-Book* y el Ministerio de Agricultura. La incorporación de la escala numérica se fundamentó en la necesidad de establecer un lenguaje común a todas las personas involucradas con los programas de selección dentro de la raza BAB. Las puntuaciones logradas en todos los ejemplares de la raza complementan la base de datos de los ancestros, particularmente de los Toros IA vigentes y que aparece en los Resultados Anuales de Progenie, descritos anteriormente (*Blanc-Bleu Belge Herd-Book*, 1996b):

La descripción morfológica utiliza 20 características medidas individualmente en una escala de 1 a 50 puntos por característica (cuadro 13). Recibiendo la denominación de "lineal" ya que en una representación gráfica (recta) significa el espacio existente entre las dos formas extremas observadas en la raza (con límites de 1 y 50 puntos) dividido en partes iguales. Con la calificación cada una de las 20 características observadas en el individuo son situadas dentro de dichos límites. El objetivo de implementar este sistema fue ubicar al animal en una escala de variación (descripción numérica) para suprimir ambigüedades de interpretación y no evaluar al individuo en relación a un ideal basado en juicios de valores que dificultaran las interpretaciones y las comparaciones entre individuos (Hanset, 1990).

Las 20 características que describen morfológicamente al individuo (cuadro 13, figura 4) se agruparon en 3 grupos denominados: 1) "Formato", 2) "Conformación y desarrollo muscular" y 3) "Desarrollo esquelético". En el grupo "Formato" se incluyó las características de talla, longitud corporal, ancho de pecho y ancho de pelvis. En el grupo de "Conformación y desarrollo muscular" se evalúa el grado de musculatura en el hombro y espalda, musculatura en el dorso, curvatura del costillar (arqueamiento de la cavidad torácica), el grosor y elasticidad de la piel (deposición grasa), inclinación del anca (horizontalidad o pendiente) en una vista lateral, longitud de la pelvis, forma de inserción de la cola (evidencia y delimitación), vista lateral de la grupa (contorno o delineación), vista posterior de la grupa (grado de redondez). El desarrollo esquelético es evaluado

a través del grosor de osamenta visible, evidencias óseas en el hombro y espalda, horizontalidad de la línea dorsal, aplomos de miembros anteriores (vista craneal), aplomos de los miembros posteriores (vista caudal), angularidad de los corvejones (vista lateral de articulaciones tibio-tarso-metatarsianas, facilidad de marcha (Blanc-Bleu Belge, Herd-Book, 2000a).

La totalidad de la información recabada es procesada para obtener “Valores Esperados de Crianza” para conformación (Índices de Conformación). Los índices de aproximadamente 200 toros (Toros IA o de particulares) son publicados anualmente en un informe denominado “Valores de Crianza Predictivos de Calificación Linear de Sementales”, editado y distribuido dentro del medio por el *Blanc-Bleu Belge Herd-Book*. A partir del informe correspondiente al año de 1999 los índices calculados para los sementales incluyen la información de la calificación linear de 117,463 vacas evaluadas por primera vez desde 1994 y resultantes de la aplicación de la metodología del BLUP. En la evaluaciones mediante esta metodología están incluidos simultáneamente los valores genéticos (valores de crianza) y las “influencias sistemáticas” (efectos fijos) resultantes de diferencias en: la edad a la calificación, condición de la vaca, condición del hato, año y el calificador (Blanc-Belu Belge Herd Book, 1997;2000b).

El reporte anual “Valores de Crianza Predictivos de Calificación Linear de Sementales” está compuesto por 4 secciones: 1) Listados de aproximadamente 200 toros (ordenados alfabéticamente) para cada una de las 20 características de acuerdo a los resultados observados en la conformación de la descendencia, con un mínimo de 20 hijas. 2) Listado de toros ordenados alfabéticamente por característica con la información de indicadores importantes: a) Índices o Valores de Crianza para Conformación, b) Coeficiente de Precisión (Repetibilidad), c) Error de Predicción, d) Número de hijas evaluadas. 3) Listado de toros ordenados decrecientemente de acuerdo al índice obtenido para cada una de las 20 características. 4) Perfil genético: es la representación gráfica sencilla (diagrama) de los índices de cada toro (atribuciones morfológicas), donde se muestran las fortalezas y debilidades (desviaciones del índice 100) para cada una de sus características (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996b,1997;2000b).

**a) Valores de Crianza para Conformación.** Los valores genéticos obtenidos (desviaciones positivas o negativas) son transformados en índices que fluctúan alrededor de un valor de

100 puntos. En donde la diferencia de 10 puntos entre los índices de dos toros es equivalente a la diferencia de una desviación genética estándar entre los valores de crianza originales, para cualquier característica considerada. El valor alto o bajo en el índice puede tener significados diferentes dependiendo de la característica considerada. Como ejemplo, un índice elevado para la estructura ósea significa huesos más finos (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 2000a; 2000b). En contraparte, un índice elevado para la línea dorsal expresa una tendencia a transmitir mayor convexidad de la línea dorsal en la descendencia mientras que un índice menor para la característica de los corvejones implica mayor rectitud (estaquillamiento).

**b) Coeficiente de Precisión (Repetibilidad).** El valor de crianza de conformación resultante de cada toro está asociado con un coeficiente de precisión (repetibilidad) expresado en una escala de 0 a 1. El coeficiente de repetibilidad tiene el significado de una correlación entre pruebas repetidas. Depende de la heredabilidad de la característica considerada y el número de individuos relacionados los cuales fueron medidos o calificados (Blanc-Bleu Belge Herd-Book, 1996b).

**c) Error de Predicción.** Para cualquier grado de precisión existe un Error de Predicción expresado en la unidad del Valor de Crianza o del índice correspondiente. El error de predicción y la repetibilidad son dos aspectos de lo mismo. El Valor de Crianza es solo una estimación del Valor Genético Verdadero. Para que el estimador y el valor real sean iguales, entonces la repetibilidad debería ser igual a 1 y entonces el error de predicción resultará ser igual a 0. Por otra parte cuando la repetibilidad es 0 (en este caso el semental no tiene ninguna relación con los animales calificados) entonces el error de predicción alcanzará el valor máximo de 10 puntos (Blanc-Bleu Belge, Herd-Book, 2000a; 2000b).

### **2.3.10. El "doble músculo" o "hipertrofia muscular"**

La existencia de la "hipertrofia muscular" fue reconocida desde el siglo XIX con la primer documentación publicada en Londres en el año de 1807 por G. Culley. A partir de dicha fecha

aparecieron repetidamente documentaciones de la presencia del doble músculo en varias razas de ganado en el mundo (Ott, 1990; Charlier *et al.*, 1995; Kambadur, 1997).

La observación del doble músculo en el ganado ha generado diferentes reacciones y controversias en distintos países. En algunos, las dificultades al parto asociadas con la hipertrofia muscular han limitado su consideración como criterios de selección en la crianza de ganado. En Europa, la búsqueda de canales superiores orientó la crianza de ganado hacia el desarrollo muscular extremo. Dentro de éstos, en Italia y Bélgica la crianza de ganado productor de carne tiende a la selección sistemática de individuos portadores del rasgo controversial, razón por la cual la mayor frecuencia del doble músculo es mayor en la raza italiana *Piedmontese* y el *Blanco Azul Belga* (Ott, 1990; Charlier *et al.*, 1995; Kambadur, 1997).

El término inicial de “doble músculo” alude a la evidente demarcación observable entre las masas musculares desarrolladas (*biceps femoris*, *samitendinosus* y *vastus lateralis*) y la ausencia de tejido adiposo subcutáneo (Ott, 1990). En los estudios posteriores realizados sobre este tipo de animales demostró que el desarrollo de masas musculares, obedece al aumento en el número de fibras musculares (hiperplasia) con disminución en el diámetro de las fibras a diferencia de la concepción errónea de duplicación en el número de músculos o “hipertrofia muscular”, definidas por los términos empleados de origen (Charlier, *et al.*, 1995; Grobet, 1998).

A lo largo de la historia según los países y de acuerdo a la región corporal donde se le ha observa ha recibido diferentes calificativos. Se le reconoce como: “*cullard*”, “*viandeux*”, “*dopellender* (músculo duplicado en alemán)”, “*doble-músculo*”, “*a groppa dopia*”, “*hipertofia muscular*”, “*croupe de poulain*”, “*double rumped*”, “*greyhound belly*”, “*horse rump*”, “*Yorkshire and Teeswater*” (Shahin y Berg, 1985; Arthur, 1995).

La “hipertrofia muscular” corresponde a una hiperplasia histológica muscular, manifiesta en forma diferencial en los músculos corporales superficiales (Ansay y Hanset, 1979; Hanset *et al.*, 1989). Desde el nacimiento, los animales con “hipertrofia muscular desarrollan aproximadamente un 40% más de fibras musculares que los animales convencionales (Arthur *et al.*, 1989; Gerrard y Judge, 1993). El desarrollo diferenciado de los músculos, se acompaña de la disminución en el

tamaño de otros órganos y tejidos, de la reducción en el contenido total de lípidos (en un 50%) y la reducción en la fracción de tejido conjuntivo y colágena de la canal, medido como contenido de hidroxiprolina (Ansary y Hanset, 1979; Hanset *et al.*, 1982; Charlier, *et al.*, 1995). El grado de expresión de la hipertrofia muscular varía de acuerdo con las interacciones genéticas, condiciones ambientales, nutrición, sexo y estado de madurez (Arthur, 1995).

### **2.3.11. Transmisión de la característica de "doble músculo" en el ganado Blanco Azul Belga**

La característica de doble músculo en el ganado bovino se observa como una condición hereditaria controlada por un gen autosómico simple, manifiesta por el desarrollo sobresaliente de las masas musculares corporales y la disminución de las proporciones de hueso y de tejido adiposo (Hanset, 1982; Michaux *et al.*, 1984; Arthur, 1995; Charlier *et al.*, 1995; Grobet, 1998).

Aunque la naturaleza hereditaria del doble músculo se reconoció desde muy temprano en diversas razas de ganado, el mecanismo preciso de transmisión permaneció desconocido por mucho tiempo dando lugar a múltiples controversias (Charlier *et al.*, 1995; Georges *et al.*, 1987). Desde su reconocimiento, se han propuesto diferentes teorías del modo de segregación de la hipertrofia muscular entre las generaciones. Algunos propusieron un mecanismo de herencia atribuible a un solo gen (patrón monogénico dominante o recesivo), en tanto que otros trabajos proponen la transmisión de varios genes (patrón oligogénico) y en algunos casos fue propuesta la posibilidad de un modelo de transmisión poligénico (Charlier *et al.*, 1995; Grobet *et al.*, 1997).

Los resultados logrados en varias partes del mundo hasta el momento con diferentes razas de ganado, han demostrado que el origen del fenotipo de desarrollo muscular extremo (doble músculo) radica en la mutación del gen que codifica para la síntesis de la miostatina (GDF-8). Sin embargo, a raíz de las observaciones en otras razas (donde también ocurre el doble músculo), hay evidencias de variantes en el tipo de mutación dentro del mismo gen distintas a la identificada en la raza Blanco Azul belga (Grobet *et al.*, 1998).

La selección sistemática realizada por los criadores a través de la conformación permitió la fijación del fenotipo de hipertrofia muscular en el ganado nativo para formar la raza Blanco Azul

Belga. La rápida transformación en la conformación de la raza mediante selección artificial en pocas generaciones, favoreció la suposición de un modelo simple de herencia. La tendencia creciente de clasificación binaria subjetiva (tipo “cárnico” y “convencional”) popularizada entre los criadores de ganado, motivó el desarrollo de trabajos de investigación para establecer el modo de transmisión de la hipertrofia muscular (Charlier *et al.*, 1995).

### 2.3.12. Localización del gen candidato responsable de la característica de doble músculo

Con el trazo del mapa genético del ganado *Blanco Azul Belga* y haciendo uso de las técnicas de investigación conocidas como “marcadores genéticos”, en año de 1995 Charlier y sus colaboradores localizaron el gen *mh* en el grupo marcado de la terminación centrómera del cromosoma bovino número 2 (BTA2) en individuos provenientes de cruza experimentales y cruzamientos fuera de la raza (Sonstegard *et al.*, 1997). Realizaron un mapeo (seguimiento sistemático) del genoma bovino utilizando un panel de 213 marcadores microsatelitales distribuidos en los 29 cromosomas somáticos de una población selecta de acuerdo a su genealogía, compuesta por sementales *Blanco Azul Belga* (postulados con el genotipo *mh/mh*), vacas *Holstein* (postuladas con el genotipo *+/+*), vacas F1 *Blanco Azul Belga* x *Holstein* (postuladas con el genotipo *mh/+*) y las retrocruzas (BAB x F1 BAB-*Holstein*). Para localizar el locus *mh* en el cromosoma (figura 6), realizaron un mapa compuesto por 7 microsátelites específicos reconocidos (TGLA110, TGLA226, BM4440, ETH121, TGLA3777, TGLA431, TGLA44) equivalentes a un segmento de segmento de 126 cM<sup>2</sup> del mapa del cromosoma 2 (Charlier *et al.*, 1995; Sonstegard *et al.*, 1997). El locus fue encontrado a 2.0 cM del marcador más cercano TGLA44 (entre el centrómero del cromosoma y el marcador microsatelital TGLA44) (Charlier *et al.*, 1995; Grobet *et al.*, 1997). En el análisis de segregación observaron que la transmisión conjunta del locus *mh* junto con los marcadores más cercanos (TGLA44 y TLA431) de acuerdo a un modelo monogénico bialélico (*mh* y *+*). La relaciones entre el locus *mh* y los marcadores del cromosoma 2 fueron confirmados en 3 genealogías diferentes muestreadas en la población general de ganado *Blanco Azul Belga* (Charlier *et al.*, 1995; Grobet *et al.*, 1997). La importancia del trabajo radica en la confirmación de varios hechos: 1) La transmisión se comporta de acuerdo a un modelo de

<sup>2</sup> Abreviatura del término *centimorgan*, utilizado para expresar distancias entre genes dentro del mapa. El término tiene como sinónimo la “unidad genética de mapa” ó “m.u”. El término centimorgan se acuñó en honor al pionero de la cartografía cromosómica Thomas Hunt Morgan en 1913 (Griffith *et al.*, 2000).



herencia simple, por un gen autonómico con dos alelos (*mb* y +). 2) Confirmaron el grado de homogeneidad lograda en la raza *Blanco Azul Belga* después de la selección continua realizada por años, basada en la conformación (cotación lineal), 4) La clasificación linear logró identificar toros homocigóticos (*mb/mb*) con un grado de certeza mayor al 90% (Charlier *et al.*, 1995). En 1997 Dunner demostró la transmisión hereditaria recesiva de la condición de doble músculo ligada a la misma región cromosómica en la raza *Asturiana de los Valles y Maine Anjou* (Grobet *et al.*, 1997).

Como consecuencia de los avances relacionados con el gen de la miostatina surgió el interés de los genetistas en Bélgica por desarrollar pruebas diagnósticas en el corto plazo que facilitaran la selección en favor o en contra de la expresión de esta característica. En el largo plazo, conocer el funcionamiento de los receptores para la miostatina y con ello la posibilidad de inactivar el gen de la miostatina después del parto, para disminuir la frecuencia de distocias que hasta ahora son resueltas mediante intervención quirúrgica en el ganado puro (Grobet *et al.*, 1997).

Posteriormente en 1997 Casas *et al.*, realizaron en los Estados Unidos un trabajo similar al de Charlier *et al.*, (1995), con la intención de determinar una posición más precisa de la localización del locus en el cromosoma utilizando nuevos marcadores microsatelitales descubiertos desde el trabajo precedente, evaluaron comparativamente los efectos de una copia simple del alelo *mb* (comprobación de segregación a través de marcadores genéticos) en características al nacimiento y de la canal en 3 poblaciones, una de ellas control. La posición más exacta para el locus fue a 2.8 cM distal al TGLA44 (figura 6), entre los 2 a 6 cM con un intervalo de confianza del 95% (Casas *et al.*, 1999; Sonstegard *et al.*, 1997).

En el análisis de segregación incluyó dos familias de animales: la descendencia de toros F1 *Blanco Azul Belga* x *MARC III*<sup>o</sup> cruzados con vacas *MARC III* y la descendencia de toros F1 *Piedmontese* x *Angus* cruzados con vacas *MARC III*. La segregación del alelo *mb* ligado a los marcadores satelitales más próximos fue congruente con las diferencias en masas musculares observadas en las descendencias de cualquiera de las dos razas de los toros (Kambadur *et al.*, 1997;

<sup>o</sup> Con el nombre de *MARC III* se identifica a la población de tercera generación lograda en el Meat Animal Research Center, Clay Center de la USDA-ARS, en Nebraska Estados Unidos. La composición de estos animales mantiene una proporción de 25% *Angus*, 25% *Hareford*, 25% *Red Poll*, 25% *Piragauer*.

Casas *et al.*, 1998). Los resultados demostraron que la herencia del alelo *mb* de los toros F1 resultó en diferencias en la composición de la canal comparado con aquellas que heredaron el alelo alterno (+). Los individuos que heredaron el alelo *mb* a partir de los toros *Blanco Azul Belga* o *Piedmontese* tuvieron mayor rendimiento en canal, proporción más elevada de masa muscular, menos cantidad de grasa y músculo, con respecto a los animales normales. Lo animales segregados con una copia del alelo *mb* (del BAB o del Piedmontese) mostraron mayor proporción de masas musculares magras, mayor rendimiento en cortes (+4%), menor grado de rendimiento USDA atribuida a la menor proporción de grasa (-0.74puntos). La presencia de una sola copia no mostró diferencias en la terneza medida como la fuerza de corte en el músculo *longissimus dorsi* a 3 y 14 días *postmortem* (Casas *et al.*, 1998).

Los pesos al nacimiento de los animales con una copia del alelo *mb* fueron ligeramente mayores que los normales (+4.5 kilogramos) sin evidencia del aumento de distocia asociado con la presencia del alelo *mb*, lo que implica que la presencia del alelo en heterocigosis (*mb/+*) se manifiesta con facilidad de parto similar a la de los partos de crías normales sin el alelo *mb* (*+/+*) (Casas *et al.*, 1998).

### 2.3.13. Descubrimiento de la mutación en el gen responsable de la característica de "doble músculo" y su mecanismo de acción

En investigaciones posteriores a la localización del gen, se efectuaron diversos trabajos para esclarecer sus mecanismos de acción, y entonces explicar la relación con la hipertrofia muscular. En 1994 se postuló la implicación de Factores de Crecimiento de tipo Insulínico de tipo II (IGF-II) como los responsables de la hiperplasia miofibrilar, ya que se conocía su acción sobre la proliferación de mioblastos y la diferenciación sostenida de las fibras musculares (Bass *et al.*, 1997; Oldham *et al.*, 2001).

Los trabajos experimentales realizados por McPherron *et al.*, (1997) en Estados Unidos con ratones, demostraron que la fragmentación y nulificación del Factor de Diferenciación-8 (GDF-8<sup>kn</sup>), causaba el incremento de las masas musculares al doble o triple con respecto a los

---

\* GDF-8 son las siglas del término Growth differentiation factor - 8.

controles normales (figura 7). El GDF-8 parecía actuar como inhibidor del crecimiento muscular por lo que recibió el nombre de "miostatina". La miostatina o GDF-8 (formalmente), como miembro de la superfamilia TGF $\beta$  desarrolla un importante papel como regulador de los mecanismos de crecimiento y desarrollo del músculo (Mc Pherron, 1997; Vaiman, 1999).

Para determinar la función biológica de la miostatina, indujeron la formación de ratones mutantes con la introducción de un genoma alterado artificialmente (PCR para oligonucleótidos degenerados e hibridación in situ), que codificara la síntesis de un GDF-8 carente de la porción biológicamente activa (Oldham *et al.*, 2001). Los animales con el GDF-8 nulificado mostraron un desarrollo más evidente de masas musculares (figura 7), donde el desarrollo superior correspondía a la combinación de hiperplasia e hipertrofia de las células musculares de los mutantes, sin evidencias de anormalidad funcional, distrofia o aumento de tejido graso (Vaiman, 1999). El peso de los músculos individuales fue 2 a 3 veces mayor que en los animales normales. Los resultados demostraron que el GDF-8 actúa principalmente como un regulador negativo del crecimiento del músculo esquelético durante el desarrollo embrionario y en los animales adultos inclusive, lo que le valió la denominación de miostatina (Mc Pherron, 1997; Grobet *et al.*, 1997; Bass *et al.*, 1999; Oldham *et al.*, 2001).

Además, encontraron que dicha alteración (delección) era heredable cuando realizaron el cruzamiento de mutantes homocigóticos con animales del tipo silvestre, logrando la aparición de animales mutantes heterocigóticos (F1) viables y fértiles. La expresión fenotípica entre los tres grupos genotípicos (+/+, +/-, -/-) mostró diferencias de grado independientes al sexo y edad (McPherron *et al.*, 1997; Grobet *et al.*, 1997).

La ausencia de una secuencia de nucleótidos en el DNA del gen de la miostatina ("delección") parecía ser la clave del incremento general en la masa muscular esquelética y esto podría explicar el mecanismo de acción en el bovino. En el mismo año, otros investigadores pudieron establecer mediante la utilización de marcadores genéticos que el gen de la miostatina y el gen hasta entonces conocido como *mb* ocupaban el mismo locus dentro del cromosoma, deduciendo que el gen de la miostatina y el gen de hipertrofia muscular son uno y el mismo

(McPherron *et al.*, 1997; Grobet *et al.*, 1997; Kambadur *et al.*, 1997; Casas *et al.*, 1998; Fahrenkrug *et al.*, 1999).

#### 2.3.14. Asociación de la mutación del gen de la miostatina MSTN murina con el fenotipo "doble músculo" en el bovino

Simultáneamente al trabajo de McPherron *et al.* en los Estados Unidos, Grobet *et al.*, (1997) en Bélgica, secuenciaron regiones específicas del genoma de las células musculares (figura 8) de animales de la raza *Blanco Azul Belga* cármicos (*mh/mh*) y animales con el alelo silvestre (+/+). Al comparar el gen de la miostatina de los individuos con el alelo *mh* y los del alelo silvestre (+), encontraron identidad en la mayor parte de la secuencia con la excepción de un fragmento de 11 pares de bases ausentes (delección) entre el nucleótido 821 y el 831 a partir del codón inicial (Grobet *et al.*, 1997; Fahrenkrug *et al.*, 1999). La delección (figura 8 y 9) genera la interrupción prematura (en el codón 14 después de la delección) en la codificación de síntesis de la miostatina, con efecto en la síntesis de una molécula de miostatina incompleta (figura 10), carente de la porción con actividad biológica (dominio del carboxilo terminal) para el control del crecimiento y desarrollo muscular (Grobet *et al.*, 1998). De acuerdo a la nomenclatura convencional la mutación fue referida como *nt821 (del 11)*. El análisis de segregación reveló la concordancia del fenotipo con el genotipo y la presencia de la mutación. Los toros doble músculo fueron homocigóticos para la mutación *nt821 (del 11)/nt821 (del 11)*, las hembras F1 fueron heterocigóticas, en la descendencia proveniente de la retrocruza: los doble músculo fueron homocigóticos y los normales fueron heterocigóticos para la mutación (Grobet *et al.*, 1997).

El descubrimiento de McPherron *et al.*, (1997) y de Grobet *et al.*, (1997) permitieron establecer que la mutación en el gen de la miostatina (murina y bovina) codifica la síntesis de moléculas incompletas de miostatina (sin actividad biológica) responsables de la manifestación del desarrollo extremo de masas musculares en los bovinos y en los ratones portadores del alelo mutante (denominado como *mh* en bovino, y con el signo "-" en ratones). La localización del alelo encontrada por Grobet *et al.*, (1997) concuerda con el intervalo (2 a 6 cM del marcador más cercano, figura 6) donde Casas *et al.*, (1998) encontraron el locus *mh* en la población descendiente

de híbridos de *Blanco Azul Belga* o de *Piedmontese* (Grobet *et al.*, 1997; McPherron *et al.*, 1997; Grobet *et al.*, 1997).

### 2.3.15. Preaencia del gen de la Miostatina en otras razas y otros tipos de mutaciones en el mismo gen

El fenotipo de doble músculo no es exclusivo de ningún tipo de ganado. Aparece esporádicamente en muchas razas en el mundo y en diferente frecuencia (Fahrenkrug *et al.*, 1999). La hipertrofia muscular se ha observado con más frecuencia en las razas: *Asturiana de los Valles*, *Rubia Gallega* en España; *Gascone*, *Parthenaise*, *Charolais*, *Maine-Anjou*, *Blond d'Aquitaine*, *Limousin* en Francia; *Hereford*, *Aberdeen-Angus*, *Galloway*, *South Devon* en el Reino Unido; *Piedmontese* en Italia y *Moyenne et Haute Belgique* en Bélgica (Mennissier, 1982; Ott, 1990; Arthur, 1995; Grobet *et al.*, 1998).

En América, Weber AD (1934) hace la primer documentación de la característica doble músculo en ganado *Hereford*, *Angus* y *Galloway*, en los Estados Unidos. La característica generó mayor interés debido al aumento en la frecuencia de aparición, como consecuencia del aumento en las importaciones de ganado de las razas francesas *Charolais*, *Blond d'Aquitaine* y *Limousin* registradas entre 1960 y 1970. El interés mostrado inicialmente por la crianza de este tipo de animales de gran desarrollo muscular decayó gradualmente en el tiempo por la asociación con la dificultad al parto (Ott, 1990).

En 1997 en los Estados Unidos, Kambadur *et al.*, confirmó la existencia de una nueva mutación, distinta a las conocidas en el gen de la miostatina de ejemplares doble músculo de la raza *Piedmontese* (Kambadur *et al.*, 1997; Casas *et al.*, 1998;1999). Al mismo tiempo en Europa Grobet *et al.* determinaron la secuencia completa del gen de la miostatina bovina en 10 razas europeas donde se conocía la aparición de ocurrencia de una alta a moderada frecuencia. Las razas estudiadas fueron: *Blanco Azul Belga*, *Blonde d'Aquitaine*, *Charolais*, *Gascone*, *Limousin*, *Maine-Anjou*, *Parthenaise*, *Asturiana de los Valles*, *Rubia Gallega* y *Piedmontese* (Grobet *et al.*, 1998). El estudio de la secuencia nucleotídica del gen de miostatina, permitió definir su estructura molecular (figura 8), compuesta por 3 regiones o secuencias codificantes ó *exones* sumando un

total de 17,417 pares de bases. Entre los *exones* se encuentran intercaladas 2 secuencias no codificantes ó *intrones* que interrumpen la secuencia codificante. En el estudio, se detectaron 6 tipos diferentes de mutación, a lo largo de la secuencia codificante de los 3 *exones* (Grobet *et al.*, 1998). La mutación *nt821(del11)* responsable de la manifestación del doble músculo en la raza *Blanco Azul Belga* es la misma la misma (figura 9) que causa el mismo efecto en las razas españolas *Asturiana de los Valles* (Dunner *et al.*, 1997), *Rubia Gallega* y la raza francesa *Parthenaise* (Grobet *et al.*, 1997). En algunas razas se pudo encontrar más de una mutación como en la raza *Maine-Anjou*. En las razas *Limousin* y *Blond d'Aquitaine* la muscularidad manifiesta no pudo explicarse por ninguna de las 6 mutación identificadas (Grobet *et al.*, 1998). Los resultados desvanecieron la hipótesis de Mennisier (1982) de que el carácter doble músculo hubiera sido originado por una mutación en el ganado *Shorthorn* y posteriormente difundido a otras razas (Mennisier, 1982; Grobet *et al.*, 1998). En el Reino Unido, Wiener *et al.*, (2001) identificaron la misma mutación *nt821(del 11)* del ganado Blanco Azul Belga en una población de ganado *South Devon*.

Los resultados publicados en diferentes países con varias razas han enriquecido el conocimiento de los mecanismos de acción de las mutaciones del gen de la miostatina (cuadro 15, figura 11). Las conclusiones de gran parte de los resultados publicados a la fecha pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Se han encontrado más de u solo tipo de mutaciones en el gen de la miostatina bovina en diferentes razas europeas. Hasta la fecha las mutaciones conocidas son: *F94L*, *nt374-51(T-C)*, *nt374-50 (G-A)*, *nt374-16 (del 1)*, *nt419 (del 7-ins 10)*, *nt414(C-T)*, *Q204X*, *E226X*, *nt748-78(del 1)*, *nt821(del 11)*, *C313Y*, *E291X*, *S105C*, *D182N* (Dunner *et al.*, 1997; Kambadur *et al.*, 1997; Grobet *et al.*, 1997; 1998; Casas *et al.*, 1998, 1999; Bass *et al.*, 1999; Fahrenkrug *et al.*, 1999; Wiener *et al.*, 2001; Dvoorak *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 2003).
2. Todas las mutaciones conocidas hasta el momento han sido agrupadas siguiendo diferentes criterios. De acuerdo al efecto producido sobre la síntesis de miostatina las mutaciones pueden ser *inactivantes*, *silenciosas*, *conservativas*, *silenciosas* y *neutras*. Por su localización en el gen (figura 10) pueden ubicarse en cualquiera de los 3 *exones* (secuencias codificables) o en los 2 *intrones* (secuencias no codificables). Por el tipo de cambio producido en la secuencia de nucleótidos pueden ser *delecciones* (ausencia de bases nucleotídicas), *transversiones* (sustitución

de una base púrica por una pirimídica y viceversa) y *transiciones* (sustitución de una base por otra de la misma naturaleza) (Grobet *et al.*, 1998; Miranda *et al.*, 2003).

3. Las mutaciones que se manifiestan con el fenotipo del doble músculo generalmente son las que recorren la secuencia de lectura en el DNA para la síntesis de miostatina, ocasionando una lectura errónea o la aparición prematura de un codón de finalización de lectura (Grobet *et al.*, 1998; Kambadur *et al.*, 1997; Casas *et al.*, 1999).
4. Algunas razas pueden compartir el mismo tipo de mutación como es el caso de la mutación *nt821(del 11)* en las razas *Blanco Azul Belga*, *Asturiana de Valles*, *Rubia Gallega*, *Partenaise y South Devon*. La mutación corresponde a la ausencia de 11 pares de bases, causando la aparición prematura de un codón de finalización en el codón 14 después de dicha delección. El resultado es la síntesis de una molécula carente de la molécula con actividad biológica (Dunner *et al.*, 1997; Grobet *et al.*, 1998; Wiener *et al.*, 2001).
5. El gen de la miostatina del ganado *Blanco Azul Belga* también presenta la mutación *neutra nt374-51(T-C)* en el *intrón* número 1, que no es manifiesta debido a su localización en la secuencia no codificable del gen (Grobet *et al.*, 1998).
6. En la raza *Piedmontese*, el efecto por la mutación en el gen es similar al fenotipo de otras razas como el *Blanco Azul Belga*, sin embargo el mecanismo de inactivación de la miostatina es diferente. En esta raza la mutación en el gen *MSTN* (mutación denominada como *C313Y*) consiste en la sustitución de una Guanina por una Adenina del DNA, que codifica la síntesis de miostatina con la sustitución de una Cisteína por una Tirosina. El resultado es la pérdida de estabilidad tridimensional de la molécula (Casas *et al.*, 1998; Kambadur *et al.*, 1997).
7. En algunas razas donde aparecen casos de animales doble músculo han podido identificarse más de un tipo de mutación como en el caso de la raza *Maine-Anjou*, *Blond d'Aquitaine y Limousin* (Grobet *et al.*, 1998).
8. Existen algunas mutaciones en el gen de miostatina que aparecen sin ningún efecto biológico en el fenotipo. Por su localización (secuencias no codificantes o *intrones*) no intervienen en la codificación de la síntesis de miostatina, recibiendo el calificativo de *mutación neutra*. Dentro de este grupo se encuentran las mutaciones: *nt374-51(T-C)*, *nt374-50 (G-A)*, *nt374-16 (del 1)*, *nt748-78(del 1)*, que han podido identificarse en las razas *Charolais*, *Limousin*, *Maine-Anjou* (Grobet *et al.*, 1998; Miranda *et al.*, 2003).

9. Algunas mutaciones se presentan en forma silenciosa. Aparecen en la secuencia codificable del gen (*exón*), pero debido a que se sustituye una base por otra del mismo grupo (transición de Citosina por Timina) no alteran la secuencia de lectura del código para la miostatina. En este grupo se encuentra la mutación *nt414(C-T)* identificada en la razas *Maine-Anjou*, *Charolais* y *Limousin* (Grobet *et al.*, 1998; Miranda *et al.*, 2003).
10. Existen evidencias que sugieren la posibilidad de asociación del fenotipo de doble músculo en algunas razas con mutaciones distintas a las identificadas aún desconocidas (Miranda *et al.*, 2003).
11. La mutación *F94L* conocida como mutación *conservativa* se encuentra en la secuencia codificable del *exón* número 1 del gen. Consiste en la *transversión* de bases (Citosina por Adenina) que se traduce en la sustitución de una fenilalanina por una leucina en la miostatina sintetizada, sin que al parecer altere en forma drástica su actividad (Grobet *et al.*, 1998). Se le ha identificado en las razas *Limousin*, *Pirenaica*, *Aubrac* con evidencia de doble músculo, así como también en estado de homocigosis en individuos sin el desarrollo muscular extremo por lo que fue clasificada como mutación *conservativa* (Grobet *et al.*, 1998). Además, recientemente se le ha identificado en heterocigosis con otras mutaciones *inactivantes* con manifestación de hipertrofia muscular similar a la observada en individuos portadores de mutaciones *inactivantes*, por ello también es denominada como mutación de tipo sinónima (Miranda *et al.*, 2003).

#### 2.3.16. Efecto y manifestación de gen. Relación de la transmisión del alelo *mb* con las características productivas en los animales "doble músculo"

La mayoría de los reportes sostienen la noción de la copia simple del alelo (*mb/+*) tiene relativamente efectos importantes en las características de la canal, sin los efectos negativos en la fertilidad comparado con los animales normales sin copias del alelo *mb (+/+)*, (Shahin y Berg, 1985; Arthur, 1995).

Con el fin de establecer los efectos del doble músculo en las características de la canal a finales de la década de los años 70 y principios de los 80, una buena parte de los trabajos se encausaron a la caracterización de la composición de las canales y de los cortes realizados en la 7a costilla de la



canal (figura 3). Como se describió anteriormente muchos de estos trabajos se realizaron en forma comparativa dentro de la raza para determinar las diferencias entre el tipo cárnico y el mixto o convencional (cuadro 7). Algunos trabajos también estudiaron los efectos del cruzamiento de la raza con otras razas del tipo lechero mediante la comparación con los otros dos tipos mencionados. En este apartado se describen algunos de los resultados de dichos trabajos en donde se hace la caracterización del impacto del gen en las características de las canales.

### 2.3.17. Aspectos anatómicos, histológicos y bioquímicos del efecto del gen en la canal de animales jóvenes del tipo *viandeux* (cárnico) y *culard* (mixto)

En el año de 1980, Hanset y colaboradores (1980) caracterizaron la hipertrofia muscular en animales de doble músculo. Determinaron: 1) el grado de hipertrofia de músculos individuales (cuadro 8). 2) el tamaño y número de células en músculos seleccionados (cuadro 9) y 3) contenido de DNA, Nitrógeno total, hidroxiprolina y lípidos totales (cuadro 10). Para el estudio seleccionaron una muestra de 70 animales convencionales (tipo mixto) y 58 del tipo doble músculo, bajo las mismas condiciones de alimentación, alojamiento y edad al sacrificio (12 meses). La toma de muestras de músculo de cada animal se realizaron a las 24 horas del sacrificio a partir del corte al nivel de la 7ª costilla de la canal (figura 4). Al mismo tiempo se tomaron muestras de 2 músculos (*longissimus dorsi* y *latissimus dorsi*) en 43 animales de cada grupo y preparadas para examen histológico y análisis bioquímico. Para determinar la proporción de los distintos músculos, disecaron y pesaron individualmente los 16 músculos del "corte magro" (sin hueso y grasa). Los resultados del pesaje de cada músculo se expresaron como porcentaje del corte en la 7ª costilla para los dos tipos de ganado.

Los hallazgos del trabajo mostraron que la hipertrofia muscular dista de ser uniforme (cuadro 8, figura 3). Los músculos superficiales (especialmente *Mm. cutaneus trunci*, *latissimus dorsi* y *pectoralis ascendens*) están más hipertrofiados que los profundos (*Mm. intercostalis*, *sernatus dorsalis*, *spinalis thoracis*, *multifidus lumborum et thoracis*, y *diaphragma*). A pesar de la heterogeneidad observada entre las proporciones dentro del mismo corte, los autores del estudio señalan un equilibrio entre las regiones del animal al comparar la proporción total de músculos (% magro) entre los cortes de la 7ª (69.67%) y 8ª costilla (59.61%). El examen de microscopía

óptica reveló una proporción significativamente mayor de fibras musculares por campo de observación y menor superficie (sección transversal) para los animales de doble músculo (cuadro 9). En el análisis químico se observó menor contenido lípidos totales y de hidroxiprolina en las muestras de los animales de doble músculo contra los de tipo convencional. El contenido de nitrógeno fue ligeramente mayor para los animales de doble músculo (cuadro 10). Con este trabajo los investigadores pudieron determinar que el aumento en las masas musculares superficiales se debía a un aumento en el número de células musculares con menor diámetro y no a la hipertrofia celular como se creía. Además dicho aumento de masas musculares no es uniforme en el cuerpo del animal.

### 2.3.18. Diferencias en las características de la canal del ganado adulto Blanco Azul Belga del tipo *viandeux* (cárnico) y el *cullard* (mixto)

En el año de 1983 Micheaux y sus colaboradores basados en las observaciones de caracterización de las canales (canal y cortes) de los animales del tipo cárnico y del mixto además de los criterios de selección empleados en esa época, deciden llevar a cabo un estudio de caracterización de la canal completa de toros del tipo mixto o convencional y establecer las relaciones con los indicadores vigentes y utilizados en el programa de selección de la raza. El estudio fue fundamentado en la necesidad de comprobar la validez y confiabilidad de algunas características consideradas en las pruebas de progenie (rendimiento al sacrificio, precio de venta en pie, lugar de sección de la canal para evaluación de cortes) que pudieran tener elevada variabilidad o baja confiabilidad (Hanset *et al.*, 1988).

El trabajo se realizó con la disección completa de las canales de 20 toros finalizados de los 7 a los 12 meses de edad, en el marco de la Prueba de Comportamiento *Progeny Test* de 1980-81 en la Estación de Selección Bovina de Ciney de 1980 a 1981 (cuadro 16, figura 12). Los toros fueron elegidos para el sacrificio de acuerdo al precio que cada uno podría haber alcanzado en el mercado, de manera de cubrir la gama de precios vigentes (90 a 118 Francos Belgas/kg). En el momento del sacrificio todas las medias canales fueron trabajadas para separar en su totalidad el tejido muscular, adiposo, conjuntivo, piel y hueso, así mismo la disección de cada uno de los músculos completos (figura 13 y cuadro 16). De la otra mitad de la canal se extrajo el corte

correspondiente a la 7a costilla para cuantificar las proporciones totales de los mismos tejidos y al mismo tiempo hacer la disección de cada uno de los músculos que componen el corte. Los resultados de la composición de la media canal completa aparecen en el cuadro 17 y los de la composición del corte a la 7a costilla aparecen en el cuadro 18. De los resultados observaron que a edad constante de sacrificio el peso de la canal fue variable, sin embargo la proporción fue similar entre los animales. Las correlaciones simples y parciales entre los componentes de la canal y los componentes en el corte en la 7a costilla (cuadro 18) mostraron la relación en diferente grado entre la canal y el corte. Con el grado de significancia en la correlación pudieron distinguir canales de diferente composición con igual peso. La relación entre el peso de los músculos en la canal y el peso de los músculos en el corte a la 7a costilla fue significativa ( $r = 0.55$ ,  $p < 0.05$ ). Sin embargo el valor de correlación resultó moderado debido a la variabilidad del peso de la canal ya que la correlación parcial entre ambas variables no fue significativa. En cuanto a la correlación entre los porcentajes no encontraron correlación. El coeficiente de correlación simple y parcial entre el peso (kg) de 7 músculos de la canal y el peso total (kg) de los músculos de la canal fueron significativos ( $r_{xy} = 0.65$ ,  $r_{xy.c} = 0.45$ ,  $p < 0.01$ ). Los 7 músculos descritos fueron *M. longissimus dorsi*, *M. latissimus dorsi*, *M. pectoralis ascendus*, *M. obliquus externus abdominis*, *M. rectus abdominis*, *M. cutaneus trunci* (figura 13). Los otros músculos no fueron incluidos debido a un elevado coeficiente de variación (>50%) o a su escasa contribución al peso del corte a la 7a costilla. Las correlaciones simples y parciales significativas entre la proporción (%) de los 7 músculos en la canal y en la proporción (%) dentro del corte fueron significativas ( $r_{xy} = 0.59$ ,  $r_{xy.c} = 0.63$ ). La relación (simples y parciales) entre los pesos (kg) de los músculos de la canal y los pesos (kg) de los mismos en el corte fueron significativos ( $r_{xy} = 0.73$ ,  $r_{xy.c} = 0.61$ ,  $p < 0.01$ ). La relación entre ambas proporciones de músculos hipertrofiados fue significativa ( $r_{xy} = 0.53$ ,  $p < 0.05$  y  $r_{xy.c} = 0.60$ ,  $p < 0.01$ ). La relación entre el peso del hueso en la canal y el peso del hueso en el corte fue significativa ( $r_{xy} = 0.84$ ,  $p < 0.05$ ), así como la relación en las proporciones (%) de hueso entre la canal y el corte ( $r_{xy.c} = 0.57$ ,  $p < 0.05$ ). La relación músculo total/hueso, grupo de 7 músculos/hueso y músculos hipertrofiados/hueso determinadas en la canal se correlacionaron significativamente ( $p < 0.01$ ) con las mismas relaciones determinadas en el corte ( $r_{xy} = 0.58$ ,  $r_{xy} = 0.63$ ,  $r_{xy} = 0.68$ ). Para el tejido adiposo no hubo relación entre el peso o proporción de grasa en la canal y con la del corte (Michaux *et al.*, 1983; Hanset *et al.*, 1988).

**2.3.19. Diferencias observadas en el corte de la canal en la séptima costilla entre los tipos *viandeux*, *culard* e híbridos formados con razas lecheras (*Pie-noir*)**

En continuidad con los hallazgos anteriores (Michaux *et al.*, 1984) se realiza en Bélgica un estudio comparativo para determinar las diferencias en un corte de la canal a nivel de la 7ª costilla entre animales de un año de edad, del tipo cárnico (68 animales), del tipo mixto (31 animales) y con híbridos *Blanco Azul Belga x Pie-Noir* (41 animales). Para cada animal sacrificado, se realizaron las disecciones para determinar la proporción de músculo, tejido graso y hueso del corte (figura 14). Los contenidos de proteína muscular y colágena se estimaron mediante la determinación de nitrógeno (x 6.25) e hidroxiprolina (x 7.14). El rendimiento de los animales del tipo cárnico fue del 64.9%, 60.1% para los del tipo mixto y 58.9% para los híbridos (cuadro 11). En el corte practicado en la 7ª costilla la proporción de tejido muscular fue de 72.5% contra 60.6% y 58.9% de los otros grupos. La cantidad de tejido adiposo en los de tipo cárnico fue de 11.01% vs 20.12% y 22.28%, al igual que la proporción de hueso, 16.47% vs 19.27% y 18.60% (Michaux *et al.*, 1984).

## RESULTADOS

### 3.0. EVALUACIÓN DE CAMPO CON LA INFORMACIÓN GENERADA DESDE LA INTRODUCCIÓN DE EJEMPLARES PUROS Y LA FORMACION DE HÍBRIDOS EN LOS HATOS COMERCIALES EN MÉXICO

#### 3.1. Formación del hato BAB puro en Tamaulipas 1994-95

##### 3.1.1. Resultados del programa de transferencia de embriones BAB importados

De los registros correspondientes a las actividades realizadas durante el primer programa de transferencia embrionaria (1994), de los 65 embriones importados sólo 56 resultaron viables después de ser evaluados. Para la transferencias de los embriones aptos se dispuso del 57.6% de las vacas candidatas a receptoras (cuadro 19) que fueron sincronizadas previamente (99 vacas). Las vacas seleccionada se eligieron de acuerdo a los criterios preestablecidos señalados por Ávila y Ortiz (1994b) eliminando a las vacas con manifestación tardía, dudosa o ausencias de signos estrales o por la ausencia de un cuerpo lúteo funcional evidente mayor a 2 centímetros de diámetro.

La tasa de preñez para la técnica de transferencia fue del 35.71% (20 vacas). De las gestaciones logradas el 10% de las gestantes tuvieron abortos y el 90% (18 vacas) llegó a término al parto (cuadro 19). De las 18 gestaciones a término resultaron 16 crías vivas que representan 28.6% del total de transferencias (16/56).

##### 3.1.2. Resultados con los partos atendidos mediante intervención cesárea

En el cuadro 20 aparecen los resultados acumulados de 29 partos en vacas receptores de embriones con 1 distocia (resulta con tracción forzada) y 28 partos asistidos por intervención cesárea a lo largo de tres años de pariciones. En las dos primeras pariciones se estableció como principio, permitir el desarrollo natural del parto para comprobar el grado de distocia documentado para la raza y verificar la factibilidad de resolución por extracción forzada del

becerro. La primera se resolvió mediante tracción forzada a diferencia de lo ocurrido en la siguiente, donde no pudo resolverse con tracción forzada o con cesárea, con desenlace desfavorable para la vaca y su producto. Con el avance del parto se comprobó que la razón de la distocia obedece a la desproporción ósea de la cadera fetal con las dimensiones del canal del parto, dificultados por el temperamento difícil de las vacas. Del fenómeno observado, se recurrió a la atención quirúrgica de los partos siguientes.

En el recuento total de los tres años, la mortalidad para adultos en cirugía fue del 7.1% (2 muertes) y el 92.85% de sobrevivientes (26 vacas). Del total de vacas supervivientes, el 11.54% fue eliminado por complicaciones posquirúrgicas y el 88.46% (23 vacas) volvieron a quedar gestante en programas reproductivos posteriores.

En el balance de 29 partos expresado como número de crías logradas en tres años (cuadro 20), sobrevivió el 86.21% de las crías (25 crías) con bajas por mortalidad global del 13.8%, entre mortinatos, muerte durante la intervención y muerte perinatal. Por año, la supervivencia en crías después de la intervención cesáreas y del periodo perinatal fue del 88.89% para el primer año, 100% para el segundo y 71.43% para el tercero.

La duración media de la gestación para fue de 282.33 días (281.77 días para las hembras y 282.88 días para los machos). La gestación de menor duración fue de 276 días (2 casos) y la de mayor duración fue de 291 días (1 caso). Los dos casos de mayor duración 290 y 291 días ocurrieron en el becerro muerto dentro de las primeras 72 horas de vida y en un becerro dispuesto incorrectamente en el abdomen materno, respectivamente. En los becerros fallecidos, el examen anatomopatológico postmortem reveló la presencia de lesiones sugerentes de miopatía degenerativa atribuible a deficiencias de vitamina E y Selenio.

### **3.1.3. Resultados en el seguimiento al comportamiento productivo de los ejemplares puros**

En el cuadro 21 aparece el resumen de los pesajes realizados a los ejemplares nacidos en el rancho La Esperanza, en Tamaulipas a finales de 1995 y principios de 1996, al momento de nacimiento, el destete y al año. Del total de animales nacidos el promedio general de peso al nacer

fue de 47.23 kg . El promedio general para los machos fue de 51.33 kg (n=6) y 43.7 kg para hembras (n=7), con desviación estándar mayor en los machos (4.08 vs 3.59 kg).

El promedio general de peso a 205 días para todo el grupo fue de 240.59 kg con promedio de 244.34 kg para los machos y 234.31 kg para las hembras. El promedio general para las hembras fue mayor que para los machos (cuadro 21). El promedio de ganancias diarias de peso (GDP) durante la lactancia fue de 0.940 kg para el grupo, con promedio de 0.946 kg para machos y 0.927 kg para las hembras.

Los promedios generales para el peso a 365 días de edad fueron de 309.55 kg con 317.06 kg para machos y 305.04 kg para las hembras. El promedio de ganancia diaria de peso del destete al año se redujo en un 46.64% con respecto a la GDP observada durante la lactancia. El promedio general en la GDP de los machos se redujo en 49.39% con respecto a lo observado durante la lactancia en tanto que la reducción en el promedio general de GDP para las hembras fue de 45.47% con respecto al promedio mostrado durante la lactancia. La diferencia de la reducción entre ambos sexos fue 10.9% mayor para los machos (cuadro 21).

#### **3.1.4. Resultados en las etapas sucesivas de multiplicación por transferencia embrionaria de los embriones puros nacidos en México en el año de 1994-95**

De las 8 becerras nacidas de diciembre de 1995-96, el hato se redujo a 5 hembras debido a 3 bajas, dos por causas accidentales y una hembra junto con dos de los machos, se trasladaron a la UNAM como parte de un convenio previo. De 1997 al 2000, se realizaron un total de 6 programas de ovulación múltiple o "superovulación" para la obtención de embriones (cuadro 22). El primer programa (programa I) se realizó en octubre-noviembre de 1997. El segundo y tercero (programas II y III) en abril-octubre de 1998, y los tres restantes (IV, V, VI) en enero-febrero, abril-mayo, septiembre-octubre del año 2000. De los 6 programas referidos, 3 de ellos han sido para la transferencia y 3 exclusivamente para la colección de embriones. En los programas I y III, los embriones colectados se transfirieron directamente como "embriones frescos" en vacas receptoras sincronizadas. En los programas II, IV, V, los embriones obtenidos fueron congelados como reserva. En el programa VI se transfirieron embriones frescos y congelados.

De los 6 programas superovulatorios resultó un total de 56 embriones provenientes de 4 de las 5 hembras donadoras existentes, debido a que una de ellas fue descartada por la cronicidad de complicaciones respiratorias. El promedio de embriones por donadora fue de 14 embriones durante los 6 programas y 2.24 embriones por donadora en cada programa.

De la totalidad de embriones disponibles se transfirieron 27, de los que han resultado 14 gestaciones (51.85%) confirmadas con el diagnóstico de gestación a 45 días y llegando a término 11 de ellas (40.74%). Para la transferencia de 27 embriones se sincronizaron inicialmente 91 vacas, de las cuales se eligieron 52 por haber manifestado actividad estral con la reducción final a 27 del número de receptoras efectivas, de acuerdo a los hallazgos del examen clínico reproductivo y a la disponibilidad de embriones en cada programa (cuadro 22).

El programa I (26 de octubre a 7 de noviembre de 1997) se llevó a cabo con 4 vaquillas donadoras de la raza Blanco Azul Belga y 38 vacas de las razas Brahman, Simmental x Brahman y cruza como receptoras de embriones, de las cuales se eligieron 17 (44.73%). Se obtuvieron 6 embriones y 7 óvulos degenerados. Todos los embriones provinieron de una sola donadora. La segunda hembra produjo 7 óvulos degenerados. Las dos restantes, fueron tratadas para superovulación y sólo se inseminó una de ellas, ya que la última no mostró manifestaciones de estro. Los 6 embriones frescos de la raza Blanco Azul Belga obtenidos fueron transferidos en igual número de receptoras. Para las 11 restantes se descongelaron igual número de embriones de la raza Limousin existentes como reserva. De las 6 vacas receptoras a las que se transfirieron los embriones de la raza Blanco Azul Belga, 4 siguieron la gestación a término (66.66%) y 2 reabsorbieron el embrión (33.33%). Las particiones de las vacas gestantes a término ocurrieron en el mes de julio-agosto de 1998 (cuadro 22), mediante la atención quirúrgica de las vacas con la técnica descrita anteriormente.

El programa II (abril de 1998) se realizó únicamente para superovular, inseminar, colectar y congelar embriones sin la sincronización de vacas receptoras, debido a la proximidad de los meses más calurosos del año en la región. De las 4 vaquillas tratadas en este programa 3 (75%)



respondieron favorablemente con una producción total de 10 embriones cuyo destino fue la congelación. Dos hembras dieron 2 embriones cada una y la otra produjo 6 embriones.

En el programa III (septiembre-octubre 98) las 5 vaquillas BAB fueron superovuladas e inseminadas y se sincronizaron 17 receptoras de las mismas composiciones raciales en el programa I. En el tratamiento de superovulación, solamente una (20%) de las 5 hembras respondió con la producción de 3 embriones. Para el empleo de las 17 receptoras se colocaron los 3 embriones frescos obtenidos y los 10 embriones de la reserva (congelados en el programa II) y se completaron con otros 4 embriones congelados de la raza Limousin existentes. De las 17 receptoras transferidas no hubo ninguna gestación.

En el programa IV (enero-febrero del 2000) 4 donadoras fueron superovuladas exclusivamente para colección y congelación de embriones. A partir de este programa se adicionó en el protocolo de tratamiento la aplicación de una dosis de somatotropina bovina 4 días antes de iniciar la superovulación, con el propósito de aumentar los niveles energéticos de la donadora. Del tratamiento superovulatorio sólo 3 hembras (75%) respondieron con 19 embriones, dos con 5 cada una y la otra con 9.

El programa V al igual que el anterior sólo se trabajó para obtención y congelación de embriones. En este programa 3 de las 4 donadoras respondieron con 12 embriones. La primera con 2 embriones, la segunda con 3 y la última con 7.

En el programa VI (septiembre-octubre 2000) se trabajaron las mismas 4 donadoras y se sincronizaron 36 receptoras para transferencia, de las cuales se utilizaron finalmente a 18 (50%). De la superovulación se obtuvieron 6 embriones frescos de 3 donadoras (2 cada una) mismos que se transfirieron junto con otros 12 embriones congelados de la reserva (18 totales). De las 18 transferencias, 1 receptora (5.55%) abortó después de los 45 días y las otras 7 (38.9%) culminaron la gestación en forma normal. De este programa resultaron las nacencias ocurridas en el año 2001 (cuadro 22). Al igual que en los partos anteriores se utilizó la misma técnica quirúrgica. De las 7 gestaciones a término, 5 partos finalizaron favorablemente (71.42%). La cría del cuarto parto nació muerta y la cría del último parto nació con signología de debilidad extrema causando baja

dentro del lapso menor a las 72 horas. En el examen anatomopatológico postmortem se confirmó la existencia de lesiones compatibles con miopatía degenerativa por deficiencias de vitamina E y selenio.

En las figuras 15 y 16 se observa la genealogía de los embriones nacidos en México con los Toros I.A. utilizados en Bélgica. Las figuras muestran el parentesco de las nacencias de 1995-96, 1998 y 2001 con las generaciones progenitoras y sus relaciones. Los toros que aparecen dentro de la genealogía (*Ministre, Reveur, Riant, Opticien, Olaf, Galopeur y Christophe*) fueron los Toros I.A. de mayor uso es su momento dentro del hato de pie de cría en Bélgica. La descendencia disponible en México proviene de los toros con valor superior a los 100 puntos de acuerdo al Índice Multicaracter. La figura 15 describe la relación y parentesco de la primer generación con los toros fundadores de la raza (*Ganache, Gedeon, Christophe*).

### **3.1.5. Cruzamientos para la obtención de becerros híbridos BAB e híbridos comerciales**

La híbridos BAB nacidos entre 1995 al año 2000, incluidos en la presente evaluación surgieron de las inseminaciones realizadas de 1994 a 1996 con el semen de importación y de las montas e inseminaciones realizadas de 1997 a 1999 con los toros BAB puros nacidos en México. La muestra de híbridos acumulada en el periodo 1995-2000 fue de 204 animales, de los cuales el 35% proviene de las importaciones de semen y el 65% desciende de los toros nacidos en México.

## **3.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS HÍBRIDOS DE LA RAZA BLANCO AZUL BELGA**

### **3.2.1. Descripción general del comportamiento productivo de los híbridos en el hato comercial**

#### **3.2.1.1. Promedios generales de peso al nacimiento**

En el cuadro 23 se presentan los promedios generales de peso al nacimiento, desviaciones estándar, coeficientes de variación y otras medidas de tendencia central para el grupo en general (n=877) y por sexos. Los resultados obtenidos de acuerdo al sexo se muestran agrupados de

acuerdo al grado de composición de la raza paterna, incluyendo además los ejemplares Blanco Azul Belga puros.

La diferencia de peso al nacimiento entre ambos sexos fue de 1.76 kilogramos en promedio. En el grupo de machos, los becerros más pesados fueron los BAB puros (51.33 kg) seguidos de los Beefmaster puros (37.96 kg), los híbridos BAB (36.63 kg), los Simmental (35.40 kg). La diferencia entre los ejemplares BAB puros nacidos por cesárea con respecto a los más pesados nacidos en forma natural fue de 13.0 y 14.7 kilogramos (grupo de Beefmaster e híbridos de BAB, respectivamente). Los pesos al nacimiento de los híbridos BAB fueron intermedios entre los Beefmaster puros (1.09 kilogramos) y los híbridos Simmental (1.23 kg). La mayor diferencia en el paso al nacimiento fue con el de los híbridos de Limousin (2.57 kg). En el grupo de hembras, al igual las becerras más pesadas al nacimiento fueron las BAB puras, con una diferencia de 9.02 y 8.1 kilogramos con respecto a los grupos más pesados (híbridas BAB y Beefmaster puras, respectivamente). Los pesos al nacimiento de las becerras híbridas BAB fueron mayores del resto de las hembras. La diferencia con el siguiente grupo (Beefmaster puras) fue de 0.92 kg y la diferencia con las más distantes fue de 2.57 kg (Limousin puras).

Los pesos al nacimiento de los becerros BAB puros, los Beefmaster puros y los híbridos BAB tienden a ser mayores (en desviaciones estándar) que la media para los machos en su conjunto (media 0), mientras que los grupos restantes tienden a ser inferiores (cuadro 23). La distancia de los pesos de los machos BAB con respecto a la media, es mayor que las observadas en los otros grupos. La distancia de los híbridos BAB con respecto a la media, fue intermedia a la observada para los Beefmaster puros y los híbridos de Simmental. En el grupo de hembras las más distantes de la media para el conjunto de hembras, fueron las becerras de la raza BAB, seguidas de las híbridas BAB y las Beefmaster puras. La media de las BAB puras difirió en más de una unidad estándar con respecto a la media general de hembras mientras que las diferencias de las híbridas fue inferior a una unidad estándar.

### **3.2.1.2. Promedios generales de peso a los 205 días de edad (destete)**

Los resultados en el cuadro 24 se muestran agrupados por sexo y dentro de cada sexo en subgrupos de acuerdo a la composición racial. La diferencia de pesos entre machos y hembras de todo el grupo fue de 7.4 kilogramos. En los híbridos BAB, la diferencia entre los machos y las hembras fue de 10.7 kilos. Dentro del grupo de machos (cuadro 24), los becerros más pesados fueron los Beefmaster puros, seguidos de los híbridos BAB. La diferencia de peso a los 205 días entre estos dos grupos fue de 1.85 kilogramos. La diferencia de los híbridos BAB con el grupo más cercano (Limousin puros) fue de 15.07 kilos y de 19.86 kilos con el grupo más distante (híbridos Simmental). Las medias estandarizadas de los híbridos BAB y los Beefmaster puros se encuentran por arriba de la media del grupo (media 0) mientras que el resto se colocan por debajo de ésta. En el grupo de hembras, las becerras más pesadas fueron las híbridas de BAB y las Limousin puras. La diferencia entre el grupo de híbridas BAB y las Limousin puras fue de 7.16 kilogramos y de 15.6 kilogramos con respecto a las más distantes (híbridas de Limousin). Los pesos a los 205 días de los híbridos BAB (machos y hembras) fueron comparables a los Beefmaster puros y mayores que los pesos de los Limousin puros, híbridos de Limousin o los híbridos de Simmental.

### **3.2.1.3. Promedio general de ganancias diarias de peso hasta los 205 días**

Las medias generales (cuadro 24) para las ganancias diarias de peso en los híbridos BAB y los Beefmaster puros fueron mayores a los 0.900 kilogramos diarios y por encima de la media general de los machos (valores z positivos). Las medias generales en las ganancias diarias de peso de los híbridos BAB fueron menores a los 100 gramos con respecto a los otros grupos. Dentro del grupo de las hembras, el mayor promedio general para las GDP lo obtuvieron las híbridas de la raza BAB, sin embargo en todos los grupos los promedios fueron inferiores a los 900 gramos.

### **3.2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS HÍBRIDOS EN EL HATO COMERCIAL EN TAMAULIPAS**

#### **3.2.2.1. Análisis de los pesos al nacimiento**

En el cuadro 25 aparecen las medias de Mínimos Cuadrados para de nacimiento de acuerdo con la raza paterna, raza materna y sexo de la cría, incluidos en el modelo. La diferencia entre machos y hembras fue de 1.59 kilogramos ( $p < 0.05$ ).

**Raza del padre.** Las Medias de Mínimos cuadrados para peso al nacimiento de los becerros hijos de toros BAB fueron similares a los de los toros Beefmaster y Simmental. Solamente se observó diferencia de 1.92 kilogramos al nacimiento entre los hijos de los toros BAB y los Limousin ( $p < 0.001$ ).

**Raza de la madre.** De acuerdo con la composición racial de la madre (cuadro 25) los pesos al nacimiento de los becerros hijos de vacas BAB puras, difirieron de los pesos de los demás grupos ( $p < 0.001$ ). No se observaron diferencias en los pesos de los grupos restantes entre sí. Los pesos al nacimiento de las crías de las vacas híbridas de BAB fueron similares a los pesos de las otras crías ( $p > 0.05$ ).

#### **3.2.2.2. Análisis de los pesos a los 205 días de edad**

Para el análisis de medias de Mínimos Cuadrados para de peso a los 205 días de edad se utilizó un modelo lineal incluyendo las variables de raza del padre ( $p < 0.05$ ), de la madre ( $p < 0.0001$ ) y sexo ( $p < 0.001$ ) como causas importantes de variación (cuadro 26). La diferencia observadas en las medias de Mínimos Cuadrados entre sexos fue de 13.5 kilogramos de peso ( $p < 0.001$ ).

**Raza del padre.** La diferencia de la medias de Mínimos Cuadrados (cuadro 26) de los hijos de los toros BAB fue mayor que la de los hijos de toros Limousin ( $p < 0.003$ ) en 24.35 kilogramos. Entre los grupos de hijos de BAB, Simmental y Beefmaster no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

**Raza de la madre.** Las medias de Mínimos Cuadrados (cuadro 26) de los hijos de las vacas BAB fueron solamente difirieron de los hijos de vacas Beefmaster ( $p < 0.05$ ), de Brahman ( $p < 0.01$ ) y de Limousin ( $p < 0.001$ ). La mayor diferencia de medias de Mínimos Cuadrados ocurrió entre los hijos de las vacas BAB y los hijos de las vacas Limousin (71.14 kilogramos). No se encontró diferencia significativa entre los hijos de las vacas BAB, Cruza, Simbrah y Limousin x Brahman.

### **3.2.2.3. Análisis de las ganancias diarias de peso hasta los 205 días de edad**

En el modelo lineal para el análisis de medias de Mínimos Cuadrados para las ganancias diarias de peso (cuadro 27) incluyo raza del padre ( $p < 0.0001$ ), raza de la madre ( $p < 0.0001$ ) y sexo ( $p < 0.05$ ) como variables. Las ganancias diarias de peso de los machos fueron diferentes de las hembras por 0.066 kilogramos ( $p < 0.001$ ).

**Raza del padre.** La media de Mínimos Cuadrados de los hijos de toros BAB diferió significativamente a la de los hijos de toros Limousin en 0.119 kilogramos ( $p < 0.01$ ). No se encontró diferencia entre los hijos de los toros BAB con los de Simmental y Beefmaster (cuadro 27).

**Raza de la madre.** Las medias de Mínimos Cuadrados de los hijos de las vacas BAB solamente difirieron con las de los hijos de las vacas Beefmaster ( $p < 0.05$ ), Brahman ( $p < 0.01$ ) y Limousin ( $p < 0.0001$ ). No se encontró diferencia significativa entre las medias de los hijos de las vacas BAB con los de las Cruza, Simbrah y Limousin x Brahman (cuadro 27).

## **3.3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS HÍBRIDOS DE LA RAZA BLANCO AZUL BELGA EN JALISCO**

### **3.3.3.1. Descripción general**

#### **3.3.3.1.1. Comportamiento durante la crianza**

**Pesos al nacimiento de los híbridos de la raza BAB.** Las medias generales de peso al nacimiento de los híbridos BAB fue de 39.4 kilos. El peso promedio de los becerros de la

cruza INRA95 x Charolais (48 kilogramos) fueron 8.6 kilos mayores que el promedio de los híbridos BAB y 8.0 kilos más que el promedio general del grupo (cuadro 28).

**Pesos al destete de los híbridos de la raza BAB.** Los promedios generales de peso a los 205 días de la craza INRA95 x Charolais fueron los más elevados (235.31 kg) seguidos de la craza BAB x Charolais (233.31 kilogramos). El promedio general de ambas cruzas resultó ser superior a la media general en 13 y 15 kilogramos, respectivamente. En todos los casos la ganancia diaria de peso fue mayor a 1.0 kilogramos (cuadro 28).

**Pesos al año de edad de los híbridos de la raza BAB.** El promedio general de peso al año en la craza la craza INRA95 x Charolais (414.99 kilogramos) fue mayor que todas las cruzas de BAB y 37.43 kilos mayor al promedio general de todo el grupo (cuadro 29). La totalidad de los híbridos de BAB mostraron un peso superior a los 360 kilogramos de peso a los 365 días.

### **3.3.3.1.2. Comportamiento productivo al sacrificio de híbridos BAB en el XII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de canales en Jalisco 2001**

La media general para el grupo de las 19 vaquillas que concursaron en la categoría de vaquillas fue de 567.95 kilogramos de peso vivo al momento de sacrificio, 404.13 kilogramos de peso en canal con rendimiento en canal de 70.92% (cuadro 30). El promedio general del peso al sacrificio de las hembras hijas de toros BAB fue 16.55% (83.8kg) mayor al de los controles y 3.88% (22.05 kg) mayor a la media del grupo de vaquillas. El rendimiento en canal fue 20.05% (70.61%) mayor al rendimiento promedio de los controles y 4.59% (18.6 kg) mayor a la media del grupo de vaquillas. En la figura 18 aparece la vaquilla con mayor rendimiento en canal (76.63%) y 576 kg en pie.

En el grupo de toretes el promedio de peso al sacrificio fue de 543.79 kilogramos, 370.21 kilogramos de peso de la canal y 68.04% de rendimiento en canal (cuadro 30). En la figura 17 se observa la conformación del macho más pesado (725 kg) y de mayor rendimiento (72.70%), Los híbridos de la raza BAB mostraron una diferencia en el peso al sacrificio de 4.53% (24.45 kg)

mayor al de los controles y 3.53% (19.21 kg) con respecto a la media del grupo. El peso de la canal la diferencia fue 3.03% (11.18 kg) mayor a los controles y 2.37%(8.8 kg) mayor a la media general del grupo

La media general en el grupo de toros fue 668.11 kilogramos de peso al sacrificio, 461 kg de peso de la canal y 68.94% de rendimiento en canal. La media general de peso al sacrificio de los híbridos BAB fue 5.41% (34.92 kg) mayor a la media de los controles y 1.74% (11.64 kg) mayor a la media del grupo. El peso de la canal fue 7.31% (32.22 kg) mayor con respecto a los controles y 2.32% (10.74 kg) mayor a la media del grupo de toros (cuadro 30).

### **Resultados de los híbridos BAB en los resultados generales del Concurso de Rendimiento de Ganado y Clasificación de canales en Jalisco de 1994 al 2001**

La participación de ejemplares híbridos de la raza en este evento ha ocurrido desde el año de 1994 (V versión). En el periodo de 1994 al 2001 se han registrado a concurso un total de 496 ejemplares de diferentes cruzamientos raciales. En la categoría de Vaquillas participaron 151 (30.44%) hembras, 148 toretes (29.83%) en la categoría Peso controlado o toretes y 197 adultos (39.71%) en la categoría libre (toros y vacas) en los 8 años.

Del total de participación (496 animales) los híbridos BAB figuraron en el 9.67% (48 híbridos BAB), repartidos en el mismo periodo. De los 48 híbridos BAB concurrentes, 35 animales provienen de la Ganadera Uberaba y los 13 restantes de otras ganaderías de Jalisco. Los híbridos concursantes en las diferentes ganaderías corresponden a cruza de la raza BAB con las razas Brahman, Brangus, Charolais, Limousin, Indobrasil, Nelore, Simbrah, Santa Gertudis, Holstein y otras cruza terminales, donde el cruzamiento más popular fue el de la raza BAB x Limousin con 23 ejemplares.

De acuerdo a los resultados de los concursos proporcionados por el propietario de la Ganadera Uberaba, 74 ejemplares de los 496 concursantes de 1994 al 2001 (14.91%) fueron ejemplares con rendimiento en canal superior al 70%. Considerando los ejemplares con rendimiento en canal mayor a 70% la proporción de híbridos BAB fue del 64.86% (48 híbridos) y



el 35.14 % (26 animales) estuvo representado por ejemplares puros de la raza Limousin y otras cruizas.

En el cuadro 31 aparecen el total de participantes por año al evento de 1994 al 2001 y el promedio general de peso al sacrificio, peso en canal y rendimiento en canal de todos los participantes, así como los promedios generales y desviaciones estándar de peso al sacrificio, peso de la canal y rendimiento en canal observados en los ejemplares híbridos de la raza BAB (48 animales) en cada año. En la gráfica 13 aparece la evolución del rendimiento porcentual en canal del evento del grupo de híbridos BAB y del resto de participantes.

En los dos primeros años de incursión de los híbridos BAB (1994 y 1995) participaron dos, uno por año, con pesos al sacrificio y peso de la canal inferiores a la media general de todos los participantes. En ambos casos el rendimiento en canal fue mayor a la media observada en cada evento 70.7% vs 64.79% (1994) y 71.78% vs 65.23% (1995), respectivamente (cuadro 31). En el tercer (1996) y cuarto año (1997) concursaron 2 y 3 híbridos BAB para cada caso, con promedios generales de peso al sacrificio inferior a la media general del grupo (-24.61kg), pero con mayores pesos de canal (+8.51kg) y rendimientos (+4.93%) en canal mayores a la media del evento (gráfica 3).

En el año de 1998 los 9 concursantes de la raza BAB obtuvieron promedios generales de peso al sacrificio, peso de canal y rendimiento por arriba de la media del evento (cuadro 31, gráficas 3). La diferencia de los promedios generales de peso al sacrificio, de la canal y rendimiento en canal de los híbridos BAB fueron mayores a los promedios generales del grupo de participantes (+46.0 kg, +53.1 kg y +3.76%, respectivamente). El número de participantes de híbridos BAB de 1999 fue menor al de 1998 (3 ejemplares). Los promedios generales de peso al sacrificio, peso de la canal y rendimiento en canal de los ejemplares 3 híbridos BAB fueron mayores a los promedios generales del grupo de concursantes (+26.4kg, +44.23kg y +4.33%, respectivamente).

Los promedios generales de peso al sacrificio, peso de la canal y rendimiento en canal de los 11 ejemplares híbridos BAB en el 2000 (cuadro 31), fueron igualmente superiores al promedio general del grupo (+52.41kg, +54.38kg y 3.04%, respectivamente). En forma similar se

observaron diferencias entre los promedios generales de los 18 híbridos BAB y el promedio general de todo el grupo en el año 2001 (+34.77kg, +39.0kg y +2.34%).

TESIS CON  
FALLA EN ORIGEN  
DE LA

## DISCUSIÓN

### **Programa de introducción de embriones BAB puros a México**

El alcance que se pueden esperar de la técnica de la transferencia embrionaria como un método de reproducción, depende de factores múltiples que pueden influir a lo largo de su procedimiento. Desde la superovulación de las vacas donadoras, la colección y congelación de embriones hasta la descongelación, rehidratación, evaluación y transferencia de embriones en la receptora. Adicionalmente, los criterios establecidos para seleccionar las vacas receptoras y el grado de sincronía entre el tiempo transcurrido desde el calor de la vaca hasta el día de la transferencia con la edad del embrión, son determinantes para la viabilidad de los embriones. Eldsen (1985; 1987) y Munar *et al.* (1992) reconocen que es al mismo tiempo un procedimiento complejo que amerita el apego a normas específicas, en algunos de sus puntos críticos para lograr las tasas de preñez establecidas internacionalmente como aceptables, del 50 a 55% para embriones congelados y del 55 al 58% para embriones transferidos en fresco.

Los criterios propuestos Avila (1994a), Munar *et al.*, 1992 y Ávila y Ortiz (1994b) en cuanto a la selección de candidatas para receptoras de embrión, señalan que en los programas de transferencia de embriones el porcentaje promedio de eliminación de vientres aceptable debe ser del 20 a 25% de acuerdo con el grado de exigencia del transferencista. En los resultados del programa de transferencia de embriones BAB importados y transferidos en 1994-95, el número de vacas descartadas como receptoras del 43.43% obedece a la disponibilidad de 56 embriones viables (56.57%) después de ser evaluados según los criterios establecidos por Eldsen (1985), Lindnder y Wright (1983) y Touati (1993).

La tasa de preñez del 35.71% del primer programa (1994-95) difieren al 55.29% obtenido por Vargas *et al.*, (1996) con embriones congelados en el altiplano mexicano y los resultados Touati (1993) en Bélgica con ganado BAB con tasa de preñez del 55.6 a 59.5%. Las diferencias de los resultados están relacionadas con tipo de ganado, las diferencias en las técnicas empleadas, las diferencias de los sistemas de alimentación y a las condiciones climáticas de cada lugar. Los trabajos de Flamembaum (1997, 1998) realizados con ganado bovino en Florida e Israel,

asociaron el estrés térmico (medido a través del Índice de Temperatura Humedad ITH con la muerte embrionaria. Los resultados de Flamembaum (1997) señalan que el efecto del estrés calórico retardan la velocidad de división celular de las mórulas, el número de blastómeros desarrollados, el peso de los embriones y la tasa de preñez de la vaca.

En un trabajo previo a este estudio y en el mismo lugar (rancho La Esperanza, Tamaulipas), Rodríguez (1999) encontró la asociación positiva entre la tasa de no gestación de 5 programas de transferencia embrionaria realizados a la fecha, con las temperaturas ambientales registradas al realizar la transferencia ( $p < 0.001$ ) y con la velocidad del viento ( $p < 0.001$ ) y relación negativa con la humedad ( $p < 0.0001$ ) mediante un análisis de correlación. Los resultados de Flamembaum (1997), los resultados del trabajo previo en el mismo lugar y las temperaturas registradas en los programas del presente estudio (35 a 40° C) sugieren la existencia de una relación con las condiciones del clima días previos y posteriores al día de las transferencias, que expliquen en parte las tasas de preñez observadas en los programas realizados de 1995 al 2000.

#### **Programa de nacimientos**

La distocia en las diferentes razas del ganado bovino ha sido documentada por Menniesier (1982), Arthur (1995), Renard *et al.*, (1992) y West (1997), donde la mayoría convergen en que la distocia en el bovino puede tener origen en la madre, la cría o el tipo de toro. Renard *et al.*, (1992) señala que el aumento de la frecuencia de la distocia en algunas razas es el resultado de la selección para modificar las características productivas de los animales. Al respecto menciona que en el ganado lechero la facilidad de parto es importante en la selección, a diferencia de lo que ocurre en las razas cárnicas y en particular algunas de ellas, donde las características de conformación y peso al nacimiento son importantes. En las publicaciones que refieren la frecuencia de distocias de acuerdo con la raza, la mayoría destacan la mayor frecuencia ocurre en las razas donde aparece el doble músculo. Allen y Lienard (1992) señalan para la raza Piedmontese que puede alcanzar el 70% en hatos observados en Francia. Arthur (1995) comparó en Francia las diferencias entre la frecuencia de distocias en el ganado Charolais con fenotipo de doble músculo y el normal, con promedios de 85% y 43%, respectivamente. El mismo autor en Canadá, encontró que en ganado de cruza de varias razas con y con doble músculo la frecuencia fue del 27% a diferencia del 10%

en el ganado normal. En la primer época de partos de las vacas receptoras de embrión en Tamaulipas, los dos primeros casos resultaron en distocias de los cuales solo el primero pudo resolverse favorablemente, a pesar de las dimensiones de las vacas (Beefmaster). Los resultados observados en los dos primeros partos, condujeron a la determinación de intervenir quirúrgicamente los restantes.

En Bélgica, los trabajos realizados por Hanset *et al.*, (1989c) señalan que la frecuencia de distocia en el ganado Blanco Azul Belga de tipo cárnico la distocia es de 87% en el tipo cárnico y del 49% en el convencional. Sin embargo, debido a las presiones del mercado de la carne y los precios alcanzados por los becerros del tipo cárnico (equivalente a 600 dólares en 1994) al nacimiento, dieron un sentido diferente a la aparición de la distocia. En el ganado lechero la *facilidad de parto* es una característica deseable y en muchos casos de eliminación de vaquillas, a diferencia de lo observado con la raza Blanco Azul Belga donde la cesárea es la regla y la dificultad al parto es la excepción, de acuerdo con las conclusiones de Hanset *et al.*, (1989c), Hanset y Machaux (1986), Hanzen *et al.*, (1994) y al respecto señalan que en Bélgica la cesárea es la cirugía más común. Las cifras publicadas por Nicks *et al.*, (1999) mencionan que la cantidad de cesáreas realizadas en vacas para obtener el tipo cárnico fue del 72% en 1986, cuando el valor comercial de los becerros al nacimiento 10 veces mayor que el de la cesárea. En 1994 la frecuencia de cesáreas realizadas en el ganado de tipo cárnico aumentó al 87% y al 90% para 1999.

Con la modificación de la técnica se pudieron resolver las complicaciones presentadas en los primeros partos. Durante los tres periodos de intervención la cosecha acumulada de becerros BAB vivos fue del 86.21% con mortalidad del 13.79%. De acuerdo con Arthur *et al.*, 1989 la cesárea resulta en una opción favorable para atender los casos difíciles en distocia espontáneas, ya que la mortalidad de becerros usualmente es inferior al 10% a diferencia del 30 a 50% de muertes en distocias resueltas por tracción forzada. En el Reino Unido, Anderson (1990) encontró mediante una encuesta realizada que de 511 cesáreas la mortalidad de los becerros fue del 20%. Las cifras de Nicks *et al.*, (1999) estiman porcentajes entre 5 y 7% en Bélgica, debido a que la cesárea se utiliza sistemáticamente y a la vez se programan anticipadamente para prevenir las complicaciones de distocia. Las diferencias en mortalidad observadas en las cesáreas realizadas en Tamaulipas, recaen en las dificultades para sujeción física de los animales durante la intervención, al temperamento de

las vacas (Brahman, Simbrah y Beefmaster) poco familiarizadas a la presencia cercana del hombre y la destreza del cirujano.

La mortalidad materna acumulada en todas las cesáreas realizadas de 1995 al 2001 incluidas en el estudio, fue del 7.14% con sobrevivencia del 92.86%. La mortalidad materna observada se encuentra dentro del 15% señalado por Arthur *et al.*, (1989) para las cesáreas realizadas en un plazo inferior a las 18 horas de iniciado el parto y el porcentaje puede aumentar hasta el 38% si se realiza después de 18 horas de manifestada la distocia. Los resultados fueron similares a los de Patterson *et al.*, (1981) del 7% en 121 cesáreas realizadas en los Estados Unidos y al 11% de 511 cesáreas encontrado por Anderson (1990) en una encuesta realizada en el Reino Unido.

Del total de supervivientes a la intervención cesárea, el porcentaje de eliminación por complicaciones posteriores a la cirugía (infecciones cicatrizales, infertilidad) fue del 11.54%. De acuerdo Hanzen *et al.*, (1994) las consecuencias más frecuentes son las infecciones graves hasta en el 26% de los casos, la reducción de 14 a 26% en la tasa de preñez a primera inseminación, con un promedio de 0.3 unidades adicionales en el número de inseminaciones para la siguiente concepción.

Las vacas viables después de las cesáreas en Tamaulipas (88.46%), mostraron un nuevo parto en forma natural (crías de su propia raza) después de 430.05 días (14.1 meses) en promedio. En los trabajos de Hanset (1989c) relacionados con el efecto del tipo de parto sobre el comportamiento reproductivo posparto de las vacas BAB, encontró diferencias ( $p < 0.001$ ) en el intervalo entre partos de las vacas intervenidas por cesárea de 407 días, con el observado en los partos atendidos sin cesárea en sus distintas modalidades: atendidos por 1 persona (397.1 días), atendidos por dos personas (395.7 días), por tracción forzada (390.3 días). En los intervalos entre partos observados para las otras modalidades no fueron diferentes entre sí.

Los resultados y experiencias surgidas en tres épocas diferentes de nacimiento (1995-96, 1998 y 2001) de crías BAB puras en el territorio nacional, comparados con las experiencias de otros autores en otros países, sugieren que la técnica de intervención cesárea fue adecuada para la formación del hato puro en las circunstancias descritas y la factibilidad de ser replicable. La

utilidad de la técnica queda circunscrita a los nacimientos de ejemplares BAB puros, ya que para el caso de los híbridos BAB formados dentro del hato, la frecuencia de distocias que requirieron asistencia no quirúrgica para ser resueltos fue del 3.4% de los 204 híbridos BAB nacidos entre 1995 al 2000. De las 7 distocias observadas, 4 fueron de ellos son atribuibles a la presentación anormal de la cría (resueltas con maniobras obstétricas) sin relación con las dimensiones de la cría o de la vaca.

### **Multiplicación de los ejemplares BAB puros**

De los programas de superovulación a las hembras BAB nacidas en México, comprendidos entre 1997 al 2000 se obtuvieron 56 embriones de 4 hembras donadoras. El promedio de 2.24 embriones por donadora superovulada contrasta con el promedio de 3.5 embriones para la raza BAB publicado por Touati (1993) en Bélgica y de 4.5 embriones para la raza Limousin obtenida por Wenkoff (1992) en Canadá. Las diferencias pueden explicarse por las diferencias en el sistema de alimentación (en pastoreo *versus* alimentación intensiva), características del clima (entre Canadá, Bélgica y Tamaulipas), edad de los vientres utilizados como receptores y diferencias en las técnicas. La tasa de preñez promedio de 6 programas fue del 51.85%, similar a las cifras ideales de 50 a 58% propuestas como ideales para embriones frescos y congelados por Eldsen (1985; 1987), Avila (1994a), y Munar *et al.* (1992).

Los resultados del primer programa de transferencias, concuerdan con los comentarios de Ávila (1994a), Touati (1993), Romo (1993) hacia la técnica de transferencia embrionaria. En este sentido, la describen como una alternativa reproductiva para multiplicar los individuos con cualidades sobresalientes en las características relacionadas con la producción y de importancia económica en la ganadería de abasto. En el balance final, la aplicación de la técnica permitió la formación de un hato Blanco Azul Belga puro en un hato comercial del trópico mexicano. Los programas superovulatorios de las hembras nacidas en México, replicados en 6 etapas posteriores, así como los nacimientos de las crías de la segunda generación, muestran la viabilidad de las hembras originales que fueron importadas en 1994 de Bélgica.

## Formación y evaluación de los híbridos de la raza Blanco Azul Belga

### Peso al nacimiento

Las medias de Mínimos Cuadrados para peso al nacimiento observados en la descendencia de los toros BAB fueron 1.92 kilos mayores que en los hijos de los toros Limousin y similares a las medias de los hijos de los toros Beefmaster y los Simmental. Lo que sugiere la posibilidad de observar frecuencias de distocia similares al utilizar toros de cualquiera de las razas Beefmaster, Simmental o BAB en cruzamiento con ganado normal. En la V etapa de evaluación de germoplasma en el Clay Center, Cundiff *et al.*, (1995) encontró que los pesos al nacimiento de la descendencia de toros BAB fueron similares a los de Piedmontese y más ligeros que la descendencia de los Brahman. Arthur (1995) señala como la principal causa de distocia, la desproporción materno-fetal debido al tamaño de la hembra (especialmente en vaquillas) o el peso del becerro al nacimiento. En Tamaulipas, los ejemplares puros (hijos de vacas BAB puras) mostraron diferencias con el resto de los híbridos de otras razas. La mayor diferencia se observó entre los BAB puros y los hijos de las vacas BAB x Beefmaster (16.52 kilos) y la menor con los hijos de las vacas de cruza cebuinas (13.86 kilos). Menissier *et al.*, (1982) señala que el peso del becerro al nacimiento, como una medición del tamaño del becerro es el factor de mayor correlación con la dificultad al parto.

La magnitud de las diferencias entre el peso al nacimiento de puros y los híbridos de BAB explican la dificultad al parto en los nacimientos de los ejemplares BAB de Tamaulipas en 1994 y concuerda con los resultados de Casas *et al.*, (1999) al evaluar el efecto del doble músculo en progenies con distintas proporciones raciales de Piedmontese (25%, 50% y 75%) encontró que por cada kilogramo de incremento en el peso al nacimiento la frecuencia de distocia aumenta en 0.7%.

A diferencia de los BAB puros, los pesos al nacimiento de los hijos de vacas F<sub>1</sub>BAB no difirieron de los otros cruzamientos. Las semejanzas entre grupos de híbridos, sugieren que el cruzamiento con la raza BAB no incrementa el peso al nacimiento más de las medias observadas en los otros cruzamientos. En este contexto, Arthur *et al.*, (1988, 1995) encontraron una elevada



frecuencia de distocia en las vacas doble músculo al ser cruzadas con toros doble músculo atribuible en mayor medida a la disminución del diámetro pélvico, más que al peso de la cría. En forma similar, los resultados obtenidos en Jalisco sugieren que la aparente diferencia de peso al nacimiento entre los híbridos INRA95 x Charolais fueron más pesados que los híbridos de BAB en Jalisco. Renard *et al.*, (1992) acota que el ganado INRA95 es una línea francesa paterna sintética de doble músculo y esto posiblemente tenga relación con las apreciaciones de Arthur *et al.*, (1988, 1995) y a lo observado en el cruzamiento con el ganado Charolais en Jalisco. Los resultados de Casas *et al.*, (1999) del análisis de segregación con animales Piedmontese demuestran que las crías con una copia del gen *mh* (*mh/+*) tienen menor peso al nacimiento y ocasionan menor dificultad al parto que las crías con las dos copias del gen (*mh/mh*). En el mismo estudio encontró que las vacas heterocigóticas para el gen (*mh/+*) experimentan mayor frecuencia de distocia si son cruzadas con toros homocigóticos (*mh/mh*).

#### **Peso a 205 días y ganancias diarias de peso**

Los resultados en las medias de Mínimos Cuadrados para peso a los 205 días y las ganancias diarias de peso fueron similares entre los hijos de los toros BAB, Simmental y Beefmaster, lo que puede estar explicado en parte por la desproporción en el número de observaciones entre los grupos. Los pesos de los hijos de toros BAB fueron diferentes de los hijos de toros Limousin con 24.3 kilogramos al destete y 0.119 kg diarios. Los resultados de Cundiff *et al.*, (1995) en las pruebas de evaluación de germoplasma en la V etapa, realizadas en el MARC Clay Center, mostraron que los pesos de la descendencia de los toros BAB, Angus y Hereford fueron similares y a su vez más pesados que los descendientes de toros Piedmontese, Boran y Tuli. Los resultados de Cundiff *et al.*, (1996c) indican que las diferencias en el peso al destete de las crías entre grupos de razas están fuertemente asociados con el potencial genético de crecimiento y la variabilidad en la producción de leche de la vaca de acuerdo con los distintos tipos biológicos. En Jalisco la diferencia marcada en las medias generales de los pesos al nacimiento observadas entre las cruza BAB y las del INRA95 tendieron a desaparecer a lo largo de la lactancia, ya que las diferencias entre los pesos a 205 fueron menos evidentes.

Renard *et al.*, (1992) señala que la característica de peso al destete guarda una estrecha relación con otros factores ambientales y en el caso particular del ganado Limousin han encontrado que la capacidad de consumo es baja y debido a ello el desarrollo muscular es más lento que en otras razas. Los resultados de evaluaciones comparativas realizadas por Hanset (1987) muestran que el peso de los becerros a los 7 meses de edad fue 272.5 kg para los BAB tipo cárnico, 287.9 kg para el BAB mixto, 278.0 kg para el F1 BAB x Friesian y 281.2 kg para el F1 BAB x Meusse Rhin Yssel en sistemas de alimentación intensiva. La diferencia observada para los BAB tipo cárnico en Bélgica, por Hanset (1987) la explica por el efecto hipotrófico del doble músculo en órganos internos, que disminuyen el consumo de alimento. Casas *et al.*, (1999) señala que las tasas de crecimiento postdestete de los animales doble músculo es inferior a la de los animales doble músculo, resultando en peso a la madurez más bajos. En los análisis de segregación encontró que los animales heterocigóticos (*mh/+*) fueron más pesados al destete y al año que los grupos homocigóticos (*mh/mh* o *+/+*). El mismo autor señala que para las poblaciones con indicios de doble músculo (alguna copia del gen) las diferencias observadas en el peso al destete y la tasa de crecimiento durante la lactancia, es un efecto confundido entre las diferencias de miostatina (copias del gen) y los efectos de raza (de otros genes involucrados), ya que los pesos expresados en la crianza están fuertemente influenciados por los efectos maternos y efectos ambientales que fácilmente pueden modificar el comportamiento productivo.

### Comportamiento productivo después del destete

En los resultados del XII concurso de rendimiento de ganado, los pesos al sacrificio y los pesos de las canales observados en las vaquillas BAB fueron mayores que los pesos de los novillos. Lo cual puede ser explicado por las diferencias en la capacidad de depositar grasa a edad más temprana de las hembras. Jones *et al.*, (1986) al comparar canales de novillos y vaquilla los resultados indican que las vaquillas tienden a mostrar un elevado porcentaje de predicción de grasa intermuscular de aquel que muestran los novillos, en todas las categorías de la escala de grado de rendimiento. El rendimiento en canal observado en la categoría de vaquillas concursantes en Jalisco, fue 2% mayor al de los controles. La observación concuerda con apreciaciones previas de Jones *et al.*, (1986), en donde las vaquillas tienen más grasa externa, intermuscular y grasa total de canal que los novillos de igual grado de rendimiento.

Las diferencias aparentes entre el rendimiento de los híbridos BAB en Jalisco, pueden estar explicados por resultados similares de Wheeler et al, (2001) y Cundiff *et al.*, (1995), en las pruebas de evaluación de germoplasma del V ciclo realizadas en el Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center MARC, Clay Center Nebraska del V ciclo. Al evaluar varios tipos de indicadores en las canales de la descendencia de toros de diferentes razas, Cundiff *et al.*, (1995) y Wheeler et al, (2001) concluyen que el mayor beneficio de las razas BAB y Piedmontese es como razas para el cruzamiento terminal y señala las siguientes diferencias:

**Peso al sacrificio.** En el peso al sacrificio (441-444 días) la progenie de los toros Hereford/Angus y BAB fueron más pesados que la progenie de los Brahman, Piedmontese, Boran y Tuli.

**Peso de la canal.** Al comparar diferentes descendencias de toros encontraron que las canales más pesadas fueron las de la descendencia de toros Blanco Azul Belga y Hereford-Angus. El de rendimiento en canal fue mayor en los descendientes de BAB y Piedmontese. Los mayores promedios de peso de carne deshuesada los encontraron en los descendientes de BAB y Piedmontese, seguidos por los Hereford y Angus. En el caso de los Piedmontese aunque los pesos *in vivo* fueron similares a los Hereford y Angus, el rendimiento en canal y en peso de carne deshuesada fue mayor. Las canales de Piedmontese y BAB tuvieron las mayores áreas (ojo de chuleta) de corte del *longissimus dorsi*.

**Cantidad de grasa.** De acuerdo al espesor de grasa dorsal constante los descendientes de BAB y Piedmontese fueron los más pesados, seguidos de los Hereford/Angus y Brahman, Tuli y Boran. Al hacer el ajuste de grasa dorsal, las canales de los Hereford/Angus fueron más pesadas que las de los BAB y Piedmontese. A peso corporal constante las canales con más grasa fueron los Boran, Hereford/Angus y Tuli los Brahman fueron intermedios y los BAB y Piedmontese fueron los de menor grasa ajustada. La cantidad de grasa en la canal fue menor en los BAB y Piedmontese que en los Brahman, Angus, Hereford, Boran y Tuli. En la progenie de los toros Angus, Tuli y Herefor, mayor número de novillos obtuvieron el grado USDA Choice en comparación con la progenie de los Piedmontese, Brahman y BAB.

**Marmoleo.** La calificación promedio de marmoleo fue mejor para la descendencia de los toros Angus, Tuli, Hereford y Boran a diferencia de la progenie de los toros Brahman, Piedmontese y BAB. Ajustando a grado constante de marmoleo, los pesos in vivo y en canal de los BAB fueron los más pesados, seguidos de los Piedmontese, Brahman, Hereford/Angus, Boran y Tuli.

**Terneza.** En las pruebas de terneza y pruebas de terneza en panel sensorial del músculo *longissimus dorsi* (lomo) el resultado fue más favorable para las progenes del BAB, Piedmontese, Angus y Hereford por arriba del Tuli, Boran y Brahman.

En otros países también aparecen publicados trabajos relacionados con las características de la canal en animales doble músculo e híbridos. Los resultados de Hoving-Bolink *et al.*, (1999) en Holanda con híbridos de las razas Piedmontese y Limousin con doble músculo observaron crecimientos más acelerados que otro tipo de ganado. El rápido crecimiento estuvo asociado con un peso mayor de la canal, mejor conformación y mejores cualidades en la palatabilidad.

En Canadá los trabajos de Karima *et al.* (1987) encontraron diferencia en las proporciones de músculo/hueso en las canales de individuos doble músculo DM y normales. Los resultados muestran que la relación músculo/hueso de un animal normal normal es de 5:1, pero en el DM puede incrementarse hasta 7:1 y a veces hasta 9:1 en los casos extremos. De acuerdo a la documentación realizada encontró una relación de 5.2:1 en los híbridos de DM x Brahman, 6.8:1 en Charolais, 6.2:1 en la raza Maine-Anjou.

En Bélgica, Clinnquart *et al.*, (1998) determinó que la relación músculo/hueso en el ganado BAB del tipo cárnico es de 5.6:1 y de 4.2:1 en el tipo mixto. La relación de músculo/grasa para el tipo cárnico es 6.4:1 3.2:1 en el tipo mixto. En gran medida los rendimientos encontrados en los híbridos de razas con doble músculo obedecen al efecto hipotrófico sobre el tejido adiposo y el óseo entre otros y al efecto hipeplásico sobre el tejido muscular del gen de la miostatina demostrado por Ansay y Hanset (1979) y Michaux *et al.*, (1983) en la disección de becerros y de toros BAB cárnicos y mixtos.

De acuerdo con Michaux y Hanset (1985b), las diferencias observables entre los animales puros de tipo cárnico, los de tipo mixto y los híbridos con otras razas, depende del número de copias del gen *mb* presentes en el genotipo. Siendo un gen recesivo, se requieren las dos copias para observar la expresión completa del doble músculo. El cruzamiento de machos *mb/mb* x *mb/mb* determinará un 100% de homocigóticos (*mb/mb*). En el cruzamiento de homocigóticos *mb/mb* resultan una proporción del 50% de becerros cárnicos.

Toro	Vaca	Descendencia		
		<i>mb/mb</i>	<i>mb/+</i>	<i>+/+</i>
<i>mb/mb</i>	x <i>mb/mb</i>	1.0	-	-
<i>mb/mb</i>	x <i>mb/+</i>	0.5	0.5	-
<i>mb/mb</i>	x <i>+/+</i>	-	1.0	-
<i>mb/+</i>	x <i>mb/+</i>	0.25	0.5	0.25
<i>mb/+</i>	x <i>+/+</i>	-	0.5	0.5
Conformación		Cárnico <i>viandeux</i>	Convencional o mixto <i>culard</i>	

Fuente: Hanset (1987).

Casas *et al.*, (1998) al estudiar la descendencia de Piedmontese, tipificada con pruebas de DNA para comprobar la presencia de los alelos del gen de la miostatina, encontró que los animales heterocigóticos (*mb/+*) rinden 20 kilos más de carne magra y 3.2 a 4.5 kilos más de peso al nacimiento que los animales homocigóticos *+/+* la ventaja de los animales heterocigóticos con relación a los homocigóticos *+/+* en el rendimiento en carne puede sobrepasar las desventajas en la dificultad al parto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES

Los resultados acumulados en la literatura científica en torno al comportamiento productivo de las diferentes razas, muestran la inexistencia de una raza que posea todas las cualidades deseables para la producción de carne. La variedad de razas presentes en el mundo permite la elección de las razas o combinación de ellas, que permitan aprovechar sus cualidades de acuerdo a las necesidades o presiones del mercado. La diversidad racial puede ser utilizada de acuerdo a tres modalidades básicas: sustitución racial, sistemas de cruzamiento sistemático o el desarrollo de razas compuestas. La diversidad racial permite integrar las fuentes genéticas a los requerimientos de producción y del mercado, mientras que la selección dentro de la raza puede proporcionar un mejoramiento continuo y acumulativo a largo plazo.

Como señala Cundiff, 1996 al término de las evaluaciones realizadas en el V ciclo de las evaluaciones de germoplasma, "los sistemas de cruzamiento que aprovechan la heterosis y la complementariedad entre razas y sincronizan el potencial genético de las razas con objetivos del mercado, las fuentes de alimento y las características del clima obtienen los mejores resultados en la crianza y la mayor eficiencia en la producción".

El estudio realizado examina los resultados de la aplicación de técnicas como la transferencia de embriones, la adaptación de la técnica cesárea para formar un hato puro de la raza Blanco Azul Belga en un lugar de la región del Trópico húmedo como un procedimiento repetible. Con dicha introducción, resultaron los híbridos evaluados en algunas de las características de importancia en la crianza de ganado de carne. Las cruza terminales, ganaron un valor agregado al incursionar en mercados nacionales donde cotizaron a precios distintos a los del lugar de origen, como fue el caso de Jalisco, Nuevo León, Chihuahua y mercado de exportación a los Estados Unidos. El trabajo reúne experiencias y referencias que pretenden aportar antecedentes para la replicación de programas sucesivos.

## LITERATURA CITADA

1. Allen D. Growth, carcass development and meat quality. In: Allen, D (editor). Planned beef production and marketing. London. BSP Professional books; 1990: 12-33.
2. Allen D and Liénard G. Suckler herds in Westwrn Europe. In: Neimann-Sorensen A and Tribe D (editors): World animal science. Production system approach (C). Beef cattle production (C5). Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 1992: 247-258.
3. Álvarez J. Ganadería. Enciclopedia de México, 3ª ed. México : Editora Mexicana, Tomo V, 1972: 111-148.
4. Anderson D. Bovine caesarean section. Results of BCVA questionnaire. In BCVA Proceedings, Meeting for study of animal breeding, London. 1990.
5. Ansay M and Hanset. Anatomical, physiological and biochemical differences between conventional and double-muscléd cattle in the Belgian Blue and white breed. Livestock Production Science; 1979 (6): 5-13.
6. Armstrong A. Recipient management. Embryo transfer. 1987. vol 2 (1) :5-6.
7. Arthur G, Noakes D y Pearson H. Reproducción y obstetricia en veterinaria. 6a ed. México: Interamericana-McGraw Hill. 1989.
8. Arthur P, Makarechian M, and Price M. Incidence of dystocia and perinatal calf mortality resulting from reciprocal crossing of double muscléd and normal cattle. Canadian Veterinary Journal. 1988 (29): 163-167.
9. Arthur P, Makarechian M, Price M and Berg R. Carcass characteristics of yearling normal and double muscle cross bulls. Can. J. Anim. Sci. 1989 (69):897-903.
10. Arthur P. Double muscling in cattle: a review. Australian Journal of Agricultural Research. 1995 Vol. 46 (8): 1493-1515.
11. Arthur P, Hearnshaw and Stephenson P. Direct and maternal additive and heterosis effect from crossin *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle: cow and calf performance in two environments. Livestock Production Science. 1999. 57: 231-241.
12. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado (AMEG). Página Web de Internet: <http://www.ameg.org.mx/estats> 8 de julio 2002 (9:35a.m.)
13. Avila G. Los embriones congelados ofrecen muchas ventajas. Memorias del II taller de transferencia de embriones en bovinos, julio de 1994, Tlaxcala. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Secretaría de Investigación Científica del Centro Estatal de Genética Animal (CEGA), 1994a.
14. Avila GJ y Ortiz CF. Manejo y evaluación de los embriones. Memorias del II taller de transferencia de embriones en bovinos, julio 1994, Tlaxcala. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Secretaría de Investigación Científica del Centro Estatal de Genética Animal (CEGA), 1994b: 24 -26.
15. Bass, J, Oldham J, Sharma M and Kambadur R. Growth factors controlling muscle development. Domestic Animal Endocrinology. 1999 (17): 191-197.
16. Blanc-Bleu Belge, Herd-book. La race Blanc-Bleu Belge. Office régional de l'Agriculture et de l'Horticulture, Ciney, Belgique: Orpah. 1996a.
17. Blanc-Bleu Belge Herd-Book. Résultat du progeny-test en fermes des teureaux I.A. XX<sup>e</sup> rapport annuel 1996. Comité pour la Guidance Scientifique et Technique en Selection Animale, section 1 - Blanc-Bleu Belge Herd-Book. Ciney, Belgique, Octobre 1996b.
18. Blanc-Bleu Belge Herd-book. Linear classification: new indexation of the Belgian Blue Bulls. Belgian Blue Newsletter. 1997 (10): 5-7.
19. Blanc-Bleu Belge Herd-book. Linear scores: the highest and lowest indices (sires with at least 100 daughters). Belgian Blue Newsletter. 2000a (19): 7.
20. Blanc-Bleu Belge Herd-Book. 2000b. Pagina electrónica web : <http://www.hbbbb.be/publication.htm>
21. Casas E, Keele J, Schackelford, Koohmaraie, Sostengard T, Smith T, Kappes S and Stone R. Association of muscle hypertrophy locus with carcass traits in beef cattle. J. Anim. Sci. 1998 (76): 468-473.
22. Casas E, Keele J, Scott C, Fahrenkrug C, Timothy P, Smith T, Cundiff L and Stone. Quantitative analysis of birth, weaning and yearling weight and calf difficulty in Piedmontese crossbreds segregating an inactive myostatin allele. J. Anim. Sci. 1999 (77): 1686-1692.
23. Centro de Estadística Agropecuaria, SAGAR. Información estadística. Avance de la Producción pecuaria. Dirección General de Ganadería, <http://www.sagar.gob.mx/users/subag/dgg/impecar.htm> Agosto, 2000.
24. Charlier C, Coppieiers W, Farnir F, Grobet L, Leroy P, Michaux C, Mni M, Schwens A, Vanmanshoven, Hanset R and Georges M. The mh gene causing double-muscling in cattle maps to bovine chromosome 2. Mammalian Genome 1995 (6): 788-792.
25. Charlier, 1997

26. Clinquart A, Hornick J, Van Eenaeme C and Istasse L: Influence du caractère cullard sur la production et la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu Belge. *INRA Prod. Anim.* 1998 (11): 285-297.
27. Confederación Nacional Ganadera CNG. Información económica pecuaria. Dirección de estudios económicos y comercio internacional. CNG. Mayo de 1995.
28. Consejo Nacional Agropecuario. Abasto, 31 agosto de 1999. p.11.
29. Compère G, Buren R, Hanset R: Blanc Blue Belge. L'aventure d'une race bovine à la conquête du monde. Casterman, Verona, 1996.
30. Cundiff L, Gregory K, Wheeler, Shackelford, Koohmaraie, Freetly and Lunstra. Preliminary results from cycle V of the cattle germplasm evaluation program at the Roman L. Hruska US Meat Animal Research Center. *USDA, Agr. Res. Serv. Progress report N° 14.* July 1995.
31. Cundiff L, Gregory K, Koch R and Dickerso G. Genetic diversity among cattle breeds in beef cows herds and its use to increase beef production efficiency in a temperate environment. In: *Third World Cong. Genet. Applied Livestock Prod.* July 16-22, 1986, Lincoln (USA). *Agricultural Communications, Lincoln, IX:* 271-282.
32. Cundiff L, Szabo F, Gregory K, Koch G, Dikeman M and Crouse J. Breed comparisons in the germplasm evaluatio program at MARC. *Nebraska: USDA-US Meat Animal Research Center,* 1996.
33. Cundiff L *et al.*,. Preliminary results from cycle V of the Cattle Germoplasm Evaluation Program. *Nebraska: USDA-US Meat Animal Research Center,* July, 1997.
34. Dávalos F. Consideraciones en torno a los sistemas tecnológicos de producción de leche en México. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 1996. Morelos, México.* p. 376
35. De Dios V. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. *Colección Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo. Villa Hermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,* 2001.
36. Dunner S, Charlier C, Famir F, Brouwers Canon J, Georges M. Towards interbreed IBD fine mapping of the locus - double muscling in the Asturiana de los Valles breed involves the same locus as in the Belgian Blue cattle breed. *Mammalian Genome; 1997 (8):*430-435.
37. Dvoorák J, Filistowicz, Hruska D, Horák P, Vrtkova I, Kúbek, Szuluc T, Pomichal S. The polymorphism of MSTN, PRNP and CSN3 genes in Charolais cattle. *Anim Sci. Papers and Reports.* 2002 vol 20 (suppl. 1):19-23.
38. Elsdén RP. Classification of embryos after thawing. *Techniques for freezing mammalian embryos. Short course proceedings. Animal reproduction laboratory. Colorado University. Fort Collins, Colorado.* 1985.
39. Elsdén RP. Freezing bovine embryos: causes of damage. *Embryo transfer.* 1987, 2:1-6.
40. Fahrenkrug S, Casas E, Keele J and Smith T. Technical note: Direct genotyping of the double-muscling locus (mh) in Piedmontese and Belgian Blue cattle by fluorescent PCR. *J. Anim. Sci.* 1999 (77): 2028-2030.
41. Flores G. La ganadería en Tamaulipas, diagnóstico y propuesta para optimizar su potencial productivo. *CD.*
42. Flamembaun I. Prácticas de reducción de estrés térmico. *Guía de agrotecnología en Israel.* Tel Aviv: Aurora. 1997: 77-79.
43. Flamembaun I. Manejo de vacas de leche en clima subtropical. *Memorias de la 14a Conferencia internacional sobre Ganado Lechero; 1998 agosto 5-7, México(DF) México. México (DF) Grupo CIGAL,* 1998: 96-97.
44. Victoria: Comité de Vinculación Empresarial al Subsector Ganadero de Tamaulipas. Agosto, 2000.
45. Gerrard D, Thrasher K, Grant A, Lemanager R and Judge M. Serum-induced myoblast proliferation and gene expression during development of double muscled and normal cattle. *J. Anim. Sci.* 1991 vol 6 (suppl 1): 317.
46. Gerrard D and Judge M. Induction of myoblast proliferation in L6 myoblast cultures by fetal serum of double-muscled and normal cattle. *J. Anim. Sci;* 1993 (71): 1464-1470.
47. Georges M., Lequatre A.S., Hanset R., Vassart G.: Restriction fragment length polymorphic markers in the Belgian White and Blue breed. *Anim. Genet.* (1987). 18-suppl. 1 : 77-78.
48. Georges M, Lathrop M, Hilbert P, Marcotte A, Schwers A, Swillens S, Vassant G, Hanset R. On the use of DNA fingerprints for linkage studies in cattle. *Genomics.* 1990 (6): 461-474.
49. Grobet L, Royo L, Ponclet D, Pirottin D, Brouwers B, Riquet J, Schoeberlein A, Dunner S, Mènisier, Massabanda J, Fries R, Hanset R and Georges M: A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscled phenotype in cattle. *Nat. genet.* 1997 (17): 71-74.
50. Grobet L, Ponclet D, Royo L, Brouwers B, Pirottin D, Michaux C, Mènisier, Zanotti M, Dunner S and Georges M: Molecular definition of an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle. *Mammalian Genome.* 1998 (9): 210-213.



51. Hanset R. Coat colour inheritance in Belgian White and Blue cattle breed. *Genet. Sel. Evol.* 1985; vol 17 (4): 443-458.
52. Hanset R. The Belgian blue breed: Performance characteristics and selection. Winter Conference January 1987, British Cattle Breeders Club. 1987, Digest 42: 35-44.
53. Hanset R: L'Hypertrophie musculaire en Blanc Bleu Belge. *Rev. d L'Agriculture.* 1992: 95-97.
54. Hanset R. At the Heart of the Belgian Blue Genetics. Origin, objectives, inheritance, genetic evaluations, selection, trends. 5<sup>th</sup> International Association of BBI Annual Meeting, Canada, October 1997.
55. Hanset R, Michaux C, Dessy-Doize C and Burtonboy. Studies on the 7<sup>th</sup> rib cut in double-musled and conventional cattle. In: King J W B and Menissier F (Editors). EEC Seminar "Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production", Toulouse 1980. Pub. Curren topics in veterinary medicine and animal science, 1982 (16): 341-349.
56. Hanset R and Michaux C. On the genetic determinism of muscular hyprtrophy in the Belgian White and Blue Cattle breed, I. Experimental data. *Génét. Sé. Evol.*, 1985a, 17 (3), 359-368.
57. Hanset R and Michaux C: On the genetic determinism of muscular hyprtrophy in the Belgian White and Blue Cattle breed, II. Population data. *Génét. Sé. Evol.*, 1985b, 17 (3), 369-386.
58. Hanset R., Michaux C., Detal G. Une étude sur la croissance de taureaux I.A. de race Blanc-Bleu Belge. *Ann. Méd. Vét.* 1988 (132): 577-591.
59. Hanset R, Detal G, and Michaux C. The belgian blue breed in pure and crossbreeding. Gross and carcass characteristics. *Revue de l'Agriculture.* 1989a.Vol 42 (2):255-264.
60. Hanset R, Michaux C, Leroy P, Detal G. Que peut-on attendre de la sélection en Blanc-Bleu Belge?. *Ann. Méd. Vét.* : 1989b (133) : 89-114.
61. Hanset R., Michaux C., Detal G. Genetic analysis of some maternal reproductive traits in Belgian Blue cattle breed. *Livestock Production Science.* 1989c (23):79-96.
62. Hanset R, Michaux C, Detal G, Boonen F and Leroy P. Conformation et format dans la sélection du Blanc-Bleu Belge. Introduction d'un système de cotations linéaires. *Ann. Méd. Vét.* 1990 vol. 134 (4): 197-204.
63. Hanzen CH, Lourtie O et Ectors F. La césarienne dans l'espèce bovine. *Ann. Méd. Vét.* 1999 (143): 65-90.
64. Hovingn-Bolink A, Hanekamp W and Walstra P. Effects of sire breed and husbandry system on carcass, meat and eating quality of Piedmontese and Limousin crossbred bulls and heifers. *Livestock Production Science.* 1999 (57): 273-278.
65. Jarrige R and Auriol P. An outline of world beef production. In: Neimann-Sorensen A and Tribe D. World animal science. Production system approach (C). Beef cattle production (C5). Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1992: 55-87.
66. Jones D, Savell J and Cross H. The sex influence in yield grade and USDA quality in fat trim retail in primary in primary beef carcasses cuts. *J. Anim Sci.* 1986 (50): 430-438.
67. Kambadur R, Sharma M, Smith T and Bass J. Mutations in myostatin (GDF-8) in double muscled Belgian White and Blue cattle. *Genome Res.* 1997 (7): 910-916.
68. Karima A, Shahin and Berg T. Growth patterns of muscle, fat and bone, and carcass composition of double muscled and normal cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 1985 (65): 279-294.
69. Lindner GM and Wright RW. Bovine embryo morphology and evaluation. Proceeding of the workshop IX th annual meeting of the International Embryo Transfer Society. 1983 january 16. Colorado University, Fort Collins. Colorado. 1983: 21 - 32.
70. McPherron A, Lawler A and Lee S. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF- $\beta$  auperfamily memeber. *Nature.* 1997 vol 387: 83-90.
71. Menissier F. Present state of knowledge about the determination of muscular hypertrophy or the double muscled trait in cattle. *Curr Top Vet Med Anim Sci* 1982 (16): 387-428.
72. Ménissier F and Frisch J. Genetic Improvement of beef cows. In: Neimann-Sorensen A and Tribe D (editors). World animal science. Production system approach (C). Beef cattle production (C5). Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1992 : 55-87.
73. Meers M. Linear classification: new indexation of the Belgian Blue Bull. *Belgian. Blue Newsletter;* 1997 (10):5-7.
74. Michaux C, Stasse A, Sonnet R, Leroy P et Hanset R. La composition de la carcasse de taureaux culards Blanc-Bleu Belge. *Ann. Med. Vet.* 1983 (127): 349-375.
75. Michaux C, Hanset, R and Stasse A. La composition de la carcasse et la qualité de la viande de taureaux Blanc-Bleu Belge des types viandeux et mixte et croisés Blanc-Bleu x Pic-Noir. *Revue de l'Agriculture.* 1984. Vol. 37 (3): 871-878.

76. Michaux C and Hanset R. Mode de vêlage et reproduction chez les génisses de races Blanc-Bleu Belge des types viandeux et mixte. Ann. Méd. Vét., 1986 (130): 439-451.
77. Miranda M, Boscher M, Cañon, Ménissier y Vallejo M: Expresión de la hipertrofia muscular y polimorfismo del gen de la miostatina en razas bovinas de producción de carne. <http://www.unavarra.es/rmga/Miranda.pdf>. 30 enero 2003.
78. Montañó B. Programas de mejoramiento genético de bovinos de carne el trópico. Mundo ganadero. 1991: vol 3 (15):30-33
79. Munar CJ, Nigro MA, Vautier RA, Valdéz AR, Manterola R y Viana G: Transferencia embrionaria en el campo argentino. Cuaderno 1, Ciencia Agropecuaria. Ed. De Ciencia pura. Buenos Aires. 1992.
80. Nicks B, Désiron A, Vandenhede M and Canart B. Effects of caesarean section on behaviour of Belgian Blue cows and their calves. Belgian Blue Newsletter. 1999 (18): 7-10.
81. Ochoa G. Las razas sintéticas en ganado bovino productor de carne como una alternativa en los sistemas de cruzamiento. Memorias del XIX Congreso Nacional de Buiatría. Torreón (Coah.) julio 1995. Cd. México AMMVEB, 1995: 326-329.
82. Oldham J, Martín J, Sharma M, Jeanplog F, Kambadur R and Bass. Molecular expression of myostatin and MyoD is greater in double-muscled than normal-muscled cattle fetuses. Am. J. Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2001. vol 280, issue 5, 1488-1493.
83. Ott R. Muscular hypertrophy in beef cattle: déjà vu (special commentary). JAVMA; 1990:196 (3):413-415.
84. Paschal J, Sanders J, Kerr J, Lunt D and Herning A. Postweaning and feedlot growth and carcass characteristics of Angus-, Gray Brahman-, Gir, Indu-Brazil-, Nellore-, and Red Brahman-Sired F<sub>1</sub> Calves. J. Anim. Sci. 1995. 73: 373-380.
85. Patterson D, Bellows R and Burfening P. Effects of caesarean section, retained placenta and vaginal or uterine prolapse on subsequent fertility in beef cattle. J. Anim. Sci. 1981 (53): 916 - 921.
86. Porter V. Cattle, Handbook of breeds of the world. London: Christopher Helm A&C Black; 1991: 98-100.
87. Preston T and Vaccaro L. Dual purpose cattle production systems. In: Phillips C (editor). New techniques in cattle production. London: Butterworths. 1989: 20-32.
88. Renard G, Plasse and Andersen. Genetic improvement of cattle growth and carcass traits. In: Neimann-Sorensen A and Tribe D (editors): World animal science. Production system approach (C). Beef cattle production (C5). Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 1992: 247-258.
89. Riesco A. La ganadería bovina en el trópico americano: Situación actual y perspectivas. En: FA.O. Oficina regional para América Latina y el Caribe: Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano, FA.O. Santiago, Chile, 1992.
90. Rodríguez C. Estudio descriptivo de un programa de transferencia de embriones para la introducción de ganado especializado en producción de carne al trópico mexicano (1994-1997). Tesis Licenciatura. México: FMVZ-UNAM, 1999.
91. Romo G. Biotecnología reproductiva; avances en ganado bovino. Veterinaria México 1993; 24 (3): 177-184.
92. Segura C. Comparación de dos factores de ajuste para peso al destete a una edad constante. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. CMN-IMSS, México, 1986: 59.
93. Seidel G, Elsdén R, Brink Z. Cryopreservation of bovine embryos in media with chemically defined macromoles. Theriogenology, 1990 (33) abstr: 322.
94. Shahin K and Berg RT: Growth and distribution of muscle in double muscled and normal cattle. Can. J. Anim. Sci. 1985 (65): 307-318.
95. Shackelford S, Wheeler T and Koohmaraie M. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. J. Anim. Sci. 1995 (73): 3333-3340.
96. Sonstegard T, Lopez-Corrales N, Kappes S, Beattie C and Smith T. Comparative mapping of human chromosome 2 identifies segments of conserved synteny near the bovine mh locus. Mammalian Genome 8, 751-755 (1997).
97. Strydom P, Naude R, Smith M, Scholtz M and van Wyk J. Characterization of indigenous African cattle breeds in relation to carcass characteristics. Animal Science, 2000 (70): 241-252.
98. Torres B. Producción de leche y carne en el trópico mexicano. Panorama actual. Boletín Informativo. FIRA. 1988: vol 20 (193).
99. Touati K. Contribución al estudio de la producción y crioconservación de embriones y hemiembriones en la especie bovina. Tesis de Doctorado. Universidad de Liège. Bélgica, 1993.
100. Trápaga D. Sobre el patrón alimentario del mexicano actual. Coloquio organizado por el Colegio Nacional 28 nov 1997.

**Cuadro 1. Principales países productores de carne de res y ternera de 1993 al 2000***Miles de toneladas equivalentes a carne en canal*

LUGAR	PAÍS	1993	1994	1995	1996	1997	1998 (p)	1999 (f)	2000
1	Estados Unidos	10,584	11,194	11,585	11,749	11,714	11,804	12,050	11,432
2	Brasil	5,650	5,730	6,080	6,150	6,050	6,140	6,324	6,535
3	Rep. Pop. China	2,337	3,270	4,154	3,557	4,150	4,288	4,360	4,560
4	Argentina	2,550	2,600	2,600	2,580	2,975	2,600	2,800	2,760
5	Australia	1,806	1,829	1,717	1,736	1,942	1,987	1,880	1,860
6	Federación Rusa	3,359	3,240	2,734	2,570	2,326	2,090	1,910	1,800
7	India	945	1,025	1,100	925	1,430	1,593	1,660	1,700
8	Francia	1,704	1,588	1,648	1,685	1,677	1,586	1,560	1,580
9	Alemania	1,575	1,447	1,407	1,483	1,448	1,367	1,322	1,320
10	Canadá	860	903	928	998	1,075	1,199	1,210	1,178
11	Italia	1,190	1,170	1,181	1,180	1,159	1,110	1,100	1,100
12	México	1,046	1,003	1,208	1,009	931	940	1,000	n.d
	Otros	11,948	12,284	11,874	11,797	11,977	11,686	11,347	12,023
	<b>TOTAL</b>	<b>45,554</b>	<b>47,283</b>	<b>48,216</b>	<b>47,419</b>	<b>48,854</b>	<b>48,390</b>	<b>48,523</b>	<b>47,848</b>

*FUENTE: Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado, 8 julio2002, <http://www.ameg.org.mx/estats>*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 2. Participación de los principales países productores de carne de res y ternera de 1993 al 2000**

*Miles de toneladas equivalentes a carne en canal*

LUGAR	PAÍS	%1993	%1994	%1995	%1996	%1997	%1998	%1999	%2000
1	Estados Unidos	23.23	23.67	24.03	24.78	23.98	24.39	24.83	23.89
2	Brasil	12.4	12.12	12.61	12.97	12.38	12.69	13.03	13.66
3	Rep. Pop. China	5.13	6.92	8.62	7.50	8.49	8.86	8.99	9.53
4	Argentina	5.60	5.50	5.39	5.44	6.09	5.37	5.77	5.77
5	Australia	3.96	3.87	3.56	3.66	3.98	4.11	3.87	3.89
6	Federación Rusa	7.37	6.85	5.67	5.42	4.76	4.32	3.94	3.76
7	India	2.07	2.17	2.28	1.95	2.93	3.29	3.42	3.55
8	Francia	3.74	3.36	3.42	3.55	3.43	3.28	3.21	3.30
9	Alemania	3.46	3.06	2.92	3.13	2.96	2.82	2.72	2.76
10	Canadá	1.89	1.91	1.92	2.1	2.2	2.48	2.49	2.46
11	Italia	2.61	2.47	2.45	2.49	2.37	2.29	2.27	2.30
12	México	2.30	2.12	2.50	2.13	1.91	1.94	2.06	n.d.
	Otros	26.23	25.98	24.63	24.88	24.52	24.15	23.39	25.13
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado, 8 julio2002, <http://www.ameg.org.mx/estats>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 3. Principales países exportadores de carne de res y de ternera de 1993 al 2000**

		<i>Miles de toneladas equivalentes a carne en canal</i>							
LUGAR	PAÍS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Australia	1,169	1,168	1,092	1,016	1,147	1,262	1,220	1,235
2	Estados Unidos	578	731	826	851	969	985	1,071	1,027
3	Brasil	459	383	291	274	290	375	485	525
4	Nueva Zelanda	448	466	504	515	531	519	420	450
5	Argentina	280	376	520	470	437	291	340	350
6	Irlanda	245	334	352	290	259	272	290	305
7	India	120	110	140	150	158	183	220	250
8	Uruguay	n.d.	n.d.	143	210	268	257	220	250
10	México	161	128	194	58	84	86	134	n.d.
9	Alemania	293	196	178	202	212	139	130	155
11	Holanda	78	83	86	104	111	80	70	95
12	Francia	242	235	154	151	137	63	60	87
	Otros	767	740	679	807	838	767	226	364
	<b>TOTAL</b>	<b>4,840</b>	<b>4,950</b>	<b>5,159</b>	<b>5,098</b>	<b>5,441</b>	<b>5,279</b>	<b>4,886</b>	<b>5,093</b>

Fuente: Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado, 8 julio2002, <http://www.amecg.org.mx/estats>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 4. Participación de los principales países exportadores de carne de res y de ternera, de 1993 a 2000**

*Miles de toneladas equivalentes a carne en canal*

LUGAR	PAÍS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Australia	24.20%	23.60%	21.20%	19.90%	21.10%	23.90%	25.00%	24.20%
2	E. U.	11.90%	14.80%	16.00%	16.70%	17.80%	18.70%	21.90%	20.20%
3	Brasil	9.50%	7.70%	5.60%	5.40%	5.30%	7.10%	9.90%	10.30%
4	N. Zelanda	9.30%	9.40%	9.80%	10.10%	9.80%	9.80%	8.60%	8.80%
5	Argentina	5.80%	7.60%	10.10%	9.20%	8.00%	5.50%	7.00%	6.90%
6	Irlanda	5.10%	6.70%	6.80%	5.70%	4.80%	5.20%	5.90%	6.00%
7	India	2.50%	2.20%	2.70%	2.90%	2.90%	3.50%	4.50%	4.90%
8	Uruguay	0.00%	0.00%	2.80%	4.10%	4.90%	4.90%	4.50%	4.90%
10	México	3.30%	2.60%	3.80%	1.10%	1.60%	1.60%	2.70%	n.d.
9	Alemania	6.10%	4.00%	3.50%	4.00%	3.90%	2.60%	2.70%	3.00%
11	Holanda	1.60%	1.70%	1.70%	2.00%	2.00%	1.50%	1.40%	1.90%
12	Francia	5.00%	4.70%	3.00%	3.00%	2.50%	1.20%	1.20%	1.70%
	Otros	15.80%	14.90%	13.20%	15.80%	15.40%	14.50%	4.60%	7.10%
	<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

FUENTE: Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado, 8 julio 2002, <http://www.ameg.org.mx/estats>.

**Cuadro 5. Principales países importadores de carne de res y de ternera de 1993 al 2000**

*Miles de toneladas equivalentes a carne en canal*

LUGAR	PAÍS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	(p)	
								1999	(f) 2000
1	Estados Unidos	1,089	1,075	954	940	1,063	1,198	1,272	1,368
2	Japón	731	842	927	899	924	951	972	985
3	Federación Rusa	407	541	612	600	620	485	500	500
4	México	129	190	57	137	247	338	377	n.d
5	Canadá	270	286	256	237	252	240	250	275
6	Rep. de Korea	132	165	194	191	199	107	180	240
7	Reino Unido	152	122	166	147	160	122	107	100
8	Taiwan	57	62	66	59	75	82	88	88
9	Filipinas	25	50	63	81	97	71	75	80
	Otros	791	786	774	708	659	522	411	732
	<b>TOTAL</b>	<b>3,783</b>	<b>4,119</b>	<b>4,069</b>	<b>3,999</b>	<b>4,296</b>	<b>4,116</b>	<b>4,232</b>	<b>4,368</b>

FUENTE: Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado, 8 julio2002, <http://www.ameg.org.mx/estats>,

**Cuadro 6. Participación de los principales países importadores de carne de res y de ternera de 1993 a 2000**

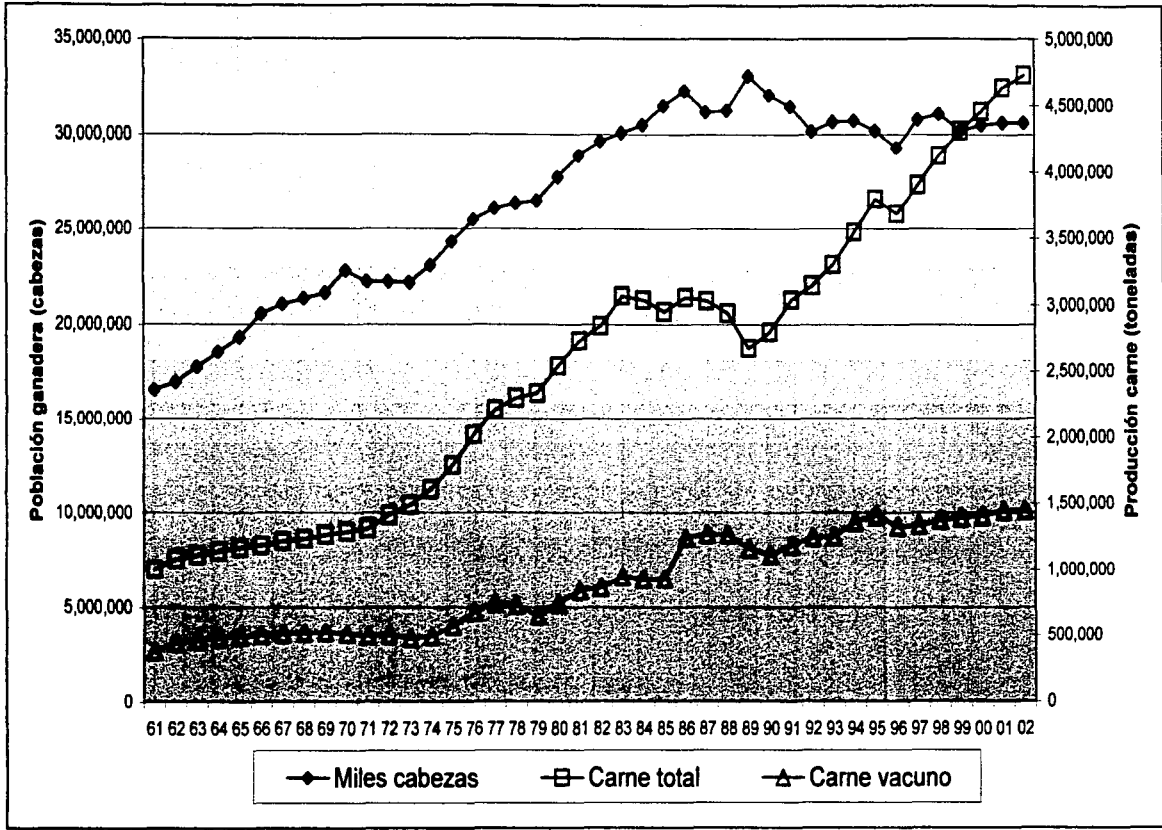
*Miles de toneladas equivalentes a carne en canal*

LUGAR	PAÍS	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	Estados Unidos	28.80%	26.10%	23.40%	23.50%	24.70%	29.10%	30.10%	31.30%
2	Japón	19.30%	20.40%	22.80%	22.50%	21.50%	23.10%	23.00%	22.60%
3	Federación Rusa	10.80%	13.10%	15.00%	15.00%	14.40%	11.80%	11.80%	11.40%
4	México*	3.40%	4.60%	1.40%	3.40%	5.70%	8.20%	8.90%	0.00%
5	Canadá	7.10%	6.90%	6.30%	5.90%	5.90%	5.80%	5.90%	6.30%
6	Rep. de Korea	3.50%	4.00%	4.80%	4.80%	4.60%	2.60%	4.30%	5.50%
7	Reino Unido	4.00%	3.00%	4.10%	3.70%	3.70%	3.00%	2.50%	2.30%
8	Taiwan	1.50%	1.50%	1.60%	1.50%	1.70%	2.00%	2.10%	2.00%
9	Filipinas	0.70%	1.20%	1.50%	2.00%	2.30%	1.70%	1.80%	1.80%
	Otros	20.90%	19.10%	19.00%	17.70%	15.40%	12.70%	9.70%	16.80%
	<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

FUENTE: Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado, 8 julio2002, <http://www.ameg.org.mx/estats>



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Gráfica 1. Evolución histórica de la ganadería de carne de 1961 a 2002.** La gráfica muestra el crecimiento del inventario nacional de ganado bovina en millones de cabezas. Adicionalmente se muestra la asimetría entre el crecimiento de la producción total de carne y el crecimiento observado en la producción de carne de bovino. Fuente: FAOSTAT, pagina web: <http://apps1.fao.org/> 16 mayo 2003.

Cuadro 7. Comparación en la composición de canales de becerros sacrificados a peso constante (83kg) pertenecientes a los tipos Doble Músculo y Convencionales

	Doble músculo n = 12	Conv n = 9	Diferencia* %	t
<b>Piel (g)</b>	3,952	4,924	-19.74	-5.98***
<b>Organos (g)</b>				
Timo	109	222	-50.90	-3.10**
Bazo	165	264	-37.50	-5.08***
Grasa perirenal	582	741	-21.46	-2.22*
Pulmón	719	893	-19.48	-7.66***
Riñón	227	280	-18.93	-3.84**
Hígado	1,084	1,265	-14.31	-3.33**
Tracto digestivo	6,399	7,715	-17.06	-2.87**
Corazón	406	477	-14.88	-4.69***
Adrenales	4.56	5.06	-9.88	-0.92
<b>Huesos (g)</b>	n = 12	n = 9		
Escápula	211	226	-6.54	-2.24*
Húmero	408	444	-8.14	-3.21*
Radio-ulna	345	370	-6.93	-1.68
Metacarpo	177	189	-5.93	-1.61
Femur	603	667	-9.59	-4.56***
Tibia	417	442	-5.63	-2.23*
Metatarso	227	234	-2.86	-0.489
<b>Músculos del cuarto post.<sup>1</sup></b>	6,865	5,685	20.75	9.31***
<b>Músculos del cuarto ant.<sup>2</sup></b>	9,258	7,541	22.70	17.9***
<b>Mediciones (cm)</b>	n = 34	n = 89		
Longitud	119.06 ± 5.55***	123.01 ± 4.54	-3.20	
Profundidad	30.94 ± 1.92	32.77 ± 1.58	-5.60	
Altura pelvica	15.90 ± 1.28	16.68 ± 0.99	-4.70	
Ancho de pelvis (1/2)	5.68 ± 0.49	6.06 ± 0.52	-6.30	
<b>Sección de canal 7a costilla</b>	n = 41	n = 43		
% Músculo	69.59 ± 4.23	58.64 ± 4.55	+ 18.7	
% Grasa	15.31 ± 4.24	23.04 ± 4.22	- 33.6	
% Hueso	15.97 ± 1.48	18.26 ± 2.01	- 12.5	
Relación músculo/grasa	4.82 ± 1.28	2.67 ± 0.74	+ 80.5	
Relación músculo/hueso	4.39 ± 0.52	3.26 ± 0.57	+ 33.4	

t = Prueba t entre grupos

\* Diferencia = medidas de los Doble Músculo / Medidas de Convencionales - 1) x 100

<sup>1</sup> Rango del grado de hipertrofia diferencial para los músculos individuales con diferencia significativa = + 51.39 a + 8.37% (p<0.05)

<sup>2</sup> Rango del grado de hipertrofia diferencial para los músculos individuales con diferencia significativa = + 33.8 a + 9.14% (p<0.05)

\* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

Fuente: Ansay y Hanset, 1979.

**Cuadro 8. Grado de hipertrofia muscular de los músculos en un corte de la canal a nivel de la 7ª costilla en 58 toros del tipo doble músculo y 70 del tipo convencional de la raza del ganado Blanco Azul Belga**

Músculos individuales	Tipos biológicos			
	Doble músculo		Convencionales	
	media	s	media	s
<i>m. cutaneus trunci</i>	4.51	1.36	3.34	0.0 ***
<i>m. latissimus dorsi</i>	13.84	2.07	12.03	2.0 ***
<i>m. pectoralis profundi ascendens</i>	8.64	1.94	7.29	1.0***
<i>m. iliocostalis lumborum et thoacis</i>	1.40	0.41	1.22	0.05
<i>m. trapezius</i>	7.00	1.41	6.54	1.04
<i>m. longissimus dorsi</i>	13.46	2.15	12.98	1.80
<i>m. obliquus exeternus abominis</i>	5.20	0.96	5.02	1.00
<i>m. serratus ventralis thoracis</i>	11.21	1.24	10.96	1.02
<i>m. rectus abdominis</i>	9.28	1.34	9.71	1.03
<i>m. diaphragma</i>	5.06	1.25	5.84	1.0**
<i>m. multifidus lumborum et thoracis</i>	1.02	0.39	1.37	0.0**
<i>m. transversus thoracis</i>	2.27	0.66	2.75	0.5
<i>m. spinalis thoracis</i>	6.86	1.09	8.29	1.0**
<i>m. serratus dorsalis cranialis</i>	1.14	0.32	1.58	0.0 **
<i>m. intercostalis</i>	8.87	1.49	10.82	1.0 **
% magro en el corte 7ª costilla	69.67	2.59	58.05	2
Cuarto posterior de la 8ª costilla en % del peso de la canal	59.61	0.143	59.2	0.0*

\* p<.05 \*\*p<.01 \*\*\*p<.001

Fuente: Ansay y Hanset, 1979; Hanset, 1980

Cuadro 9. Número promedio de fibras musculares por campo de observación en microscopía óptica de muestras tomadas de los músculos de animales de doble músculo y tipo convencional de la raza Blanco Azul Belga (área 95.10 mm<sup>2</sup>)

Músculos	Número de fibras musculares por campo					Área promedio en mm <sup>2</sup>				
	Doble músculo		Convencionales			Doble músculo		Convencionales		
	media	s	media	s	t	media	s	media	s	t
<i>m. longissimus dorsi</i>	34.15	9.7	28.82	9.16	2.54*	1,668	1,073	1,892	1,153	-5.04***
	n = 41		n = 40			n = 1,401		n = 1,153		
<i>m. latissimus dorsi</i>	47.8	18.64	38.51	14.69	3.53*	1,223	922	1,495	1,061	-8.13***
	n = 41		n = 43			n = 1,931		n = 1,656		
prueba t entre músculos	-4.16***		-3.63***			12.52***		9.27***		
t prueba t entre grupos,	* p<.05		**p<.01		***p<.001					

Fuente: Ansay y Hanset, 1979; Hanset, 1980

**Cuadro 10. Análisis químico de muestras tomadas en los músculos *longissimus dorsi* y *latissimus dorsi* de toros del doble músculo y convencional de la raza Blanco Azul Belga**

	Doble músculo		Convencional		
	media	d.s.	media	d.s.	
<b>DNA (mg/g B.H.)</b>					
<i>M. langissimus dorsi</i>	0.244	0.053	0.24	0.053	0.35
<i>M. latissimus dorsi</i>	0.23	0.055	0.234	0.4	-0.38
prueba t, diferencia entre músculos	1.2		0.59		
<b>Nitrógeno N<sub>2</sub> (mg/g B.H.)</b>					
<i>M. langissimus dorsi</i>	35.42	3.93	33.81	3.26	2.06*
<i>M. latissimus dorsi</i>	34.3	3.56	33.78	3.39	0.69
prueba t, diferencia entre músculos	1.38		0.04		
<b>Hidroxi prolina (mg/g B.H.)</b>					
<i>M. langissimus dorsi</i>	0.444	0.1	0.556	0.119	- 4.72***
<i>M. latissimus dorsi</i>	0.59	0.209	0.84	0.239	- 5.14***
prueba t, diferencia entre músculos	- 4.09 ***		- 6.97***		
<b>Lípidos totales (mg/g B.H.)</b>					
<i>M. langissimus dorsi</i>	10.89	2.2	21.15	6	- 10.40***
<i>M. latissimus dorsi</i>	11.79	3.8	18.12	6.55	- 5.27***
prueba t, diferencia entre músculos	-1.33		2.16*		

\* p<0.05    \*\*\*p<0.001

Fuente: Hanset R., Micheaux C., Dessy-Doize C. and Burtonboy G., 1980.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 11. Rendimiento en corte y composición del corte de la canal a la 7a costilla de los animales de tipo cárnico, mixto y cruza, sacrificados a edad constante de 1 año

	Tipo Cárnico			Tipo Mixto			Cruzas Pie-Noir			Prueba t <sup>1</sup>		
	n	media	d.e.	n	media	d.e.	n	media	d.e.	C-M	C-PN	M-PN
Rendimiento en corte (%)	68	64.9	1.70	31	60.1	1.8	41	58.9	1.4	***	***	*
Tejido muscular	68	72.52	2.80	31	60.6	4.2	41	59.04	3.5	***	***	n.s.
Tejido adiposos	68	11.01	2.50	31	20.12	4.2	41	22.28	3.9	***	***	*
Tejido óseo	68	16.47	1.40	31	19.27	1.6	41	18.6	1.6	***	***	n.s.
<b>Proporción del músculo en el corte (%)<sup>2</sup></b>												
<i>M longissimus dorsi</i>	68	15	2.00	31	14.8	2	41	14	1.4	n.s.	**	n.s.
<i>M. latissimus dorsi</i>	68	13.7	1.80	31	10.9	1.6	41	11.9	1.3	***	***	**
<i>M pectoralis profundus ascendens</i>	68	8.2	2.00	31	6.9	1.4	41	7.4	1.5	**	*	n.s.
<i>M. spinosus dorsi</i>	68	9.3	1.10	31	11	1.3	41	10	1.2	***	**	**
<b>Proporción de proteína de los músculos (g/100 g de peso fresco)</b>												
<i>M longissimus dorsi</i>	68	21.81	1.88	31	21.44	2.13	41	20.94	0.69	*	**	n.s.
<i>M. latissimus dorsi</i>	68	21.13	1.06	31	20.75	1.25	41	20.63	0.94	n.s.	*	n.s.
<i>M pectoralis profundus ascendens</i>	45	21.31	1.13	15	20.88	0.75	21	20.06	0.69	n.s.	***	**
<i>M. spinosus dorsi</i>	68	20.25	1.63	31	20.06	1.13	41	19.5	0.81	n.s.	**	*
<b>Proporción de lípidos totales de los músculos (g/100 g de peso fresco)</b>												
<i>M longissimus dorsi</i>	20	0.98	0.36	15	1.77	0.48	21	1.70	0.59	***	***	n.s.
<i>M. latissimus dorsi</i>	20	0.90	0.13	15	1.44	0.22	21	1.20	0.32	**	***	n.s.
<i>M pectoralis profundus ascendens</i>	20	0.87	0.12	15	1.32	0.49	21	1.27	0.29	***	***	n.s.
<i>M. spinosus dorsi</i>	20	1.13	0.23	15	3.13	1.57	21	3.01	0.93	***	***	n.s.
<b>Proporción de colágena de los músculos (g/100 g de peso fresco)</b>												
<i>M longissimus dorsi</i>	68	0.24	0.05	31	0.3	0.06	41	0.34	0.12	***	***	n.s.
<i>M. latissimus dorsi</i>	68	0.48	0.1	31	0.66	0.14	41	0.74	0.16	***	***	n.s.
<i>M pectoralis profundus ascendens</i>	45	0.52	0.11	15	0.71	0.11	21	0.69	0.13	***	***	n.s.
<i>M. spinosus dorsi</i>	68	0.32	0.07	31	0.42	0.1	41	0.44	0.09	***	***	n.s.

<sup>1</sup> Nivel de significancias entre Cárnico (C), tipo Mixto (M), y cruza Pie-Noir (PN): n.s. = no significativo, \* < 0.05, \*\* < 0.01, p < 0.001

<sup>2</sup> Peso del músculo disectado entre el peso total de músculo del corte en la 7a costilla

Fuente: Micheaux, 1984.

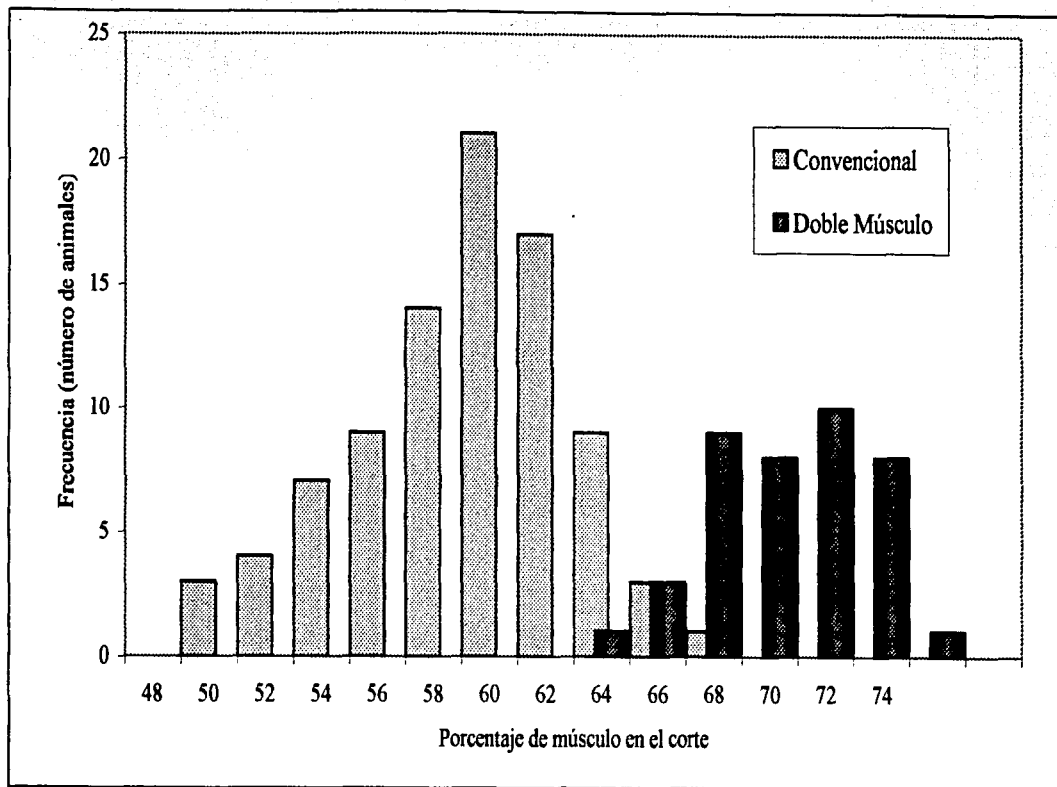
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 12. Evolución de la proporción de vientres cárnicos y lecheros en el inventario ganadero belga en años selectos

	Inventario nacional (vientres)			Proporción del inventario (%)		Tasa de crecimiento anual (%)		
	Total	Carne	Leche	Carne	Leche	Total	Carne	Leche
77	1,062,000	88,000	974,000	8.29%	91.71%	-	-	-
81	1,096,000	131,000	965,000	11.95%	88.05%	3.20%	48.86%	-0.92%
83	1,137,000	142,000	995,000	12.49%	87.51%	3.74%	8.40%	3.11%
84	1,142,000	160,000	982,000	14.01%	85.99%	0.44%	12.68%	-1.31%
85	1,130,000	184,000	946,000	16.28%	83.72%	-1.05%	15.00%	-3.67%
86	1,136,000	197,000	939,000	17.34%	82.66%	0.53%	7.07%	-0.74%
87	1,145,000	202,000	943,000	17.64%	82.36%	0.79%	2.54%	0.43%

Fuente: FAOSTAT, pagina web: <http://apps1.fao.org/> 16 mayo 2003.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



**Gráfica 2.** Frecuencia de casos observados por porcentaje de músculos en el corte a la 7ª costilla de la canal. El histograma muestra el número de casos distribuidos de acuerdo al porcentaje de músculo disectado a partir del corte obtenido de la sección de la canal en la 7ª costilla de la media canal izquierda de los animales de estudio. Las barras de color claro representan la distribución de los animales convencionales (mh/-) y las de color oscuro los animales de doble músculo (mh/mh). En el histograma se puede observar la distribución bimodal del porcentaje de músculos con una porción mínima de traslape. Fuente: Ansay y Hanset, 1979.



Cuadro 13. Sistema de cotación (calificación) linear para la raza Blanco Azul Belga

Grupo de características	extremo inferior	extremo superior
<b>Formato (1 a 50 por característica)</b>		
1. Talla	muy pequeña	muy grande
2. Longitud corporal	muy corta	muy larga
3. Ancho de pecho	muy estrecha	muy ancha
4. Ancho de pelvis	muy estrecha	muy ancha
<b>Conformación y desarrollo muscular (1 a 50 por característica)</b>		
5. Hombro-Espalda (musculatura)	escasa musculatura	muy musculoso
6. Dorso (musculatura del lomo)	escasa musculatura	muy musculoso
7. Costillar (curvatura)	plano	muy redondeado
8. Piel (grosor-elasticidad)	muy gruesa	muy fina
9. Anca (horizontalidad o inclinación, vista lateral)	horizontal	fuertemente inclinada
10. Pelvis (longitud)	muy corta	muy larga
11. Cola (forma de inserción)	inmersa, poco evidente	prominente y bien delimitada
12. Grupa o nalga vista lateral (perfil lateral)	recta	muy redondeada
13. Grupa o nalga vista posterior (musculatura, vista caudal)	poco redondeada	muy redondeada
<b>Desarrollo esquelético (1 a 50 por característica)</b>		
14. Osamenta (grosos de osamenta visible)	muy gruesa	muy fina
15. Hombro-Espalda (prominencias óseas)	muy saliente	poco evidente
16. Dorso (delineación, horizontalidad)	muy cóncava	muy convexa
17. Miembros anteriores (aplomos, vista frontal)	muy abiertos	muy juntos
18. Miembros posteriores (aplomos, vista caudal)	muy abiertos	muy juntos
19. Corvejones (angularidad, vista lateral)	muy recto	muy angulosos
20. Marcha (facilidad)	muy difícil	muy fácil

Fuente: Modificado de Hanset et al, 1990.

Cuadro 14. Descripción comparativa del comportamiento productivo observado en una prueba de progenie de 1987 a 1988 en Bélgica con animales pertenecientes a cinco tipos biológicos diferentes

	BAB x BAB	BAB x FR	FR x FR	BAB x MRY	MRY x MRY
<b>Comportamiento en el crecimiento</b>					
<b>Peso inicial, ajustado 7 meses (kg)</b>					
1987	-	277.3	272.4	283.2	255.1
1988	268.9	282	275.3	300.4	298.4
<b>Peso final ajustado 12 meses (kg)</b>					
1987	-	495.1	490	495.4	459
1988	508.2	514.5	489.3	502.6	509.9
<b>Ganancia diaria de peso de 7 a 12 m (kg)</b>					
1987	-	1.398	1.399	1.368	1.318
1988	1.537	1.495	1.377	1.305	1.361
<b>Eficiencia</b>					
<b>Consumo diario de alimento (kg)</b>					
1987	-	8.735	9.047	8.353	8.335
1988	7.907	8.857	9.053	8.558	9.15
<b>Relación de conversión alimenticia</b>					
1987	-	6.275	6.471	6.125	6.344
1988	5.175	5.917	6.591	6.593	6.729
<b>Precio de venta por kg de peso vivo(FB*)</b>					
1987	-	81.1	61.0	83.2	76.7
1988	127.3	75.3	61.1	78.6	71.8
<b>Ingreso neto diario (FB*)</b>					
1987	-	23.2	-8.5	27.4	14.8
1988	121.1	28.6	-1.8	21.4	10.7

\* Francos Belgas

Fuente: Modificado de Hanset *et al.*, 1989<sup>a</sup>

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 15. Sinopsis de las variantes de mutaciones del gen de la miostatina en bovinos identificadas por diferentes investigadores hasta la fecha en diferentes razas de ganado

Nombre de la mutación	Clasificación	Localización en el gen	Tipo de mutación	Mecanismo	Razas donde se ha detectado
F94L	Conservativa	Exón 1	Tranversión de una Citocina por una Adenina en el nucleótido 282 después del codón de inicio del exón.	Sustitución de una fenilalanina por una leucina en el aminoácido 94 codificado en el exón. Al parecer esta mutación no interfiere drásticamente con la función de la miostatina ya que se le ha encontrado en homocigosis en animales sin desarrollo muscular elevado.	Limousin (Grobet et al., 1998)
nt374-51(T-C)	Neutra	Intrón 1	Transición de Timina por Citosina en el nucleótido 374 del intrón	Alteraciones presentes en la secuencia nucleotídica en la porción no codificable del DNA (intrones).	Blanco Azul Belga (Grobet et al., 1998) Blond d'Aquitaine (Grobet et al., 1998) Limousin (Grobet et al., 1998) Parthenaise (Grobet et al., 1998) Asturiana de Valles (Grobet et al., 1998) Rubia Gallega (Grobet et al., 1998) Maine Anjou (Grobet et al., 1998)
nt374-50(G-A)	Neutra	Intrón 1	Transición de Guanina por Adenina en el nucleótido 374 del intrón		Maine Anjou (Grobet et al., 1998) Charolais (Grobet et al., 1998) Limousin (Grobet et al., 1998)
nt374-16 (del 1)	Neutra	Intrón 1	Delección de un Timina en el nucleótido 374		Maine Anjou (Grobet et al., 1998) Charolais (Grobet et al., 1998) Limousin (Grobet et al., 1998)
nt414 (C-T)	Silenciosa	Exón 2	Transición de una Citosina por una Timina en el nucleótido 414 después del codón de inicio del exón.	No altera la secuencia de lectura del código para la miostatina.	Maine Anjou (Grobet et al., 1998) Charolais (Grobet et al., 1998) Limousin (Grobet et al., 1998)
nt419 (del 7- ins10)	Inactivante	Exón 2	Delección de 7 pares de bases e inserción de 10 pares de bases en la posición del nucleótido 419 después del codón de inicio del exón.	Revela un codón de finalización prematuro en el N- terminal en el péptido asociado-latente en el aminoácido de la posición 140 de la miostatina.	Maine Anjou (Grobet et al., 1998)

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Nombre de la mutación	Clasificación	Localización en el gen	Tipo de mutación	Mecanismo	Razas donde se ha detectado
Q204X	Inactivante	Exón 2	Transición de una Citocina por una Timina en el nucleótido 610 después del codón de inicio del exón.	Produce la aparición de un codón de finalización prematuro en el mismo N-terminal del péptido asociado latente en el aminoácido 204 de la miostatina	Charolais (Dvoarak et al, 2002) Limousin (Grobet et al., 1998)
E226X	Inactivante	Exón 2	Transversión de una Guanina por una Timina en el nucleótido 676 después del codón de inicio del exón.	Produce la aparición de un codón de finalización prematuro en el mismo N-terminal del péptido asociado latente en el aminoácido 226 de la miostatina	Maine Anjou (Grobet et al., 1998)
nt748-78 (del 1)	Neutra	Intrón 2	Delección de una Timina en el nucleótido 748	Alteraciones presentes en la secuencia nucleotídica en la porción no codificable del DNA (intrones).	Maine Anjou (Grobet et al., 1998) Charolais (Grobet et al., 1998) Limousin (Grobet et al., 1998)
nt821 (del 11)	Inactivante	Exón 3	Delección de 11 pares de bases en la posición 821 (desde 821 a 831) después del codón de inicio del exón	Se recorre la secuencia de lectura en el DNA, originando la aparición prematura de un codón de finalización en el codón 14, después de la delección.	Bianco Azul Belga (Grobet et al., 1998), Asturiana de Valles (Grobet et al., 1998), South Devon (Wiener et al., 2002), Blond d'Aquitaine (Grobet et al., 1998) Parthenaise (Grobet et al., 1998) Rubia Gallega (Grobet et al., 1998)
C313Y	Inactivante	Exón 3	Transición de una Guanina por una Adenina en el nucleótido 938 después del codón de inicio del exón	Resulta en la sustitución de una Cisteína por una tirosina en la molécula de la miostatina. La cisteína está involucrada con la estabilidad tridimensional a través de los puentes disulfuro del péptido carboxil-erminal bioactivo.	Piedmontese (Kambadur et al., 1997) Gascone (Grobet et al., 1998)

Fuente: Adaptado de Grobet et al., 1997; 1998; Kambadur, 1997; Wiener, 2001; Miranda et al, 2003.

**Cuadro 16. Pesos, proporciones, correlaciones y equivalencia nominal entre los músculos corporales del bovino por regiones anatómicas y su denominación en tecnología de la carne, de un estudio de 20 canales de animales de un año de la raza BAB**

Región anatómica: músculos	Nombre latino	Apelativo por pieza	Apelativo general	Peso (kg)	% músculos	
					de canal	musc. total
<b>Región cervical: "Collier"</b>				<b>14.931</b>	<b>9.23</b>	<b>11.81</b>
M. Braquiocefálico	<i>m braquiocephalleus</i>	Griffe	Griffe	2.266	1.40	1.79
M. Trapecio	<i>m trapezius</i>	s.n.	1er et 2e talon	1.920	1.19	1.52
M. Romboideos	<i>m rhomboideus</i>	s.n.		1.896	1.17	1.50
M. Esplenio	<i>m splenius</i>	Partie avalisé	Partie avalisé	1.486	0.73	0.98
Otros				7.662	4.74	6.67
<b>Región torácica</b>				<b>22.220</b>	<b>13.75</b>	<b>17.65</b>
M. Tronco cutáneo	<i>m cutaneus tronci</i>	Tige de viande	Tige de viande	2.876	1.77	2.28
M. Pectoral superficial	<i>m pectorales superficialis</i>	s. n.	Poitrine	1.913	1.19	1.52
M. Pectoral profundo	<i>m pectorales profundii</i>	Grand pectoral		5.424	3.35	4.29
M. Serrato ventral	<i>m serratus ventralis</i>	Pièce parée	Pièce parée	4.467	2.77	3.54
M. Dorsal ancho	<i>m latissimus dorsi</i>	s. n.		3.328	2.06	2.64
M. Serrato dorsal cranéal	<i>m serratus dors. cranialis</i>	s. n.	Plat de côtes	0.221	0.14	0.18
M. Serrato dorsal caudal	<i>m serratus dors. caudalis</i>	s. n.		0.227	0.14	0.18
M. Intercostales	<i>m intercostales</i>	s. n.		3.201	1.99	2.55
M. Diafragma	<i>m diaphragma</i>	Dhiaphragme	Dhiaphragme	0.561	0.35	0.44
<b>Región dorsal</b>				<b>15.246</b>	<b>9.45</b>	<b>12.10</b>
M. Espinal dorsal	<i>m spinalis dorsi</i>	s. n.		2.729	1.69	2.16
M. Intercostales	<i>m intercostales</i>	s. n.	Entrecôte	0.408	0.25	0.33
M. Largo dorsal	<i>m longissimus dorsi</i>	s. n.		8.72	5.41	6.92
M. Psoas mayor	<i>m psoas major</i>	s. n.		2.206	1.37	1.75
M. Psoas menor	<i>m psoas minor</i>	s. n.	Folet pur	0.463	0.29	0.37
M. Iliacus	<i>m iliacus</i>	s. n.		0.719	0.45	0.57
<b>Miembro anterior (hombro y brazo)</b>				<b>13.229</b>	<b>8.20</b>	<b>10.50</b>
M. Infraespinoso	<i>m infaspinatus</i>	s. n.				
M. Deltoides	<i>m deltoideus</i>	s. n.	Petit nerf	2.623	1.63	2.08
M. Redondo menor	<i>m teres minor</i>	s. n.				
M. Supraespinoso	<i>m supraspinalis</i>	Faux filet	Faux filet	1.825	1.13	1.45
M. Subescapular	<i>m subscapularis</i>	Pelé d'ômoplate	Pelé d'ômoplate	1.132	0.70	0.90
M. Redondo mayor	<i>m teres major</i>	Grand rond	Grand rond	0.527	0.33	0.42
M. Biceps braquial	<i>m biceps brachii</i>	Nerveux	Nerveux	0.578	0.36	0.46
M. Triceps braq. c.larga	<i>m triceps brachii cap. longu</i>	Balle	Balle	5.005	3.10	3.97
M. Triceps braq. c.lateral	<i>m triceps brachii cap.latera</i>	Triangle	Triangle	0.813	0.50	0.65
M. Triceps braq. c.medial	<i>m triceps brachii cap.media</i>	s. n.		0.096	0.06	0.08
M. Coracobraquial	<i>m coracobrachialis</i>	s. n.	Côte nerveux	0.130	0.08	0.10
M. Braquial	<i>m brachialis</i>	s. n.		0.497	0.31	0.40
<b>Miembro anterior (antebrazo)</b>						
M. Extensor carpo	<i>m ext carporadialis</i>	Jarret	Jarret	2.998	1.86	2.38
<b>Región abdominal</b>				<b>7.899</b>	<b>4.89</b>	<b>6.26</b>
M. Oblicuo externo	<i>m obliquuus externus</i>	Flanc	Flanc	2.633	1.63	2.09
M. Recto abdominal	<i>m rectus abdominis</i>	Tache noire	Tache noire	2.289	1.42	1.81
M. Oblicuo interno	<i>m obliquuus internus</i>	Fausse bavette	Fausse bavette	1.230	0.76	0.97
M. Transverso abdominal	<i>m transversus abdomini</i>	Bavette	Bavette	1.746	1.08	1.39

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Continuación

Región anatómica: músculos	Nombre latino	Apelativo por pieza	Apelativo general	Peso (kg)	% músculos	
					de canal	músc. total
<b>Miembro posterior (cadera y muslo)</b>				<b>39.976</b>	<b>24.76</b>	<b>34.70</b>
M. Obturador externo	<i>m obturator externus</i>	Fausse araignée	Fausse araignée	0.313	0.19	0.25
M. Obturador intrapelv.	<i>m obturator pars intrapelvi</i>	Araignée	Araignée	0.280	0.17	0.22
M. Glúteo med. y prof.	<i>m gluteus medius, profundus</i>	Petite tête	Petite tête	5.322	3.30	4.22
M. Tensor de la fascia lata	<i>m tensor fasciae latae</i>	Aiguillette	Aiguillette	1.823	1.13	1.45
M. Biceps femoral	<i>m biceps femoris</i>	Plate cuisse	Plate cuisse	9.923	6.14	7.86
M. Vasto lateral	<i>m vastus lateralis</i>	Côté plat		2.882	1.78	2.29
M. Vasto medial	<i>m vastus medialis</i>	Mouvant	Grosse tête	1.327	0.82	1.05
M. Recto femoral	<i>m rectus femoris</i>	Obus		2.590	1.60	2.05
M. Semitendinoso	<i>m semitendinosus</i>	Filet d' Anvers	Filet d' Anvers	3.815	2.36	3.02
M. Sartorio	<i>m sartorius</i>	Maquerceau		0.547	0.34	0.43
	<i>m gracilis</i>	Couverclo		1.507	0.93	1.19
M. Aductor femoral	<i>m adductor femoris</i>	Tache noire	Grosse cuisse	2.017	1.25	1.60
M. Semimembranosos	<i>m semimembranosus</i>	Grosse cuisse		6.942	4.30	5.51
M. Pectíneo	<i>m pectineus</i>	Poire		0.685	0.43	0.55
<b>Miembro posterior (pierna)</b>				<b>4.906</b>	<b>3.04</b>	<b>3.90</b>
M. Flexor digital superficialis	<i>m flexor digitorum superf.</i>	Souris		0.345	0.22	0.28
M. Gastrocnemio	<i>m gastrocnemius</i>	Jumeaux	Trumeau	2.015	1.25	1.60
Otros		Jarret	Jarret	2.537	1.57	2.02

s.n. = sin nombre específico individual.

Fuente: Michaux C, Stasse A, Sonnet R, Leroy P, et Hanset R : La composition de la carcasse de taureaux culards blanc-bleu belge. Ann. Méd. Vét., 1983, 1272, 349-375.

**Cuadro 17. Características encontradas en el estudio de 20 toros de tipo convencional sacrificados a edad constante de 12 meses en la Estación de Selección Bovina en Ciney, Bélgica de 1980-81**

Indicadores	unidad	Media	d.e.	min.	máx.
Peso vivo a los 12 meses	(kg)	496.8	34.9	434	562
Precio de venta por kilo	(F.B.)	102.5	7.9	90	118
Peso de la canal	(kg)	323.6	23	284	361
Rendimiento al sacrificio	(%)	64.9	1.3	63.4	67.1
Longitud de la canal	(cm)	119.6	3.4	115	127.5
Profundidad del pecho	(cm)	32.6	1.5	29.8	35.1
Peso del corte monocostal	(kg)	3.83	0.4	3.17	4.78
<b>Composición de la media canal</b>					
Músculos totales	(%)	78.1	1.4	75.3	80.5
	(kg)	126.1	9.2	110.2	141.2
Músculos hipertrofiados <sup>1</sup>	(%)	32.4	0.9	20.7	34.1
	(kg)	52.3	4.2	45.2	59.6
Grasa perirenal y pélvica	(%)	2.9	0.9	1.1	4.6
	(kg)	4.7	1.4	1.7	7.9
Grasa subcut., intermusc.+ conjuntivo y aponeurosis	(%)	4.6	0.72	3.3	5.7
	(kg)	7.4	1.4	5.1	9.7
Hueso	(%)	13.4	0.8	11.7	15
	(kg)	21.7	2.2	19	26.2
Relación músculo total / hueso		5.8	0.4	5.1	6.8
Relación músculos hipertrofiados / hueso		2.4	0.2	2.1	2.9
<b>Composición monocostal</b>					
Músculos totales	(%)	73	2.9	68.2	79.4
	(kg)	2.8	0.4	2.3	3.6
Grupo de 7 musculos <sup>2</sup>	(%)	47.1	2.3	42.5	52.1
	(kg)	1.8	0.3	1.5	2.4
Músculos hipertrofiados <sup>3</sup>	(%)	28.3	2.5	23.9	34.9
	(kg)	1.1	0.2	0.79	1.5
Grasa subcut., intermusc.+ conjuntivo y aponeurosis	(%)	10.4	2	7.2	15.6
	(kg)	0.4	0.08	0.25	0.64
Hueso	(%)	16.5	1.5	13.5	19.7
	(kg)	0.63	0.06	0.55	0.74
Relación músculo total / hueso		4.5	0.6	3.5	5.9
Relación de 7 músculos / hueso		2.9	0.4	2.3	3.7
Relación de músculos hipertrofiados / hueso		1.7	0.3	1.2	2.4

<sup>1</sup> *M. tensor fasciae latae, M. biceps femoris, M. vastus lateralis, M. semitendinosus, M. gracilis, M. semimembranosus, M. pectineus, M. trapezius, M. cutaneus trunci, M. pectoralis profundus, M. latissimus dorsi, M. psoas major, M. teres major, M. triceps branchii caput longum et caput laterale, M. obliquus externus abdominis.*

<sup>2</sup> *M. Longissimus dorsi, M. Spinalis dorsi, M. Latissimus dorsi, M. Pectoralis profundus, M. obliquus externus abdominis, M. Rectus abdominis, M. Cutaneus trunci.*

<sup>3</sup> *M. Cutaneus trunci, M. Trapezius, M. Latissimus dorsi, M. Pectoralis profundus, M. Obliquus externus abdominis.*

Fuente: Michcaux, 1984

**FALTA**

**PAGINA**

**116**



Cuadro 19. Resultados del programa de transferencia de embriones de la raza Blanco Azul belga de origen belga en Soto La Marina Tamaulipas 1994-95

	Número de vacas empleadas	Frecuencias relativas por vaca expuesta		Frecuencia relativa en cada etapa		Totales
		base = 99 vacas sincronizadas		Frecuencia	Porcentaje	
		Frecuencia	Porcentaje			
<b>Sincronizaciones, 1994</b>						
Vacas sincronizadas	99	-	-	99	-	-
Vacas descartadas	43	42/99	43.43%	42/99	43.43%	-
Vacas seleccionadas	56	57/99	-	57/99	56.57%	100.0%
<b>Transferencias de 1995 y 1995</b>						
Vacas transferidas	56	-	-	56	-	-
Vacas gestantes a 45 días	20	20/99	20.20%	20/56	35.71%	-
Vacas vacías	36	36/99	36.36%	36/56	64.29%	100.0%
<b>Gestaciones (1995)</b>						
Vacas gestantes	20	-	-	-	-	-
Vacas con aborto	2	2/99	2.02%	2/20	10.00%	-
Vacas gestantes a término	18	18/99	-	18/20	90.00%	100.0%
<b>Nacimientos, 1995-96</b>						
Vacas a término	18	-	-	18	-	-
Becerras vivos	16	16/99	16.16%	16/18	88.89%	-
Becerras muertas	2	2/99	2.02%	2/18	11.11%	100.0%

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 20. Resultado de los partos resueltos mediante intervención quirúrgica (cesárea) en las vacas receptoras de embriones transferidos y sobrevivencia de las crías en tres épocas de pariciones de 1995 al 2001

Vacas	1995-96			1998			2001			Acumulado		
	Casos	Frecuencia	Porcentaje	Casos	Frecuencia	Porcentaje	Casos	Frecuencia	Porcentaje	Casos	Frecuencia	Porcentaje
Gestaciones a término <sup>1</sup>	18	-	-	4	-	-	7	-	-	29	-	-
Partos no quirúrgicos (distocias) <sup>2</sup>	1	1/18	5.56%	0	0/4	0.0%	0	0/7	0.0%	1	1/28	3.45%
Intervenciones quirúrgicas (cesáreas)	17	17/18	94.44%	4	4/4	100.0%	7	7/7	100.0%	28	28/28	96.55%
			100.00%			100.0%			100.0%			100.0%
Vacas intervenidas quirúrgicamente	17	-	-	4	-	-	7	-	-	28	-	-
Mortalidad en cirugía	1	1/17	5.88%	0	0/4	0.0%	1	1/7	14.29%	2	2/28	7.14%
Sobrevivientes	16	16/17	94.12%	4	4/4	100.0%	6	6/7	85.71%	26	26/28	92.86%
			100.00%			100.0%			100.0%			100.0%
Sobrevivientes	16	-	-	4	-	-	6	-	-	26	-	-
Eliminación postquirúrgica de vacas <sup>3</sup>	2	2/16	12.50%	1	1/4	25.0%	0	0/6	0.0%	3	3/26	11.54%
Viables para reproducción <sup>4</sup>	14	14/16	87.50%	3	3/4	75.0%	6	6/6	100.0%	23	23/26	88.46%
			100.00%			100.0%			100.0%			100.0%
Expuestas		17			4			7				
Viables/expuestas a cirugía <sup>5</sup>		14/17	82.35%		3/4	75.00%		6/7	85.71%		23/28	82.14%
No viables/expuestas a cirugía <sup>6</sup>		3/17	17.65%		1/4	25.00%		1/7	14.29%		5/28	17.86%
			100.00%			100.0%			100.0%			100.0%
<b>Crías</b>												
Total de nacimientos	18	-	-	4	-	-	7	-	-	29	-	-
Nacidas muertas	0	0/18	0.00%	0	0/4	0.0%	1	1/7	14.29%	1	1/29	3.45%
Mortalidad en cirugía	1	1/18	5.56%	0	0/4	0.0%	0	0/7	0.00%	1	1/29	3.45%
Mortalidad perinatal y postnatal	1	1/18	5.56%	0	0/4	0.0%	1	1/7	14.29%	2	2/29	6.90%
Sobrevivientes	16	16/18	88.89%	4	4/4	100.0%	5	5/7	71.43%	25	25/29	86.21%
			100.0%			100%			100.0%			100.0%

1 Total de vacas receptoras de embrión con gestación a término, sin considerar las vacas que abortaron.

2 Casos de distocia resueltos mediante tracción forzada sin intervención quirúrgica.

3 Vacas sobrevivientes a la intervención, eliminadas del hato por alteraciones en la cicatrización quirúrgica o en la fertilidad.

4 Vacas sobrevivientes a la intervención con servicios y gestaciones posteriores.

5 Proporción de vacas viables para la reproducción del total de vacas intervenidas quirúrgicamente

6 Proporción de casos desfavorables (muertes e infertilidad) del total de vacas intervenidas quirúrgicamente

FECS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 21. Registro de pesajes y pesos ajustados a 205 y 365 días, ganancias diarias de peso pre y postdestete del hato Blanco Azul Belga nacido en el rancho La Esperanza, Soto La Marina Tamaulipas en 1995-96

Nº	Sexo	NOMBRE	Peso	Peso al destete		GDP		Peso al año			GDP
			nac. (kg)	Edad (días)	Peso (kg)	Ajuste 205 d	Antes Destete	Edad (días)	Peso (kg)	Ajuste 365 d	Después Destete
52-5	H	JOSEFA	47	218	234	222.85	0.858	377	306.36	304.06	0.455
79-5	H	NATIVIDAD	45	211	244.54	238.87	0.946	356	288.18	289.28	0.301
81-5	H	SABINA	46	206	271.81	270.72	1.096	351	312.72	314.35	0.282
02-6	H	SARA	40	-	-	-	-	349	-	-	-
03-6	H	GENOVEVA	48	202	240	242.85	0.950	347	328.18	332.75	0.608
04-6	H	TELESFORA	40	200	214.09	218.44	0.870	345	280.9	284.78	0.461
10-6	H	PATRICIA	40	196	204.54	212.10	0.840	-	-	-	-
80-5	M	HONORIO	48	206	239.09	238.16	0.928	351	312.72	315.66	0.508
01-6	M	ODILON	47	204	240	240.95	0.946	-	-	-	-
05-6	M	MARCELO	48	208	275.45	272.17	1.094	-	-	-	-
06-6	M	ANTONIO	55	207	257.27	255.32	0.977	333	330	336.98	0.577
07-6	M	VICENTE	54	202	212.72	215.08	0.786	-	-	-	-
08-6	M	LEOPOLDO	56	199	253.63	259.60	0.993	325	293.63	298.55	0.317
<b>Descripción estadística general</b>											
Promedio general			<b>47.23</b>	<b>204.92</b>	<b>240.60</b>	<b>240.59</b>	<b>0.940</b>	<b>348.22</b>	<b>306.59</b>	<b>309.55</b>	<b>0.439</b>
d.e.			5.39	5.88	22.32	20.81	0.094	14.52	17.95	19.00	0.126
Mediana			47.00	205.00	240.00	239.91	0.946	349.00	309.54	309.21	0.458
Promedio machos			<b>51.33</b>	<b>204.33</b>	<b>246.36</b>	<b>244.34</b>	<b>0.946</b>	<b>336.33</b>	<b>312.12</b>	<b>317.06</b>	<b>0.467</b>
d.e.			4.08	3.39	21.18	21.22	0.110	13.32	18.19	19.25	0.135
Mediana			51.00	202.00	239.09	238.16	0.928	347.00	312.72	315.66	0.508
Promedio hembras			<b>43.71</b>	<b>205.50</b>	<b>234.83</b>	<b>234.31</b>	<b>0.927</b>	<b>354.17</b>	<b>303.27</b>	<b>305.04</b>	<b>0.421</b>
d.e.			3.59	7.99	23.82	21.43	0.095	11.81	19.02	19.46	0.134
Mediana			45.00	204.00	237.00	230.86	0.908	350.00	306.36	304.06	0.455

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 22. Resultados obtenidos en los programas de colección y transferencias embrionarias de 1997 al 2000, con las hembras puras de la raza Blanco Azul Belga nacidas en Soto La Marina Tamaulipas en 1995-96

Año	Prog	Donadoras			Embriones obtenidos			Receptoras			Gestaciones		
		Tratada	Con resp.	%	Totales	/vaca con resp	/vaca expuesta	Sincr	Selecc	%	Embr. transf	a 45 días	a término
1997	I	4	1	25	6	6	1.5	38	17	44.7	6	6	4
1998	II	4	3	75	10	3.3	2.5	0	0	-	-	-	-
1998	III	5	1	20	3	3	0.6	17	17	100	3	0	0
2000	IV	4	3	75	19	6.3	4.75	0	0	-	-	-	-
2000	V	4	3	75	12	4	3	0	0	-	-	-	-
2000	VI	4	3	75	6	2	1.5	36	18	50	18	8	7
		25	14		56			91	52		27	14	11

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 23. Pesos promedio al nacimiento registrados en el rancho La Esperanza de 1995 a 2000 en animales híbridos de las razas Blanco Azul Belga, Limousin y Simmental**

	N	Media	D.E.	C.V.	Mediana	Moda	Varianza
<b>Grupo</b>	877	35.00	5.226	0.1496	35.00	35.00	27.31
Machos	445	35.79	5.70	0.1592	36.00	36.00	32.47
Hembras	432	34.03	4.53	0.1330	34.00	35.00	20.48

**Machos**

	n	Media	D.E.	C.V.	Mediana	Moda	z
Blanco Azul Belga 100%	6	51.33	4.08	0.0795	51.00	48.0	2.73
Blanco Azul Belga 50%	102	36.63	5.81	0.1586	36.00	35.0	0.15
Beeffmaster 100%	35	37.96	4.55	0.1200	38.00	40.0	0.38
Limousin 100%	182	34.92	5.17	0.1480	35.00	36.0	-0.15
Limousin 50%	68	34.06	5.33	0.1564	35.00	36.0	-0.30
Simmental 50%	49	35.40	3.21	0.0906	36.00	37.0	-0.07

**Hembras**

	n	Media	D.E.	C.V.	Mediana	Moda	z
Blanco Azul Belga 100%	7	43.71	3.59	0.08	45.00	40.00	2.14
Blanco Azul Belga 50%	102	35.61	4.11	0.12	35.50	34.00	0.35
Beeffmaster 100%	16	34.69	5.68	0.16	34.00	34.00	0.14
Limousin 100%	159	33.04	4.09	0.12	34.00	32.00	-0.22
Limousin 50%	94	33.45	4.78	0.14	34.00	35.00	-0.13
Simmental 50%	54	33.56	3.56	0.11	34.00	35.00	-0.11

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 24. Resumen de los promedios generales de peso a 205 días de edad y ganancias diarias de peso en animales de diferente grupo racial producidos en Soto La Marina Tamaulipas de 1995-2000

**Promedio general de peso a 205 días y ganancia diaria de peso**

	Media peso 205 días					Media GDP			
	n	(kg)	d.e.	c.v.	z	(kg/día)	d.e.	c.v.	z
General	189	212.02	27.53	0.13	-	0.855	0.15	0.18	-
Machos	121	214.65	30.43	0.14	1.05	0.876	0.14	0.16	1.51
Hembras	67	207.25	20.61	0.10	-1.99	0.843	0.09	0.11	-1.96

**Promedio general de peso a 205 días y ganancia diaria de peso en machos**

Raza o cruce	Media peso 205 días					Media GDP			
	n	(kg)	d.e.	c.v.	z	(kg/día)	d.e.	c.v.	z
BAB 50%	40	223.49	28.59	0.13	<b>0.29</b>	0.919	0.13	0.14	0.31
Beefmaster 100%	13	225.34	28.42	0.13	<b>0.35</b>	0.912	0.13	0.14	0.26
Limousin 100%	35	208.42	34.58	0.17	<b>-0.20</b>	0.840	0.17	0.20	-0.26
Limousin 50%	19	207.00	27.31	0.13	<b>-0.25</b>	0.845	0.12	0.14	-0.22
Simmental 50%	14	203.63	23.27	0.11	<b>-0.36</b>	0.846	0.11	0.14	-0.21
Total	121								

**Promedio general de peso a 205 días y ganancia diaria de peso en hembras**

Raza o cruce	Media peso 205 días					Media GDP			
	n	(kg)	d.e.	c.v.	z	(kg/día)	d.e.	c.v.	z
BAB 50%	33	212.76	19.65	0.09	<b>0.27</b>	0.869	0.09	0.11	<b>0.28</b>
Beefmaster 100%	2	201.14	22.89	0.11	<b>-0.30</b>	0.786	0.09	0.12	<b>-0.61</b>
Limousin 100%	18	205.60	19.58	0.10	<b>-0.08</b>	0.834	0.09	0.10	<b>-0.10</b>
Limousin 50%	12	197.16	23.56	0.12	<b>-0.49</b>	0.800	0.10	0.13	<b>-0.46</b>
Simmental 50%	2	197.68	1.47	0.01	<b>-0.46</b>	0.806	0.02	0.03	<b>-0.40</b>
Total	67								

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 25. Medias de Mínimos Cuadrados para peso al nacimiento de acuerdo a raza paterna, raza materna, sexo y año de nacimiento por el método de mínimos cuadrados, de los becerros nacidos en el rancho La Esperanza en Soto La Marina, Tamaulipas de 1995 a 2000**

	n	Pesos medios ajustados	Error estandar
<b>Raza paterna*</b>			
BM	51	36.66 <sup>a</sup>	0.98
BB	219	36.30	0.61
SIM	103	36.00	0.74
LIM	498	34.74	0.62
<b>Raza materna*</b>			
BB	19	49.55 <sup>b</sup>	1.16
Cz	63	35.69	0.64
BM	111	35.58	0.48
SBH	137	35.23	0.48
BB-BRH	10	34.66	1.52
LIM	364	34.52	0.46
LIM-BRH	20	33.86	1.12
BRH	139	33.47	0.44
BB-BM	8	33.03	1.66
<b>Sexo de la cría</b>			
Hembras	442	35.13 <sup>c</sup>	0.61
Machos	429	36.72	0.61

\* Razas y cruzamientos: BM=Beefmaster, BB=Blanco Azul Belga, SIM=Simmental, LIM=Limousin, BRH=Brahman, Cz=Cruzas diferentes razas, SBH=Simbrah, BB-BRH=Blanco Azul Belga x Brahman, LIM-BRH=Limousin x Brahman, LIM-BRH=LimousinxBrahman,

<sup>a</sup> diferencia significativa entre hijos de toros BAB e hijos de toros Limousin  $p < 0.05$

<sup>b</sup> diferencia significativa entre hijos de hembras BAB y los demás  $p < 0.001$

<sup>c</sup> diferencia significativa entre machos y hembras  $< 0.0001$

**Cuadro 26. Medias de Mínimos Cuadrados para peso a los 205 días de acuerdo a la raza paterna, raza materna, año y sexo de los becerros del rancho La Esperanza en Soto La Marina, Tamaulipas de 1995 a 2000**

	n	Peso ajustado destete	Error estandar
<b>Raza paterna*</b>			
BB	74	208.506 <sup>a</sup>	6.14
SIM	15	207.214	9.98
BM	11	191.972	10.87
LIM	64	184.155	7.19
<b>Raza materna*</b>			
BB	12	230.84 <sup>b</sup>	10.61
Cz	11	220.15	8.69
SBH	34	210.54	6.50
LIM-BRH	6	197.28	11.57
BRH	31	194.42	6.23
BM	25	194.37	6.22
LIM	37	159.70	7.22
<b>Sexo del becerro</b>			
Machos	94	204.728 <sup>c</sup>	5.839
Hembras	70	191.196	6.258

\* Razas y cruzamientos: BM = Beefmaster, BB = Blanco Azul Belga, SIM = Simmental, LIM = Limousin, BRH = Brahman, Cz = Cruzas diferentes razas, SBH = Simbrah, BB-BM = Blanco Azul Belga x Beefmaster, LIM-BRH = Limousin x Brahman.

<sup>a</sup> diferencia significativa entre hijos de toros BAB e hijos de toros Limousin  $p < 0.01$

<sup>b</sup> diferencia significativa entre hijos de hembras BAB con los de BM  $p < 0.05$ , con los de BRH  $p < 0.01$ , con los Lim  $p < 0$ .

<sup>c</sup> diferencia significativa entre machos y hembras  $< 0.0001$



**Cuadro 27. Medias de mínimos cuadrados para ganancias diarias de peso de acuerdo a la raza del padre, de la madre, sexo y año de los becerros del rancho La Esperanza en Soto La Marina Tamaulipas de 1995 a 2000**

Raza o cruce <sup>+</sup>	n	Media ajustada para peso a 205 días	Error estándar
<b>Raza paterna</b>			
BB**	74	1.017 <sup>a</sup>	0.029
SIM	15	1.010	0.048
BM	11	0.936	0.053
LIM	64	0.898	0.035
<b>Raza materna</b>			
BB**	14	1.126 <sup>b</sup>	0.051
Cz	12	1.073	0.042
SBH	34	1.027	0.031
LIM-BRH	7	0.962	0.056
BM	25	0.948	0.030
BRH	33	0.948	0.030
LIM	39	0.779	0.035
<b>Sexo</b>			
Machos	94	0.998 <sup>c</sup>	0.028
Hembras	70	0.932	0.031

<sup>+</sup> Razas y cruzamientos: BM=Beefmaster, BB=Blanco Azul Belga, SIM=Simmental, LIM=Limousin, BRH=Brahman, Cz=Cruzas diferentes razas, SBH=Simbrah, LIM-BRH=LimousinxBrahman.

<sup>a</sup> diferencia significativa entre hijos de toros BAB e hijos de toros Limousin  $p < 0.01$

<sup>b</sup> diferencia significativa entre hijos de hembras BAB con los de BM  $p < 0.05$ , con los de BRH  $p < 0.01$ , con los Lim  $p < 0.0001$

<sup>c</sup> diferencia significativa entre machos y hembras  $< 0.0001$

Cuadro 28. Resumen de promedios generales de peso al nacimiento, peso a 205 días y ganancias diarias de peso de los híbridos de la raza BAB y otros nacidos en la Ganadera Uberaba, Jalisco de 1998 a 2001

**Promedios generales del grupo**

	Peso nacimiento (kg)				Peso a 205 días (kg)				Ganancia diaria de peso (kg/día)			
	n	Media	d.e.	c.v.	n	Media	d.e.	c.v.	n	Media	d.e.	c.v.
Promedio	37	40.00	4.77	0.12	35	221.64	26.42	0.12	35	1.081	0.129	0.12
Machos	22	40.27	5.55	0.14	21	218.32	28.30	0.13	21	1.06499	0.138	0.13
Hembras	15	39.60	3.46	0.14	14	226.62	23.42	0.10	14	1.10547	0.114	0.10

**Promedios generales por grupo racial (kg)**

INRA95 x Charolais	3	48.00	4.36	0.09	3	235.31	19.33	0.08	3	1.148	0.094	0.08
BAB x Charolais	7	39.86	4.22	0.11	6	233.31	21.94	0.09	6	1.138	0.107	0.09
BAB x BAB-Limousin	7	39.86	4.34	0.11	7	214.36	14.81	0.07	7	1.046	0.072	0.07
BAB x Limousin	18	39.00	4.43	0.11	17	212.08	25.87	0.12	17	1.035	0.126	0.12
BAB x Holstein	2	38.00	2.83	0.07	2	272.88	0.81	0.00	2	1.331	0.004	0.00

**Promedios generales por grupo racial y sexo (kg)**

INRA95 x Charolais												
Machos	2	49.50	4.95	0.10	2	225.63	13.58	0.06	2	1.101	0.066	0.06
Hembras	1	45.00	-	-	1	254.69	-	-	1	1.242	-	-
BAB x Charolais												
Machos	6	39.50	4.51	0.11	6	233.31	21.94	0.09	6	1.138	0.107	0.09
Hembras	1	42.00	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
BAB x BAB-Limousin												
Machos	3	41.00	4.00	0.10	3	226.06	6.47	0.03	3	1.103	0.032	0.03
Hembras	4	39.00	4.97	0.13	4	205.58	13.07	0.06	4	1.003	0.064	0.06
BAB x Limousin												
Machos	3	41.00	4.00	0.10	9	211.27	30.76	0.15	9	1.031	0.150	0.15
Hembras	4	39.00	4.97	0.13	8	213.00	21.12	0.10	8	1.039	0.103	0.10
BAB x Holstein												
Machos	1	40.00	-	-	1	273.44	-	-	1	1.334	-	-
Hembras	1	36.00	-	-	1	272.31	-	-	1	1.328	-	-

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 29. Resumen de promedios generales de peso a 365 días y ganancias diarias de peso de los híbridos de la raza BAB y otros nacidos en la Ganadera Uberaba, Jalisco de 1998 a 2001

	Peso a 365 días (kg)				Ganancia diaria de peso (kg/día)			
	n	Media	d.e.	c.v.	n	Media	d.e.	c.v.
<b>General</b>	19	377.56	51.67	0.14	19	1.034	0.142	0.14
Machos	11	378.68	57.38	0.15	11	1.037	0.157	0.15
Hembras	8	373.37	25.01	0.07	8	1.023	0.069	0.07
<b>Por grupo racial (kg)</b>								
INRA95 x Charolais	3	414.99	39.00	0.09	3	1.137	0.11	0.09
BAB x Charolais	1	408.70	-	-	1	1.120	-	-
BAB x BAB-Limousin	3	361.60	10.28	0.03	3	0.991	0.028	0.03
BAB x Limousin	11	365.39	59.80	0.16	11	1.001	0.164	0.16
BAB x Holstein	1	415.90	-	-	1	1.139	-	-
<b>Por grupo racial y sexo (kg)</b>								
INRA95 x Charolais								
Machos	2	435.98	19.95	0.05	2	1.194	0.055	0.05
Hembras	1	373.01	-	-	1	1.022	-	-
BAB x Charolais								
Machos	1	408.70			1	1.120		
Hembras	0				0			
BAB x BAB-Limousin								
Machos	2	363.35	13.88	0.04	2	0.995	0.038	0.04
Hembras	1	358.10	-	-	1	0.981	-	-
BAB x Limousin								
Machos	5	421.03	18.61	0.04	5	1.153	0.051	0.04
Hembras	6	319.03	34.66	0.11	6	0.874	0.095	0.11
BAB x Holstein								
Machos	1	415.9	-	-	1	1.139	-	-
Hembras	0	-	-	-	0	-	-	-

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

Cuadro 30. Promedios generales, desviación estándar y coeficiente de variación de los pesos al sacrificio, en canal y rendimiento de los híbridos de la raza BAB participantes dentro de cada categoría en el XII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de canales, de la XXXV Exposición Ganadera Jalisco 2001

	Peso sacrificio				Peso de canal			Rendimiento
	n	Media	d.e.	c.v.	Media	d.e.	c.v.	Media
Grupo Vaquillas	19	567.95	81.13	0.14	404.13	66.32	0.16	70.92
Blanco Azul Belga 50%	14	590.00	73.94	0.13	422.71	60.48	0.14	71.47
Controles	5	506.20	73.40	0.14	352.10	57.57	0.16	69.40
Grupo Toretos	14	543.79	56.65	0.10	370.21	42.32	0.11	68.04
Blanco Azul Belga 50%	3	563.00	38.20	0.07	379.00	40.45	0.11	67.21
Controles	11	538.55	61.15	0.11	367.82	44.40	0.12	68.27
Grupo Toros	18	668.11	82.11	0.12	461.86	67.30	0.15	68.94
Blanco Azul Belga 50%	12	679.75	63.37	0.09	472.60	52.33	0.11	69.44
Controles	6	644.83	114.52	0.18	440.38	92.43	0.21	67.95

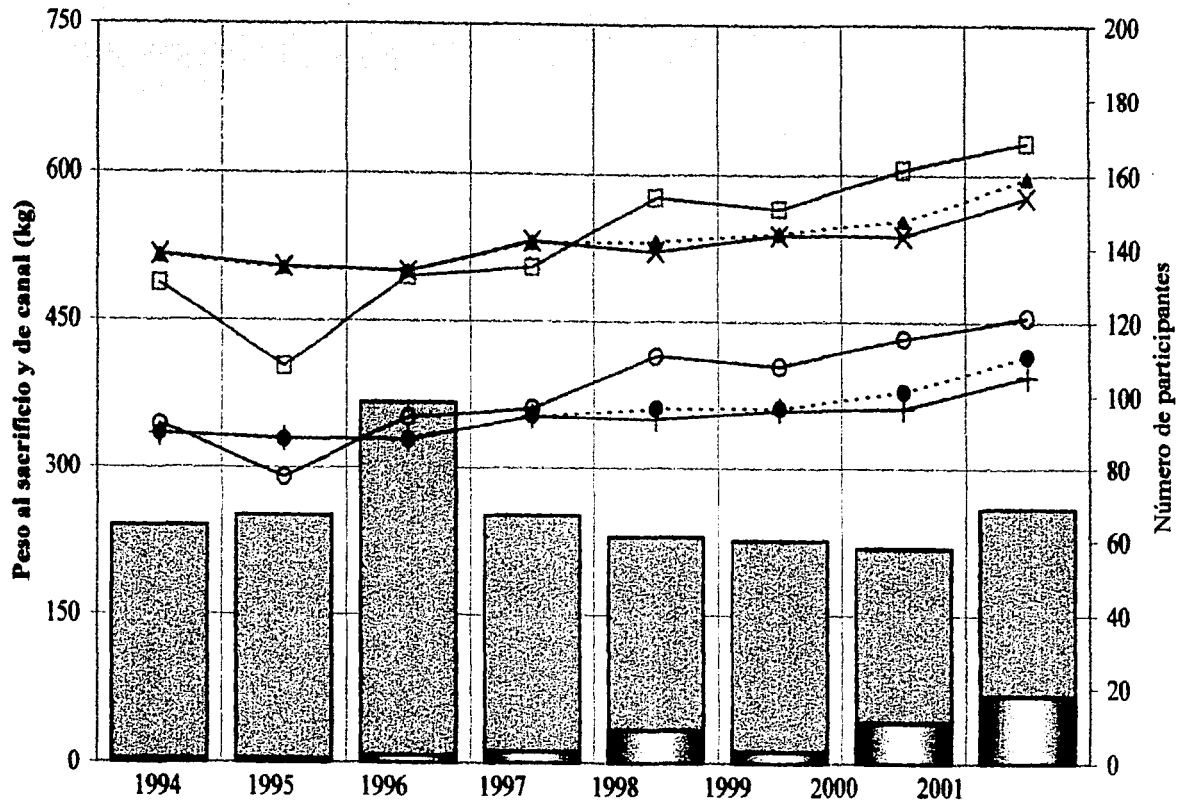
Cuadro 31. Promedios generales y desviaciones estandar de peso al sacrificio (en pie), peso de la canal y rendimiento de la canal del total de participantes e híbridos de la raza BAB en los Concursos de Rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales realizados en Guadalajara de 1994 al 2001 por la Asociación de Engordadores del estado de Jalisco

Año	Total de participantes <sup>1</sup>				Híbridos de la raza BAB				Grupo restante (otras razas o cruza) <sup>2</sup>			
	n	Peso sacrificio kg	Peso canal kg	Rendim. Canal %	n	Peso sacrificio kg	Peso canal kg	Rendim. Canal %	n	Peso canal kg	Rendim. canal kg	Rendim. Canal %
1994	63	516.3	334.5	64.8	1	488.0	345.0	70.7	62	516.8	334.3	64.7
1995	66	503.9	328.7	65.2	1	404.0	290.0	71.8	65	505.4	329.3	65.2
1996	96	501.0	328.9	65.7	2	495.5	352.8	71.2	94	501.1	328.4	65.5
1997	64	529.9	353.9	66.8	3	505.3	361.4	71.2	61	531.1	353.6	66.6
1998	52	530.9	362.0	68.2	9	577.0	415.1	71.9	43	521.3	350.8	67.3
1999	57	539.2	362.4	67.2	3	565.7	404.7	71.5	54	537.8	360.1	67.0
2000	47	552.7	379.2	68.6	11	605.1	433.6	71.6	36	536.7	362.6	67.6
2001	51	596.7	415.2	69.6	18	631.4	454.2	71.9	33	577.7	393.9	68.2
<b>Totales</b>	<b>496</b>				<b>48</b>				<b>448</b>			

<sup>1</sup> Los promedios mostrados en el Total de participantes incluye todos los participantes de todas las categorías (Vaquillas, Controlados o toretes y Libre o Torcos) de cada año, inclusive los híbridos de la raza BAB.

<sup>2</sup> En el grupo restante se incluyen los pesos y rendimientos de todos los participantes excluyendo los pesos y rendimientos de los híbridos de la raza BAB

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



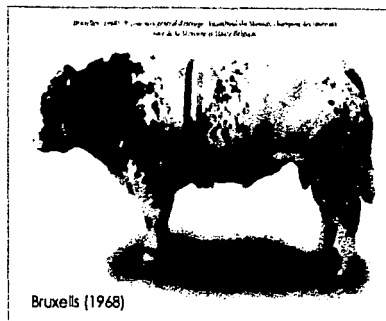
**Gráfica 3. Evolución de los promedios generales de peso al sacrificio, peso de la canal del total de participantes y proporción de representación de híbridos de la raza BAB y del grupo de cruza restantes en el Concurso de Rendimiento de Canales en Jalisco, desde 1994 al 2001.**

- n grupo de híbridos BAB
- n grupo cruza restantes
- Peso canal de híbridos BAB
- Peso canal del grupo de cruza restante
- Peso de sacrificio del Total de participantes
- Peso sacrificio de grupo de cruza restantes

*Ganache de Maufontaine (1964).*



**Figura 1. Ejemplar fundador de la raza Blanco Azul Belga “Ganache de Maufontaine”.** El ejemplar mostrado es el descendiente (nieto) del primer toro “Gédéon du Vieux-Chateau de Maurenne” ingresado al Centro de Inseminación Artificial de Loncin (Liège) en 1956. El toro “Ganache” constituye uno de los fundadores de la raza. Desde su ingreso al Centro de Inseminación fue utilizado como un Toro de Inseminación Artificial durante los 30 años siguientes, para hacer la fijación de las características de doble músculo y establecer el modelo de la raza en Bélgica. Fuente: Compère G, Buren R, Hanset R, 1996.



Toro del tipo cárnico "Viandeux" actual utilizado como "Toro de Inseminación Artificial"  
 (reproductor dentro de la raza)

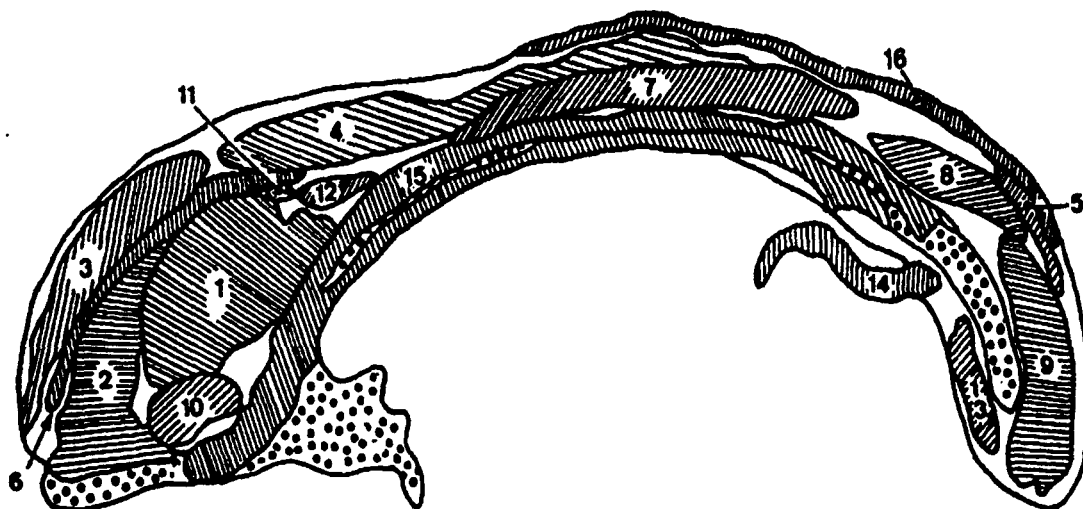
Beaujolais II de Halledet



Tipo cárnico "Viandeux"

**Figura 2. Toros de la raza Blanco Azul Belga correspondientes al prototipo de la década de los años 60.** La imagen superior izquierda muestra el tipo mixto o doble propósito conocido como en Bélgica "Cullard" (heterocigótico) y la inferior izquierda el tipo cárnico o "Viandeux" (homocigótico). Antes de la identificación y localización del gen "mh", el criterio de selección se basó en las características fenotípicas por medio del "Sistema de Clasificación Linear", para lograr la homocigosis de los sementales actuales (tipo cárnico o "Viandeux"). Del lado derecho aparece uno de los toros reproductores (homocigóticos) "Beaujolais II de Halledet" descendientes de los fundadores de la raza (figura 1) y ancestro de las líneas actuales. Fuente: Compère, 1996.





- |   |  |
|---|--|
| 1. <i>m. longissimus dorsi</i>                    | 9. <i>m. rectus abdominis</i>                  |
| 2. <i>m. spinalis thoracis</i>                    | 10. <i>m. multifidus lumborum et thoracis</i>  |
| 3. <i>m. trapezius</i>                            | 11. <i>m. iliocostalis lumborum et thoacis</i> |
| 4. <b><i>m. latissimus dorsi</i></b>              | 12. <i>m. serratus dorsalis cranialis</i>      |
| 5. <b><i>m. pectoralis profundi ascendens</i></b> | 13. <i>m. transversus thoracis</i>             |
| 6. <i>m. rhomboideus</i>                          | 14. <i>m. diaphragma</i>                       |
| 7. <i>m. serratus ventralis thoracis</i>          | 15. <i>m. intercostalis</i>                    |
| 8. <i>m. obliquus exeternus abominis</i>          | 16. <b><i>m. cutaneus trunci</i></b>           |

**Figura 3. Identificación anatómica de los músculos observables en el corte transversal de la canal a nivel de la 7ª costilla.** En la se identifican los músculos de los animales de la raza Blanco Azul Belga, sacrificados a los 84 kg de peso para su disección y pesaje individual de los músculos, con el fin de determinar aquellos en donde se manifiesta el efecto del gen mh. En el listado adjunto a la figura, los músculos señalados con letras negritas fueron aquellos donde la hipertrofia resulto altamente significativa ( $p < 0.001$ ). Los resultados de esta investigación aparecen en el cuadro 15. Fuente: Hanset R, Detal G and Michaux C.: The Belgian Blue breed in pure and crossbreeding. Growth and carcass characteristics, Revue de l'Ágriculture. 1989, Vol 42. (2): 255 -264.

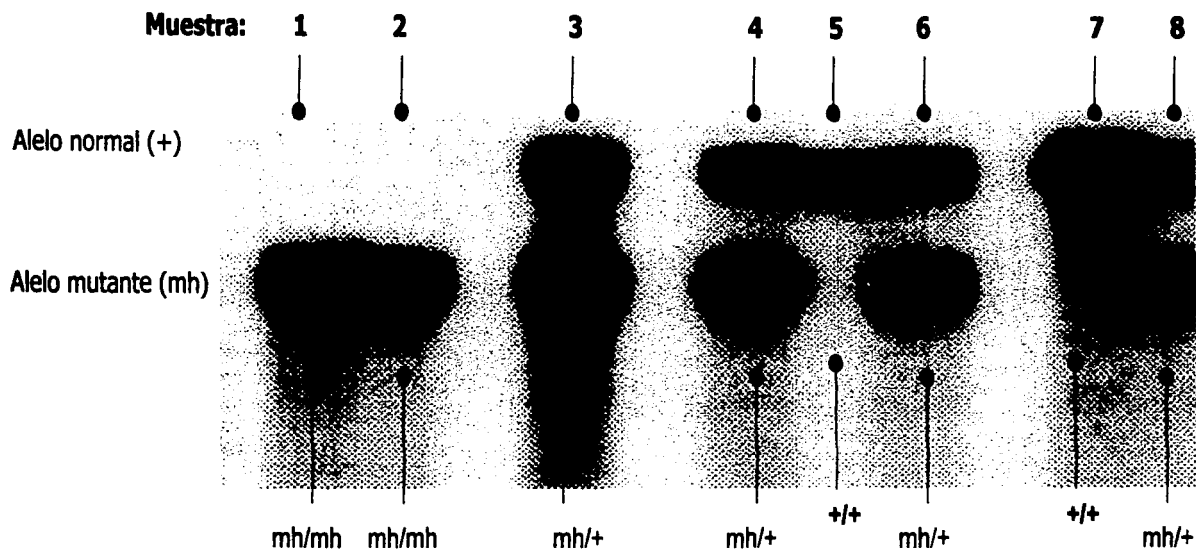
**Figura 4. Sistema de Cotación o Calificación Linear de la raza Blanco Azul Belga.** En la figura se muestra un ejemplo del reporte oficial emitido por el "Blanc-Bleu Belge Herd Book" para una vaca de raza pura como requisito para el registro en el Libro de Hato Nacional. El reporte describe las 20 características consideradas en la calificación linear de la conformación. La gráfica describe la conformación del individuo, localizando la puntuación de la característica dentro de una escala de 1 a 50 puntos. Las barras señalan la dirección de la característica alrededor del punto medio (valor de 25 puntos). El registro incluye características que identifican al animal dentro del libro de hato y su información genealógica. Fuente: Copia de un registro facilitado por el Ing. Pier Mallieu, Secretario General del Blanc-Bleu Belge Herd Book, Bélgica, 1994.

## Clasificación linear de una madre de toro

Nº 86650775158 ACOTACIONES LINEALES

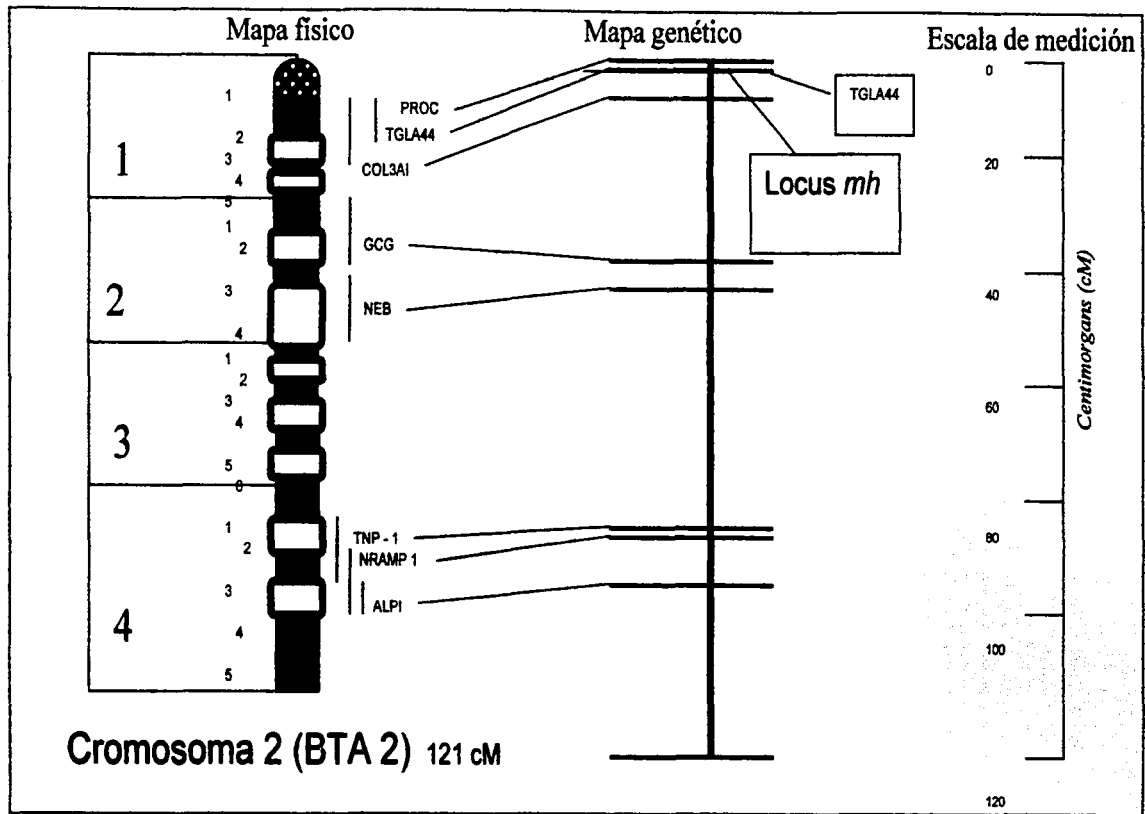
		1 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50														
Longitud	35	Conto											Larga			
Anchura pecho	32	Estrecho											Ancho			
Anchura pelvis	35	Estrecho											Muy musc.			
Espalda	32	Poco musc.											Muy musc.			
Dorso y riñón	36	Poco musc.											Redondo			
Costilla	31	Plano											Caido			
Grupa	38	Horizontal											Largo			
Long. pelvis	38	Conto											Separado			
Cola	39	Cubierto											Redondo			
Nalga perf.	38	Recto											Muy roll.			
Nalga detr.	35	Poco rollizo											Fino			
Osamenta	25	Pesado											Sin relieve			
Espalda os.	25	Saliente											Convexo			
Línea dorso y riñón	25	Cóncavo											Zambo			
Ant. frente dcha.	33	Esvevado											Zambo			
Post. frente dcha.	25	Esvevado											Acodado			
Corvejón	25	Recto											Fácil			
Paso	25	Difícil											Fino			
Piel	32	Espejo											Grande			
Talla	31	Pequeño														
Apar. genit.	16															
NOTAS PARCIALES / 100																
TALLA 80,9			MÚSCULO 85,7			TIPO 84,6			APLOMOS 92,0			APAR. GERAL. 80,0				
NOTA FINAL / 100: 86,2													HERD-BOOK B.B.B.			

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



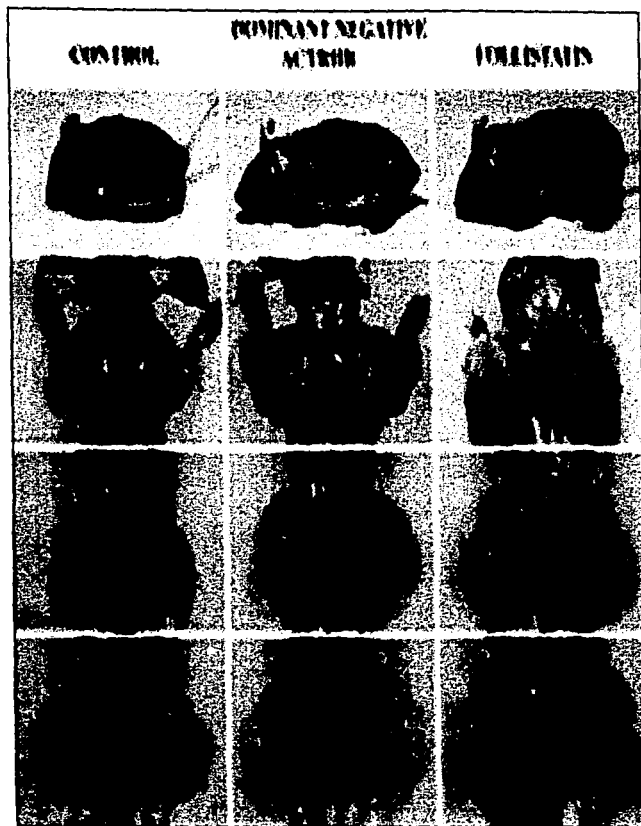
**Figura 5. Diagnóstico de la delección de la miostatina por cromatografía de fragmentos del DNA de las muestras de 8 animales diferentes.** El conjunto de bandas superiores (primera fila) corresponden a los segmentos del DNA del alelo normal (+) y las inferiores segmentos de DNA del alelo mutante. Las muestras 1 y 2 pertenecen a los animales doble músculo homocigótico-recesivos (mh/mh) y muestran solamente la presencia del segmento con el alelo mutante. Las muestras 3,4,6,8 son los segmentos de muestras de animales de doble músculo de tipo mixto o cruce entre el doble músculo y el convencional, heterocigóticos (mh/+) donde se presentan los dos alelos. Las muestras 5 y 7 son las muestras de los animales convencionales (+/+) donde solo aparece el alelo normal ("silvestre"). Fuente: Modificado de *Grobet L, Royo L, Poncelet D, Pirottin D, Brouwers, Michaux C and Georges M: The Belgian Blue cattle breed is double muscled. Why is it so?. Belgian Blue Newsletter. 1997. (1):8-9.*

TESIS COTI  
 FALLA DE ORIGEN



**Figura 6. Comparación del mapa físico y genético del cromosoma 2 bovino (BTA2).** El ideograma de bandas R del cromosoma 2 (izquierda) representa las posiciones de algunos marcadores genéticos identificados en el mapa físico y su relación con la posición que guardan en un segmento del mapa genético (centro). El mapa físico (centro) representa un segmento de 121 cM (de acuerdo con la escala derecha) y en donde se encuentra el marcador microsatelital TGLA44 utilizado como referencia para determinar la posición del locus *mh* (2.8 cM de distancia). Fuente: modificado de Sostegard *et al.*, 1997.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



I. Analisis de la canal de los animales homocigóticos (-/-), heterocigóticos (+/-) y tipo silvestre (+/+)

Genotipo	n	Peso (g)		
		Corporal	Canal	Grasa
+/+	n=4	31.92 ± 3.63	22.84 ± 2.41	2.01 ± 0.46
+/-	n=5	32.76 ± 1.36	23.87 ± 1.12	2.17 ± 0.78
-/-	n=5	42.28 ± 2.67*	33.94 ± 2.07**	2.01 ± 0.30

Diferencia significativa entre +/+ y +/- con p<0.01 (\*) y p<0.001 (\*\*)

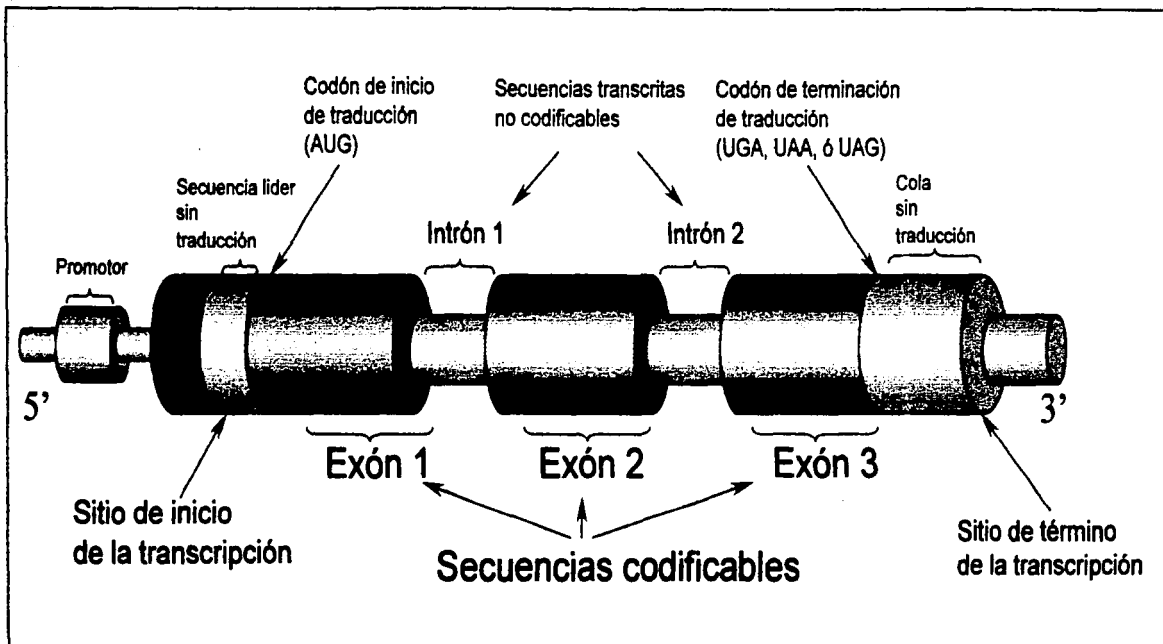
II. Pesos de los músculos individuales de los animales mutantes (-/-) y animales tipo silvestre (+/+)

	Peso (g)*		
	+/+ (n=9)	-/- (n=9)	% de +/+
Corporal	30.3 ± 3.3	40.9 ± 4.2	135%
Digástrico	0.022 ± 0.005	0.045 ± 0.007	205%
Pectoralis	0.178 ± 0.042	0.467 ± 0.067	262%
Triceps brachii	0.158 ± 0.036	0.372 ± 0.039	235%
Quadriceps	0.232 ± 0.052	0.470 ± 0.053	203%
Gastrocnemius/plantaris	0.150 ± 0.003	0.328 ± 0.020	219%
Tibialis cranialis	0.047 ± 0.005	0.095 ± 0.017	202%
Soleus	0.006 ± 0.002	0.012 ± 0.001	200%

Diferencia significativa entre +/+ y -/- con p<0.001 (\*)

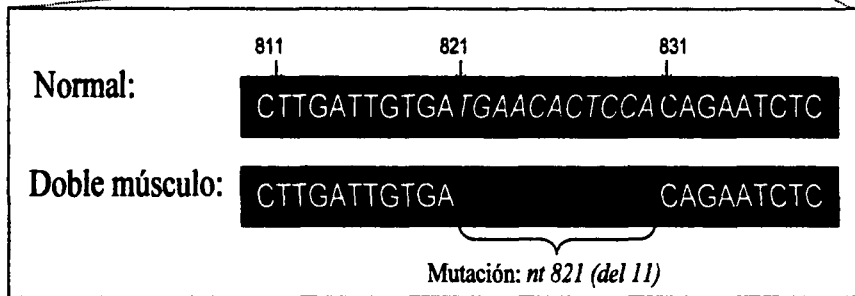
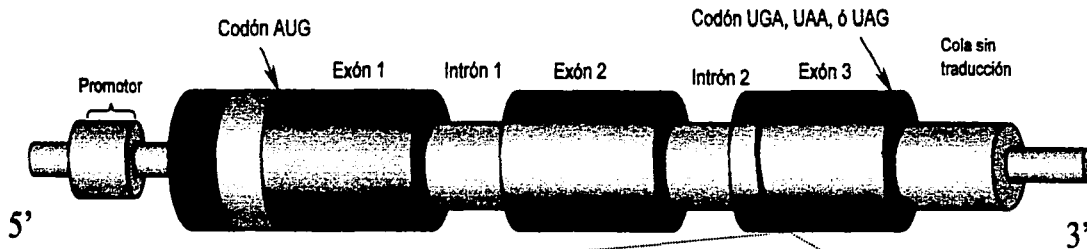
Figura 7. Efecto de la disrupción inducida (mutación) en el gen codificante para la síntesis de miostatina en una población experimental de ratones. Los recuadros muestran la manifestación de la mutación en el fenotipo y las canales de los ratones homocigóticos para el alelo silvestre +/+ (primer columna), heterocigóticos +/- (columna central) y homocigóticos para el gen mutante -/- (tercer columna), respectivamente. La secuencia de recuadros de las filas muestran los fenotipos de conformación (primer fila), músculos de la espalda (segunda fila), músculos del anca (tercer fila) y los músculos de la porción medial de extremidades posteriores de las canales de los ratones de los tres genotipos. El cuadro I. muestra los pesos promedio corporales, de la canal y de grasa en los ratones de los tres genotipos. El cuadro II. muestra las diferencias en los pesos de los músculos individuales entre la población de ratones homocigóticos normales y homocigóticos para la mutación. Fuente: Lee S and McPherron A. Regulation of myostatin activity and muscle growth. Proc. Natl. Acad. Sci. 2001 vol 98, (issue 16):9306-9311.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



**Figura 8.** Representación esquemática de la estructura de un gen de la miostatina. El diagrama representa las secuencias clave para la transcripción y traducción de un gen, compuesto por tres exones y dos intrones. Los *exones* corresponden a las secuencias codificables para la transcripción y la síntesis posterior de la miostatina. Fuente: Modificado y adaptado de Griffiths A, Gelbart W, Miller J and Lewontin R. La función de los genes. En: Griffiths A, Gelbart W, Miller J and Lewontin R (editores). Genética moderna. México, McGraw Hill-Interamericana. 2000: 51-84.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

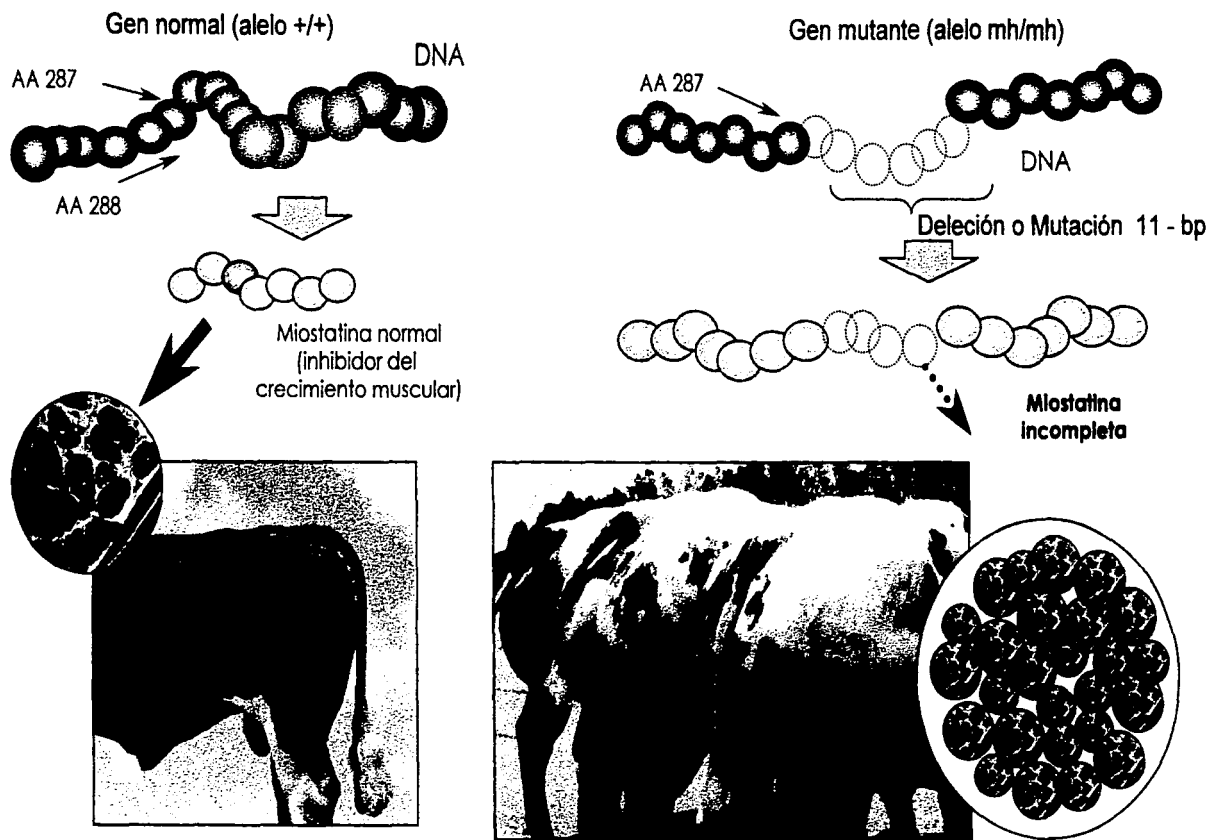


ARNm:



**Figura 9.** Representación esquemática de la mutación *nt 821(del 11)* en el gen de miostatina en el bovino. La mutación consiste en la delección (ausencia) de 11 pares de bases (del 821 al 831) en el *Exón 3* del gen. El diagrama muestra comparativamente la ausencia de los nucleótidos en la secuencia de los animales doble músculo referido a la secuencia de los animales normales. El resultado de la delección recorre la secuencia de los nucleótidos subsiguientes, dentro de los cuales se encuentra un codón que codifica para la interrupción prematura en la lectura de síntesis de la miostatina carente de la porción con actividad biológica. Fuente: Reconstrucción realizada con base en la información publicada por Grobet et al., 1997; 1998.

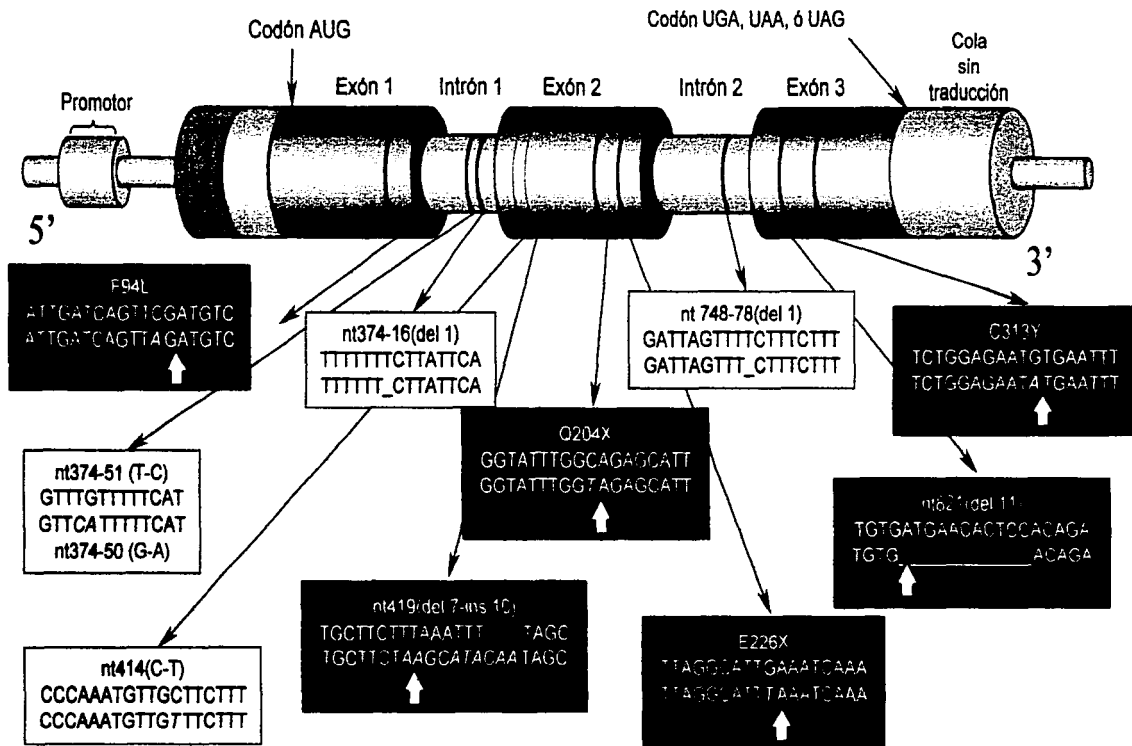
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



**Figura 10. Mecanismo de expresión del gen mh.** La miostatina es el factor que controla el desarrollo y la multiplicación de las células musculares desde el desarrollo fetal. En los animales homocigóticos para el doble músculo (mh/mh) el gen presenta la delección (ausencia) de 11 pares de bases nucleotídicas (11 bp) en la secuencia de DNA que codifica para la síntesis molecular de la miostatina. La delección es responsable de la ausencia de la porción con actividad biológica de la miostatina, resultando en la incapacidad de controlar el crecimiento en las masas musculares (lado derecho) a diferencia de lo que ocurre con los animales normales (alelos normales o silvestres, +/-). Fuente: Bass J. et al, Domestic Animal Endocrinology, 1999.

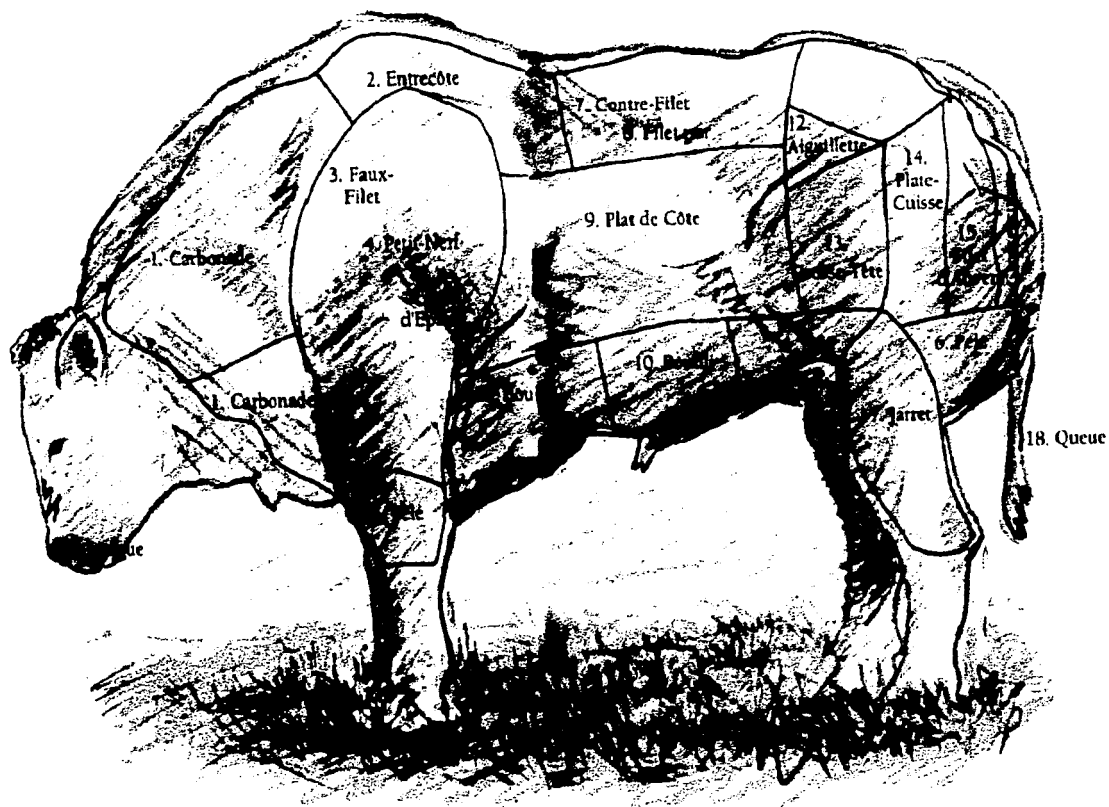
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**Figura 11. Representación esquemática de las mutaciones del gen de la miostatina bovina.** El diagrama muestra la localización de las mutaciones inactivantes (recuadros oscuros), las silenciosas (recuadros claros) y las conservativas (recuadro oscuro línea sencilla) dentro de la secuencia de DNA. Dentro de los recuadros se muestran la secuencia de DNA mutantes (inferiores) comparadas con secuencias de individuos normales (superior). Las flechas que aparecen bajo la secuencia mutante señalan las diferencias entre la secuencia mutante y la normal. Fuente: modificado de Grobet *et al.*, 1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 12. Representación esquemática de las piezas en constituyentes del corte del animal para el abasto.** En la ilustración se muestra la localización y denominación de las partes del animal en el Sistema de Corte Belga utilizado desde la década de los años 80, sobre el cual hacen referencia las evaluaciones de las pruebas de progenie desarrolladas en las Estaciones de Selección y en las investigaciones realizadas por Micheaux C (1983) sobre las composición de las canales de los toros de abasto en Bélgica. Fuente: Compère, 1996.

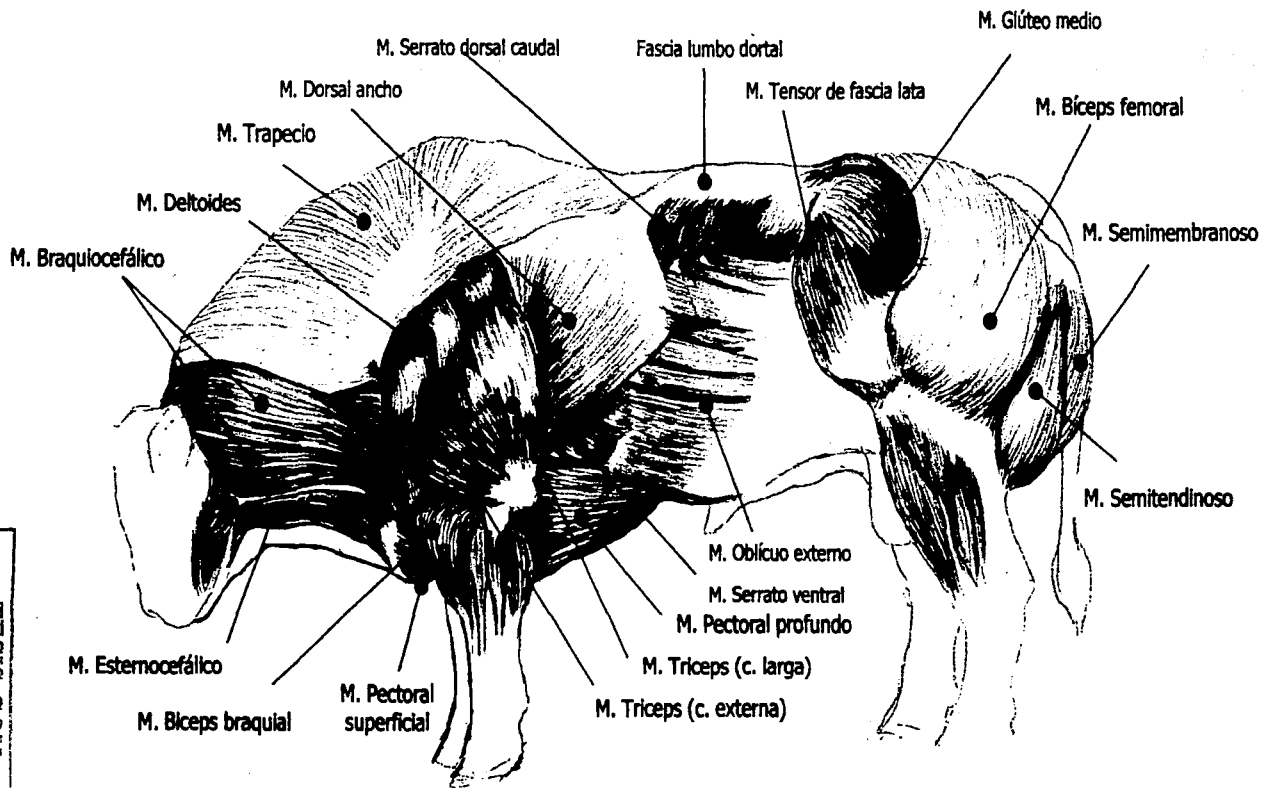
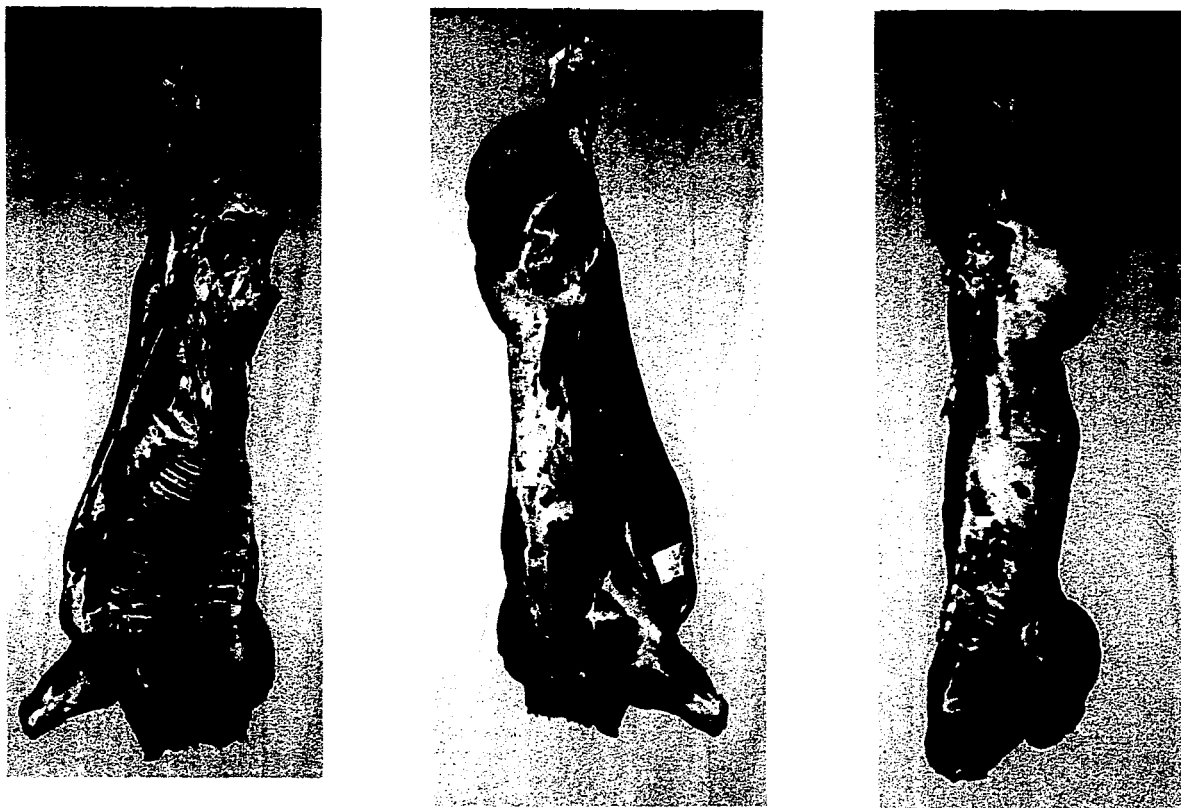


Figura 13. Reconstrucción anatómica de los músculos superficiales de la raza Blanco Azul Belga. Basada en la información descrita en los trabajos de Hanset, (1980), Micheaux (1983) y la descripción anatómica básica del bovino de Sisson y Grossman<sup>1</sup>. La ilustración muestra los músculos superficiales en donde se manifiesta la hipertofia y generan la conformación observable en los ejemplares vivos, de acuerdo a los trabajos realizados en los años 80 por Hanset (1982) y Micheaux (1983).

<sup>1</sup> Sisson S. y Grossman J: Anatomía de los animales domésticos. 4ª ed. Salvat Editores, Barcelona. 1979. 236-342.



**Figura 14 . Canal de un ejemplar de un toro BAB “doble músculo”. En las fotografías aparecen las imágenes de la semi-canal de un ejemplar puro clasificado como “AS2” de acuerdo al esquema de clasificación SEUROP (vista interior, exterior y dorsal de la hemicanal izquierda. Fuente: Tomado de Campeneere, Fiems, De Paepe, Vanacker and Boucqué. Compositional data on Belgian Blue double-muscled bulls Agricultural Research Centre-Ghent, Department Animal Nutrition and Husbandry, Scheldeweg 68, 9090 Melle-Gontrode, Belgium Anim. Res. 50 (2001) 43-55. INRA, EDP Sciences 2001**

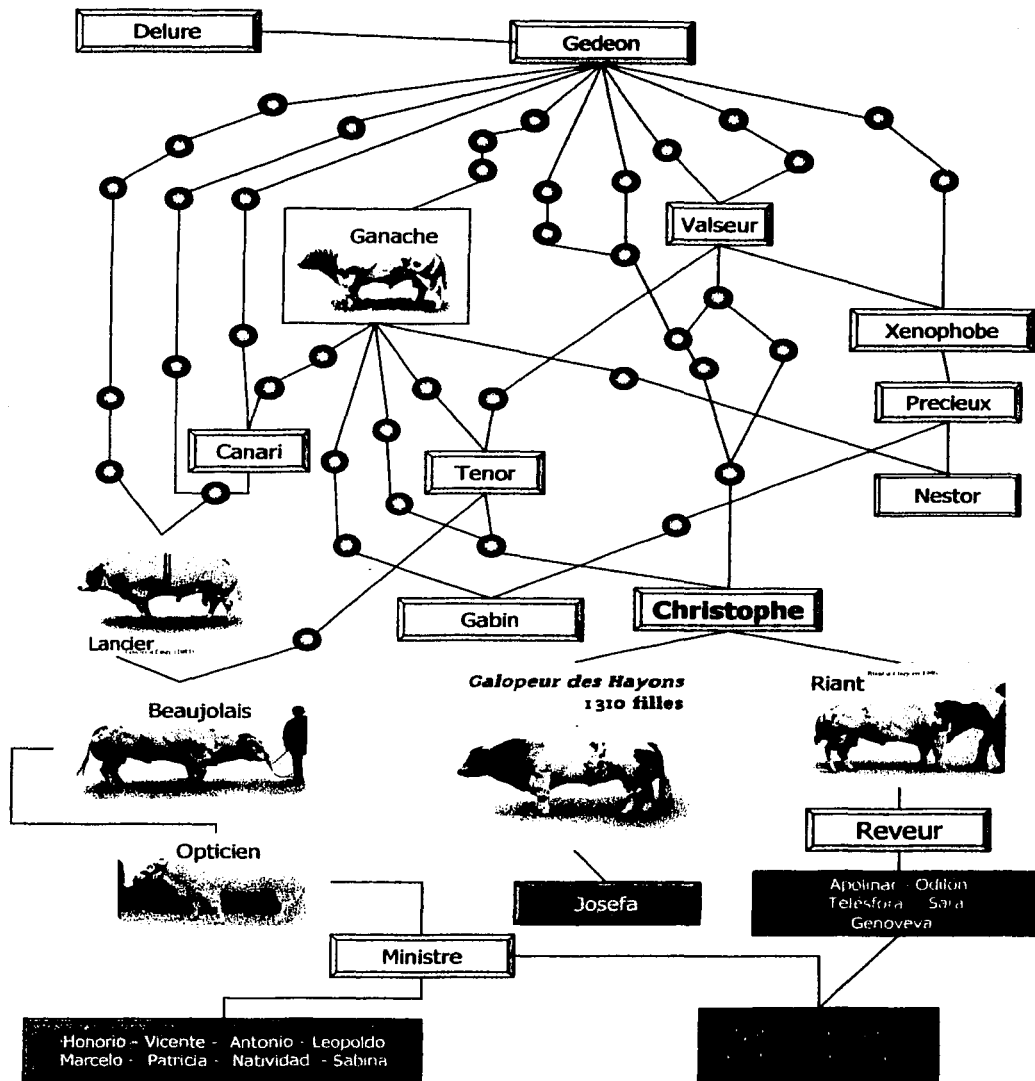


Figura 15. Genealogía de los embriones nacidos en México de 1994 al 2001. La figura muestra la relación de los ejemplares nacidos en México (recuadros sombreados) con los ancestros fundadores de la raza y que actualmente es el material disponible.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

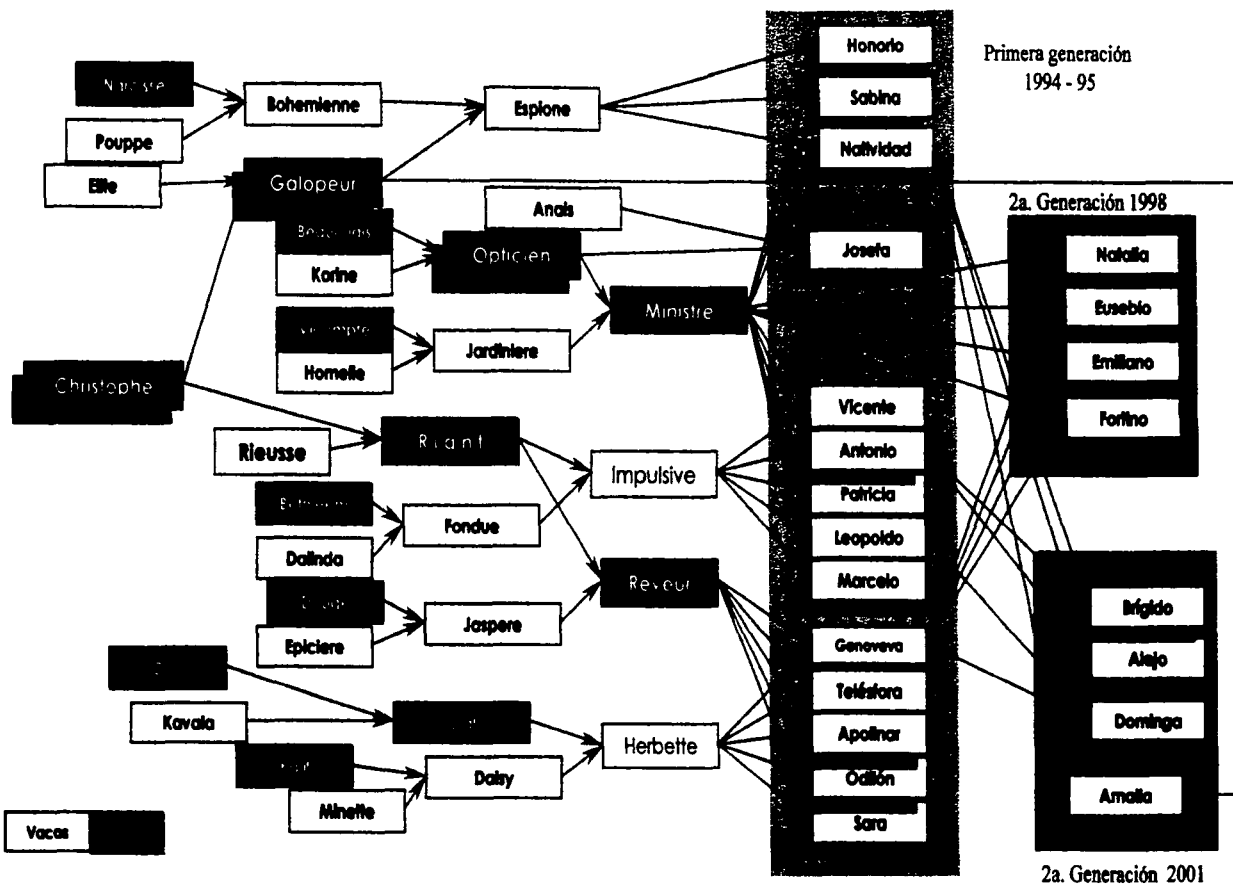
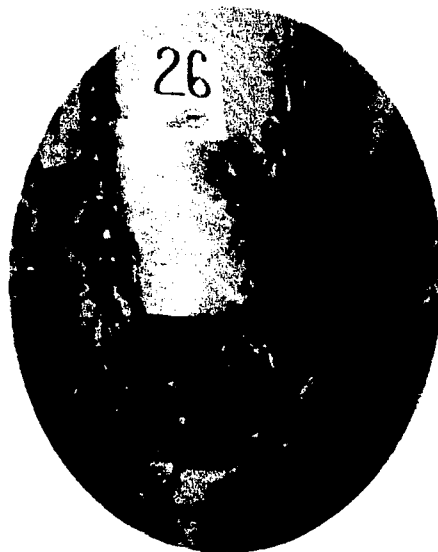


Figura 16. Genealogía de los embriones nacidos en México de 1994 al 2001. Reconstrucción basada en los Certificados de Genealogía y Registro otorgados por el Blanc-Bleu Belge Herd Book en Bélgica. La figura muestra la relación de los ejemplares nacidos en México (recuadros sombreados) con los ancestros en la raza. Los recuadros en negro señalan los nombres de los toros y los recuadros claros el nombre de las vacas registrados en el Libro de Hato de la raza.



**Figura 17. Primer lugar en la categoría Libre en el XIII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales del estado de Jalisco, en 2002. El ejemplar observado es un macho mayor de 24 meses de edad 3/4 BAB 1/4 Limousin. Primer lugar en rendimiento Categoría Libre # 26 Plomo Ganadera Campo Verde. Peso 725 Kg en pie y 527.100 Kg canal 72.703%**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 18. Primer lugar en la categoría Vaquillas en el XIII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales del estado de Jalisco, en 2002. El ejemplar observado es una vaquilla menor de 24 meses de edad 5/8 BAB 3/8 Limousin. Primer lugar en rendimiento Categoría Vaquillas # 16 Pintura Alejandro Arenas N Sucs. Peso 576 Kg en pie y 441.400 Kg canal Rendimiento 76.631%**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# PAGINACIÓN DISCONTINUA

## Anexo I

# Cesárea en cuadripedestación. Modificación de la técnica de histerectomía Belga, adaptación para el ganado de carne en el trópico mexicano.

*Adolfo Kunio Yabuta Osorio*

### RESUMEN

En el presente trabajo se hace la descripción de una modificación a la técnica de sección cesárea utilizada en Bélgica para la raza Blanco Azul, adaptada para aplicarse bajo condiciones de campo del trópico de México. La modificación a la técnica original fue desarrollada como parte de un proyecto de importación y de transferencia de embriones de elevado valor genético, en ganado de razas europeas y cruza con cebú en pastoreo para el abasto comercial de carne. Para tal efecto se describe una técnica que puede ser realizada por 2 ó 3 personas con el animal en pie, mediante la inmovilización física (con el auxilio de una prensa de manejo) sin sedación o tranquilización, para la aproximación quirúrgica por flanco izquierdo en el momento natural del parto.

### INTRODUCCION

La sección cesárea es un procedimiento quirúrgico desarrollado como una alternativa para el retiro del feto en ciertos casos de distocias que se presentan en el bovino. Con el perfeccionamiento de las técnicas quirúrgicas y del equipo de cirugía, se convierte cada vez más en una práctica de mayor aceptación general en la medida que puede ser capaz de resolver algunas de las complicaciones que llegan a ocurrir durante el parto, mientras que hace algunos años se reservaba sólo como el último recurso para la corrección del problema, hoy se convierte en una buena alternativa con la ventaja de poder disminuir la marcada mortalidad de los productos de un 30-50% a menos del 10% en el ganado de engorda dadas las modificaciones realizadas para circunstancias particulares. La inmadurez de la madre es probablemente la indicación más simple para la cesárea en razas productoras de carne, donde las hembras son gestadas a edad muy temprana para mejorar los parámetros de producción. La técnica esta indicada para distintos tipos de distocia donde la expulsión del producto es prácticamente imposible, incluyendo aquellas vaquillas de reemplazo cruzadas en forma temprana ("desproporción fetal relativa"), deformidades de la pelvis materna, ruptura de útero, momificaciones, gigantismo, induración del cervix, dilatación cervical incompleta, hipertrofia muscular, mal posiciones fetales, prolapso vagino-cervical, hidropesía de membranas amnio-alantoideas, gestación prolongada, torsión uterina, fetos enfisematosos y reticuloperitonitis traumática.<sup>1, 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12</sup>

Cualquier procedimiento para corregir una distocia requiere siempre de una evaluación cuidadosa de la vaca y el producto, para poder elegir la mejor decisión en torno a la viabilidad y la vida económica futura de ambos. La alternativa de extracción forzada con frecuencia produce la muerte del becerro y daños severos a las vaquillas. En muchos de los casos, la elección entre la fetotomía y la sección cesárea puede depender de la experiencia del operador para cada una de las técnicas. La vaca que ha sufrido un largo periodo de manipulación fetal o el intento de una fetotomía y su condición general se encuentre comprometida, no es candidata para la sección cesárea. La operación cesárea adquiere mayor probabilidad de éxito cuando se realiza dentro de 18 horas después del inicio de la fase de expulsión y de trabajo de parto, con el producto vivo o recién muerto. La tasa de mortalidad de la madre para tales casos puede llegar tan solo al 15 %. Si la intervención llegase a rebasar dicho tiempo la probabilidad de mortalidad puede alcanzar hasta el 38% o más.<sup>1, 4, 8, 10, 11</sup>

Las distintas técnicas que se han desarrollado para adecuar la sección cesárea a casos específicos, permiten elegir la posibilidad de evitar en la hembra el agotamiento y los traumatismos excesivos resultantes de la tracción forzada tradicional o de la fetotomía misma, además de la invaluable ventaja de lograr un producto viable.<sup>6, 8, 10, 11</sup>

Para cada caso existen distintas modalidades y rutas de acceso al útero gestante. La incisión paramedial, que es una de las aproximaciones ventrales más comunes, está indicada para los casos de fetos muertos y enfisematosos, requiriendo que la vaca se encuentre colocada en recumbencia dorsal (Cuadro 1). Una alternativa para esta aproximación es la forma ventrolateral oblicua la cual puede ser desarrollada en recumbencia lateral del animal. Ambas rutas reducen el riesgo de contaminación del peritoneo, que puede ocurrir durante la remoción de fetos enfisematosos y contaminados con los exudados accesorios. La aproximación ventral esta indicada además si se considera al animal incapaz de mantenerse en pie durante todo el procedimiento o si el animal es en extremo inmanejable, ya que de esta manera será menos arriesgado para el cirujano cuando se encuentre junto al animal durante el desarrollo de la cirugía.<sup>4, 10, 12</sup>

Debido a que con la sección cesárea se puede lograr el nacimiento de becerros viables sin que tenga que ocurrir necesariamente el parto vaginal, es posible adoptar esta práctica médica como una alternativa para la obtención de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ejemplares de elevado valor genético y de costo elevado como producto de la transferencia de embriones.<sup>9,11</sup> Como muestra de ello destaca el programa de selección y de mejoramiento genético efectuado en Bélgica para la formación de la raza de doble y triple músculo, el "Blanco Azul Belga", que mediante la incorporación de una técnica quirúrgica sencilla y depurada desarrollada anualmente en 1,500,000 vacas del haro nacional que conforman el pie de cría de registro belga.

De las distintas formas existentes, la aproximación sub lumbar izquierda o derecha (por el flanco) es la forma típica para extraer un becerro viable o muerto recientemente sin contaminación, con una vaca capaz de mantenerse en pie durante la cirugía utilizando únicamente analgesia local (clorhidrato de lidocaína al 2 %) sobre la línea de incisión para insensibilizar piel y músculos abdominales.

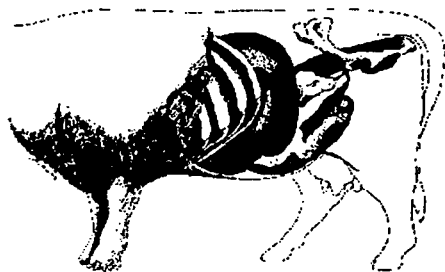


Figura 1. Localización del producto intrauterino con relación al rumen en el interior del abdomen de la vaca

Esta técnica que es la de elección en Bélgica, se desarrolla en el momento de iniciar la segunda fase del parto directamente en el establo. En algunos casos, la laparotomía por el flanco derecho se elige si existe una sobredistensión del rumen, cuando en las vacas de más de 4 partos no existe espacio suficiente del lado izquierdo por las (4 o 5) cicatrizaciones previas, por la presencia de adherencias o en casos de hidropesía de membranas. Sin embargo, rutinariamente la incisión del lado izquierdo es preferible ya que el rumen mismo ayuda a mantener el intestino dentro del abdomen. (figura 1)<sup>9,10</sup>

#### DESCRIPCION DE LA TÉCNICA MODIFICADA

Como parte del proyecto de importación y transferencia de embriones de la raza Blanco Azul Belga para las regiones tropicales de México que la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Viene realizando, se ha

usado como modelo la técnica de sección cesárea belga por las ventajas que ofrece, ya que al no requerir el derribo del animal, puede realizarse por una o dos personas eliminando así los riesgos de accidentes durante el derribo o de timpanización por la posición del animal (tabla 1), evitando además la posibilidad del espasmo laríngeo en el becerro y efectos adversos en la vaca por el uso de sedantes y tranquilizantes. Por ser una práctica efectuada al momento del parto se puede disponer del calostro de una vaca a termino para el becerro y se minimiza el inconveniente de retenciones placentarias.

Sin embargo, para cubrir los objetivos con los beneficios de esta práctica fue necesaria la modificación y adaptación de la técnica original a fin de poder intervenir quirúrgicamente (18 vacas) animales de temperamento típicamente agresivo o nervioso bajo las condiciones de potrero en el trópico. Para ello se destino parte de un potrero como área como "maternidad" contigua al corral de manejo, pudiendo vigilar durante las 24 horas del día a todas las vacas próximas al parto y evitando los partos sin vigilancia "accidentales" en los potreros, además de facilitar el monitoreo y seguimiento del desarrollo o el estado de salud de los neonatos y de las vacas recién intervenidas.



Una vez detectado el inicio del parto, el animal en turno era transferido al corral de manejo y conducido hasta la prensa o jaula para ganado, acondicionada con una fuente de alumbrado convencional. Con la vaca en el área de intervención, se procedió a realizar un bloqueo epidural en dosis mínima (4 ml de clorhidrato de lidocaína al 2%) a fin de inhibir el pujo del animal sin riesgo de postración mientras el campo quirúrgico fuera preparado.

Con el propósito de evitar los efectos del estrés y moderar el temperamento del animal, les fue colocado un paño sobre la cabeza para abatir la percepción del ambiente. Para anular las respuestas agresivas, la posibilidad de lesiones o la postración espontánea dentro de la prensa, fueron colocados 4 tirantes (en las regiones axilares e inguinales) disminuyendo el punto de apoyo sobre sus extremidades hasta la casi suspensión del animal dentro de la jaula (figura 3).

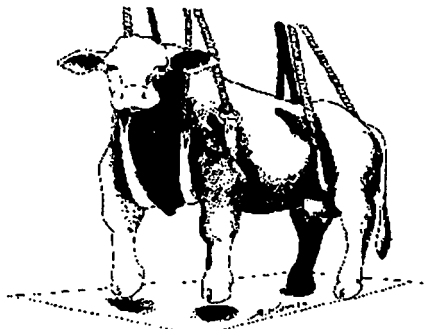


Figura 2. Forma de sujeción en suspensión del animal dentro de la prensa durante la intervención.

### Analgesia y preparación quirúrgica.

Las laparotomías se efectuaron bajo analgesia regional y local (figura 3 y 4). Después de haber inhibido el trabajo de parto con el bloqueo epidural, se utilizaron simultáneamente las técnicas de bloqueo nervioso paravertebral lumbar distal (según la técnica descrita por Magda y Cakala),<sup>8,10</sup> bloqueo en "L" invertida con 30 a 50 ml clorhidrato de lidocaína al 2% y bloqueo local sobre la línea de incisión (50 ml), asegurando la insensibilidad completa de la zona de operación y por ende, la completa tranquilidad del animal.



Figura 3. Técnica de bloqueo paralumbar distal, analgesia regional y local del flanco

Para lograr la buena relajación de la musculatura lisa del útero se recurrió al uso de espasmo líticas 116 mg de Lactato de Isoxuprina intravenosa (10 ml de Duphaspamin, Lab. Solvay\* I.V.) aplicados de 10 a 15 minutos antes de la intervención. El rasurado, lavado con clorhexidina y la embrocación del campo operatorio se llevó a cabo durante el tiempo de efecto de los fármacos aplicados.<sup>3,5,7,8,9,10,11</sup>



Figura 4. Área de infiltración analgésica local para la insensibilización del flanco izquierdo

### Técnica quirúrgica.

La incisión en todos los casos se realizó verticalmente con el bisturí por debajo de la 4 ó 5 vértebra lumbar con trazo firme a lo largo de 40 cm (figura 5) y posteriormente profundizando hasta llegar a los músculos abdominales, seccionándolos mediante movimientos cortos continuos hasta localizar el peritoneo.

La hemorragia causada por el corte a la rama de la arteria circunflexa en los planos musculares no representó mayor problema para la hemostasis ya que en la totalidad de

los casos fue auto limitante, aunque de ser necesario pudiera solamente ser pinzada para su colapso. Una vez localizado el peritoneo se le efectuó un pequeño corte a la altura de la comisura dorsal de la herida, interrumpiendo la sensibilidad y posteriormente ampliar el corte a lo largo de la herida quirúrgica.



Figura 5. Sitio de incisión de la pared abdominal y proyección del útero gestante con relación a la línea de incisión

El acceso al útero se obtuvo por desplazamiento manual del rumen y omento mayor hacia adelante (figura 6). La identificación del producto y la localización previa de cualquiera de los apéndices fetales mediante palpación, facilitan todas las maniobras obstétricas necesarias para su acomodo.

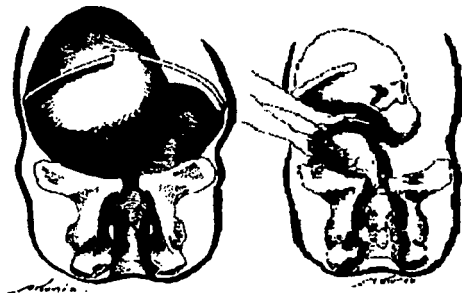


Figura 6. Posición del rumen con relación al cuerno gestante y forma de hacer la repulsión ruminal y retracción uterina.

El cirujano puede con una mano asir y retraer cualquier extremidad mientras que con la otra empujar el cuerpo fetal hasta rotar al becerro dentro del útero a modo de exteriorizarlo (figura 7).

En aquellos casos en donde no fue posible alcanzar los miembros por el gran tamaño del feto ubicado en el cuerno del lado derecho, se eligió la rotación completa temporal (180°) del útero con todo su contenido (Figura 7).



Figura 7. Maniobra sugerida para la manipulación del cuerno gestante dentro de la cavidad abdominal.

Una vez conseguida la extracción del cuerno gestante se incidió crancalmente con tijera o bisturí por encima de la curvatura mayor, cuidado que la abertura fuera lo más cercano posible a la bifurcación del útero sin tocar ninguno de los cotiledones y al mismo tiempo lo más distante del ovario (figura 8), con el propósito de evitar las futuras adherencias sobre este, así como poder extraer de la cavidad la porción que posteriormente será suturada. El tamaño de la herida fue lo suficientemente grande para evitar el desgarre uterino al salir el becerro. Todas estas maniobras se vieron en extremo facilitadas por el uso del espasmolítico (Lactato de isoxuprina) y cuyo efecto se neutraliza por la acción de la oxitocina.<sup>8, 9, 10</sup>

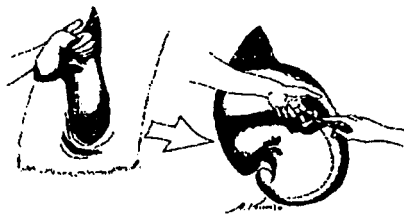


Figura 8. Sujeción y corte en la curvatura mayor del cuerno uterino gestante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Con el corte de las membranas placentarias y extrayendo las extremidades del producto mediante cuerdas o lazos obstétricos en vez de cadenas (para no lesionar tendones o ligamentos) se procedió a la tracción del mismo. En la extracción del producto es importante efectuar una pausa tan pronto como sea expuesto el ombligo del becerro de tal manera que el cirujano pueda efectuar un "desgarro" manual e intencional de la membrana alantoidea (vaina del cordón umbilical) a 30 cm. aproximadamente del becerro, disecando o exponiendo las venas y arterias umbilicales (figura 9).



Figura 9. Localización y separación de la vaina del paquete vascular umbilical, para facilitar su ruptura y hemostasis.

Dicha práctica tendrá como objetivo que en el momento de la tracción final del becerro, los vasos sanguíneos se distiendan en el sitio de la exposición previa (desgarro) facilitando el colapso y el "resorteo helicoidal" hacia el interior de la cavidad abdominal al momento de su ruptura sin hemorragias internas posteriores. Para ninguno de los casos fue necesaria la ligadura, pensamientos o cortes intencionados.



Una vez retirados los becerros de las madres, se colgaron de las extremidades posteriores por algunos segundos hasta que pudieran eliminar el líquido alojado en el tracto respiratorio, despejando las vías respiratorias para el paso del aire hasta los pulmones. Durante dicha maniobra se tomó la

precaución de evitar impregnar olores que interfirieran con la futura improntación de la madre y su cría, con el mínimo el contacto manual posible. En los becerros una vez reanimados, se procedió a desinfectar el ombligo con tintura de yodo al 7% para luego depositarlos sobre mantas limpias aguardando la conclusión de la cirugía<sup>3</sup>



Mientras la reanimación del becerro transcurría, el cirujano procedía a efectuar el cierre de tejidos auxiliándose a sí mismo con fórceps para útero (de Glock). Para la conclusión de esta fase fueron utilizadas las técnicas convencionales de sutura. El útero fue cerrado con doble sutura continua con catgut crómico o ac. poliglicólico (Dexon) nº 3 (perforante y no perforante) inyectándole directamente 10 ml (50 U.I.) de oxitocina (para la retracción sobre la sutura y neutralización del espasmo lítico), retirando los coágulos formados y limpiando la serosa con una solución de 10 g de oxitetraciclina en 1,000 ml de suero salino. Una vez regresado el útero a su lugar, se procedió a la reconstrucción del peritoneo y del m. transversal abdominal suturando a ambos en forma continua de candado con catgut crómico o polyglactin 910 (Vicryl) del nº 3, con la previa aplicación de la combinación penicilina-estreptomina o gentamicina en dosis terapéuticas directamente al interior de la cavidad abdominal. Los Mm. oblicuo abdominal interno y externo se unieron igualmente mediante sutura continua de candado, fijando cada punto al plano subyacente e infiltrando entre ellos oxitetraciclina a lo largo de la línea de sutura. Finalmente en la reparación de la piel fue utilizada una sutura continua adosada con candado empleando hilo de Nylon equivalente al Nº 3 o 4 o Supramid (absorbible) de igual calibre. Como tratamiento adicional se aplicaron 10 g de oxitetraciclina de larga acción en forma parenteral al término de la laparotomía.<sup>3,5,3</sup>

Una vez finalizada la laparotomía y después de haber rectificado la presencia del calostro en la madre, la vaca fue alojada en el corral de manejo solamente por algunas horas,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

en donde fuera factible vigilar el reconocimiento de la madre hacia su cría sin distracción alguna, cuidando que el becerro ingiriera la suficiente cantidad de calostro, además del estado general de ambos. Las vacas expulsaron los restos de membranas placentarias en un término menor a las 24 horas después de la cirugía, si no es que en forma inmediata o incluso durante la parte final de la misma. En todas aquellas cirugías cuya duración fue menor o cercana a las 2 horas no hubo problema alguno para que se diera el reconocimiento de la cría por la madre, sin embargo, en aquellas que se prolongaron hasta 3 horas o más (2 casos) no hubo aceptación materna hacia su cría.



## CONCLUSION

Es conocido que la cesárea puede ser una alternativa para la resolución de dificultades al momento del parto, también puede convertirse en una herramienta para la obtención de crías de alto valor genético, en aquellos programas de transferencia de embriones con el mínimo riesgo para los becerros. Como resultado de las modificaciones realizadas, es factible adaptar esta técnica a las condiciones del trópico mexicano y contribuir al mejoramiento del ganado típico de estas regiones.

## BIBLIOGRAFIA

1. Arthur, G., Noakes D. y Pearson H.: Reproducción y obstetricia en veterinaria. 6ª ed., *Interamericana-Mc. Graw Hill*, México, 1989.
2. Boyd H. and Gray D.: Fetal loss and abnormalities of pregnancy. In: Andrews A.H., Blowey R. W., Boyd and Eddy R.G.: *Bovine medicine. Diseases and Husbandry on cattle. Blackwell Scientific Publications*, U. K., 1992.
3. Gilbert R. and Schwark W.S.: Pharmacologic considerations in the management of peripartum conditions in the cow. In: Hinchcliff K. and Jernigan A.D.: *The veterinary clinics of north america, Food animal practice, Applied Pharmacology and Therapeutics II*, Saunders Co., 1992.
4. Laing, J.A., Brinley Morgan W.J. and Wagner W. C.: Fertilidad e infertilidad en la práctica veterinaria. 4ª ed. *Interamericana-Mc Graw Hill*, México, 1991.
5. Medina C. M.: Medicina de producción en la crianza de becerras lecheras, 1994.
6. Mortimer R.G. and Toombs R.E.: Abnormal bovine parturition. Obstetrics and fetotomy. In: Braun W. F. and Youngquist R.S.: *The veterinary clinics of north america, Food animal practice, Female bovine infertility*, Saunders Co., 1993.
7. Noordsy J.L.: *Food Animal Surgery*. 3th. de. U.S.A., 1994.
8. Sloss V. y Dufty J. H.: Manual de obstetricia bovina. *C.E.C.S.A.*, México, 1986.
9. Turner S. and Mc Ilwraith W.: *Techniques in large animal surgery*, 2nd. ed. *Lea & Febiger*, U.S.A., 1989.
10. Wolfe D. F. and Baird A. N.: Female urogenital surgery in cattle. In: Braun W.F. and Youngquist R.S.: *The veterinary clinics of north america, Food animal practice, Female bovine infertility*, Saunders Co., 1993.
11. Walker, D. F. y Vaughan J.T.: cirugía urogenital del bovino y del equino. *C.E.C.S.A.*, 1986.
12. Weaver D.: Bovine surgery and lameness, *E.L.B.S.*, U.K., 1986.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Comparación entre las distintas aproximaciones para la sección cesárea. \*

Características	Sitio de aproximación		
	Flanco	Ventrolateral	Línea media
Personal de auxilio	+	++	+++
Posición del animal	De pie	Decúbito lateral	Decúbito dorsal
Derribo	Innecesario	Obligado	Obligado
Sedación y tranquilización	Innecesaria	Necesaria en cierto grado	Necesaria en cierto grado
Presión intraabdominal	-	+++	++
Riesgo de timpanización y regurgitación transquirúrgica	Nulo	Probable	Muy probable
Riesgo de espasmo laringotraqueal del neonato	Nulo	Factible	Factible
Accesibilidad al útero	Difícil exposición (vísceras digestivas)	Fácil exposición	Fácil exposición
Posibilidad de ampliar incisión	Ilimitada	Limitada por la vena Subcutánea abdominal	Ilimitada
Riesgo de contaminación postoperatoria	Poco frecuente	Frecuente	Muy frecuente
Posibilidad de herniación de la herida	Mínima	Considerable	Considerable
Riesgo de eventración posquirúrgica	Insignificante	Posible	Posible
Derrame de líquidos uterinos al abdomen	Ineludible	Fácilmente eludible	Fácilmente eludible
Bloqueo nervioso sugerido	Paravertebral lumbar Infiltración	Paravertebral lumbar Infiltración	Infiltración local
Vascularización de planos musculares	Apreciable	Moderada	Mínima
Indicaciones en particular	Fetos vivos Fetos muertos sin descomposición Hidropesía	Excesivo tamaño fetal Fetos momificados Fetos muertos putrefactos	Vaquillas pequeñas Útero séptico Fetos momificados Fetos muertos putrefactos

\* Adaptado de Sloss V. y Dufy J. (1986), Arthur G. y Noakes D. (1989), Wolfe D.F. y Baird (1993) y Weaver D. (1986).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ANEXO II

Rancho La Esperanza, Soto La Marina Tamaulipas  
Quinto programa de transferencia de embriones del hato Blanco Azul Belga

Inicio	14-Abr-00	Inventario	
Término	20-May-00	4	Donadoras Blanco Azul Belga
		0	Receptoras

*Sólo congelación*

**Protocolo de preparación y de sincronización (donadoras y receptoras)**

Fecha	Actividad	Grupo
14-Abr-00	Primera sincronización: aplicación de luteolítico, 2.5 ml Prosolvin (8:00)	Donadoras
28-Abr-00	Segunda sincronización: aplicación de luteolítico, 2.0 ml Prosolvin (8:00)	Donadoras
28-Abr-00	Detección de calores y registrar (Donadoras)	Donadoras
28-Abr-00	Detección de calores y registrar (Donadoras)	Donadoras
03-May-00	Aplicación de una dosis de Lactotropina	Donadoras

**Protocolo de Superovulación (Donadoras)**

Fecha	Actividad		
	07:00	19:00	
08-May-00	Follitropin-V 2.0 ml	Follitropin-V 2 ml	
09-May-00	Follitropin-V 1.5 ml	Follitropin-V 1.5 ml	
10-May-00	Follitropin-V 1.5 ml	Follitropin-V 1.5 ml	
11-May-00	Follitropin-V 1.0 ml	Follitropin-V 1.0 ml	
	Prosolvin 2.5 ml	Prosolvin 2.0 ml	
12-May-00	Follitropin-V 1.0 ml	Follitropin-V 1.0	
13-May-00	I.A. + M.N. 1 dosis	I.A. + M.N. 2 dosis	
14-May-00	I.A. + M.N. 1 dosis	-	
20-May-00	Recolección de embriones		

**Protocolo de sincronización (Receptoras)**

Actividad
-----------

*No se sincronizaron receptoras*

**Agentes hormonales**

	Principio	Dosis	Producto	Cant	Via	Días tratamiento
Sincronización:	Luprostil	18.75 mg	Prosolvin	2 ml	I.m. Donadoras	Aplicación única
	Luprostil	15 mg	Prosolvin	2 ml	I.m. Donadoras	Aplicación única
Superovulación	Somatotropina		Lactotropina	1 amp.	s.c. Donadoras	Aplicación única
	FSH porcina	250 mg	Follitropin-V	13 ml	I.m. Donadoras	10 aplicac. 5 días, dosis decreciente.
	Luprostil	67.5 mg	Prosolvin	4.5 ml	I.m. Donadoras	Dosis fraccionada en 2 aplicaciones

**Recomendaciones adicionales:**

**Donadoras:**

1. Complemento alimenticio: 4 kg diarios/donadora de concentrado comercial 18 PC (2 suministros), con premezcla.
2. Premezcla diaria: 15 gr "4 Plex" + 80 gr sales minerales "Abrego" en Bovatec/grupo de donadoras
3. Aplicación única de vitamina ADE, Vigantol ADE 5 ml vía I.m.
4. Aplicación de vitamina E y Selenio, dos aplicaciones previas al programa con intervalo de 8 días en dos ocasiones, MuSe 10 ml I.m./donadora

**Receptoras:**

*No se sincronizaron receptoras*

**Tratamiento superovulatorio**

Tratadas	4
Inseminación	3

**Respuesta de vacas en el lavado**

Sin respuesta	0		
Con respuesta			
Sin embriones	1	Ov. degenerados	9
Con embriones	3	Embriones	12

**Estados**

Mórfas I	6
Mórfas II	2
Blasto I	4
Blasto II	0
Blasto exp.	0

Destino: **Congelados**

**Cruzamientos realizados y parentesco de los embriones:**

Donadora	Toro	Dosis	Embriones
Geneveva	Leopoldo d'Lesperance	4	3 (2 B I, 1 M I)
Natividad	Antonio d'Lesperance	4	7 (2 B I, 3 M I, 2 M II)
Sabina	Antonio d'Lesperance	4	2 (2 M I)
Teléfara	Antonio d'Lesperance	0	9 (ovulos deg.)
Paty	-	0	0
			12

**Observaciones:**

*Se incluye el uso de Somatotropina bovina (5 días antes del inicio de la superovulación).  
Los servicios se hicieron con IA y montas naturales.  
La donadora Teléfara no se inseminó ni dio monta.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ANEXO III

Descripción general de los pesos al sacrificio, en canal y rendimiento de los participantes por categoría en el XII Concurso de rendimiento de Ganado y Clasificación de Canales, de la XXXV Exposición Ganadera Jalisco, 2001

Arete	Raza	Proporción		Peso al sacrificio		Peso en canal		Rendimiento	
		BAB (%)		kg	z	kg	z	%	z
<b>Categoría Vaquillas</b>									
24	BB-BBLIM	0.75		628.00	0.74	467.10	0.95	74.38	1.59
25	BB-BBLIM	0.75		650.00	1.01	477.10	1.10	73.40	1.14
59	BB-HOLCz	0.50		400.00	-2.07	262.80	-2.13	65.70	-2.41
27	BB-LIM	0.50		687.00	1.47	506.90	1.55	73.78	1.32
18	BB-LIM	0.50		569.00	0.01	409.90	0.09	72.04	0.52
19	BB-LIM	0.50		565.00	-0.04	406.50	0.04	71.95	0.47
21	BB-LIM	0.50		660.00	1.13	473.50	1.05	71.74	0.38
28	BB-LIM	0.50		520.00	-0.59	372.80	-0.47	71.69	0.36
22	BB-LIM	0.50		604.00	0.44	432.50	0.43	71.61	0.32
17	BB-LIM	0.50		574.00	0.07	410.20	0.09	71.46	0.25
20	BB-LIM	0.50		600.00	0.40	428.20	0.36	71.37	0.21
56	BB-LIM	0.50		645.00	0.95	458.60	0.82	71.10	0.08
23	BB-LIM	0.50		525.00	-0.53	371.80	-0.49	70.82	-0.05
36	BB-LIM	0.50		633.00	0.80	440.00	0.54	69.51	-0.65
37	CHA	0.00		440.00	-1.58	294.00	-1.66	66.82	-1.89
45	LIM-CHA	0.00		534.00	-0.42	381.60	-0.34	71.46	0.25
44	LIM-CHA	0.00		544.00	-0.30	383.00	-0.32	70.40	-0.24
29	PIED	0.00		593.00	0.31	414.40	0.15	69.88	-0.48
63	PIED-BBRH	0.25		420.00	-1.82	287.50	-1.76	68.45	-1.14
<b>Categoría de Torques</b>									
38	BB-CHA	0.50		576.00	0.57	379.70	0.22	65.92	-1.07
60	BB-HOLCz	0.50		520.00	-0.42	338.20	-0.76	65.04	-1.51
32	BB-LIM	0.50		593.00	0.87	419.10	1.16	70.67	1.32
47	BRH-BAQ	0.00		555.00	0.20	370.00	0.00	66.67	-0.69
14	LIM	0.00		582.00	0.67	417.70	1.12	71.77	1.87
68	ANG	0.00		575.00	0.55	385.40	0.36	67.03	-0.51
71	CHA	0.00		503.00	-0.72	342.70	-0.65	68.13	0.05
43	CHA-SIM	0.00		591.00	0.83	387.00	0.40	65.48	-1.29
12	LIM	0.00		570.00	0.46	400.00	0.70	70.18	1.07
48	LIM-Cz	0.00		522.00	-0.38	357.00	-0.31	68.39	0.18
35	PIED	0.00		491.00	-0.93	334.60	-0.84	68.15	0.05
30	PIED	0.00		460.00	-1.48	309.10	-1.44	67.20	-0.42
65	PIED-BBHOL	0.25		437.00	-1.89	299.90	-1.66	68.63	0.29
55	TPC	0.00		638.00	1.66	442.60	1.71	69.37	0.67
<b>Categoría de Toros</b>									
16	BB-BBINDO	0.75		669.00	0.01	485.10	0.35	72.51	1.48
31	BB-BBLIM	0.75		770.00	1.24	552.60	1.35	71.77	1.17
42	BB-BRH	0.50		684.00	0.19	471.60	0.14	68.95	0.00
1	BB-BRH	0.50		693.00	0.30	473.70	0.18	68.35	-0.24
41	BB-BRH	0.50		700.00	0.39	468.00	0.09	66.86	-0.86
61	BB-HOLCz	0.50		520.00	-1.80	350.40	-1.66	67.38	-0.64
13	BB-LIM	0.50		770.00	1.24	553.10	1.36	71.83	1.19
33	BB-LIM	0.50		670.00	0.02	479.40	0.26	71.55	1.08
49	BB-LIM	0.50		667.00	-0.01	471.30	0.14	70.66	0.71
67	BB-LIM	0.50		690.00	0.27	471.70	0.15	68.36	-0.24
26	BB-LIM	0.50		644.00	-0.29	427.30	-0.51	66.35	-1.07
50	BB-LIMCHA	0.50		680.00	0.14	467.00	0.08	68.68	-0.11
69	CHA	0.00		507.00	-1.96	338.00	-1.84	66.67	-0.94
34	LIM	0.00		757.00	1.08	534.70	1.08	70.63	0.70
53	LIM	0.00		725.00	0.69	497.80	0.53	68.66	-0.11
51	LIM	0.00		670.00	0.02	443.10	-0.28	66.13	-1.16
54	LIM	0.00		714.00	0.56	511.00	0.73	71.57	1.09
64	SBH-BAQ	0.00		496.00	-2.10	317.70	-2.14	64.05	-2.02

BB-BBLIM = BAB x BAB-Limoustin, BB-HOLCz = BAB x Holstein-Cruza, BB-LIM = BAB x Limoustin, CHAR = Charolais, LIM-CHA = Limoustin x Charolais, PIED = Piedmontese, LIM = Limoustin, TPC = Tropicame, PIED-BBHOL = Piedmontese x BAB-Holstein, LIM-Cz = Limoustin x C

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN