

**E.E.M.A.C.**



FACULTAD DE  
**AGRONOMIA**  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**SEMINARIO DE DISCUSIÓN TÉCNICA**

**“AVANCES EN  
MEJORAMIENTO  
GENÉTICO EN BOVINOS  
DE CARNE”**

**Jueves 27 de octubre de 2005**

**Unidad de Difusión**

**Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”**

**Universidad de la República**

**Ruta 3 km 363 - PAYSANDU**

**Tel. 598 720 2250 - 598 720 2259    Telefax: 598 72 27950/41282**

**Correo electrónico: eemac@fagro.edu.uy - web: www.fagro.edu.uy/eemac/web**

## **INTERACCION GENOTIPO X AMBIENTE EN LA RAZA ANGUS DE BRASIL Y URUGUAY - IMPLICANCIAS EN LOS RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES GENETICAS**

Ing. Agr. (DSc.) Ana Carolina Espasandin<sup>1</sup>, Ing. Agr. (PhD) Mauricio Mello de Alencar<sup>2</sup>, Ing. Agr. (LAgr) Jorge I. Urioste<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Mejoramiento Genetico-EEMAC- Departamento de Produccion Animal y Pasturas -  
Facultad deAgronomia  
<sup>2</sup> Centro de Pesquisa Pecu{aria Sudeste - EMBRAPA-CPPSE. Sao Carlos, SP-Brasil  
<sup>3</sup> **Mejoramiento Genetico- Departamento de Produccion Animal y Pasturas - Facultad  
deAgronomia-**

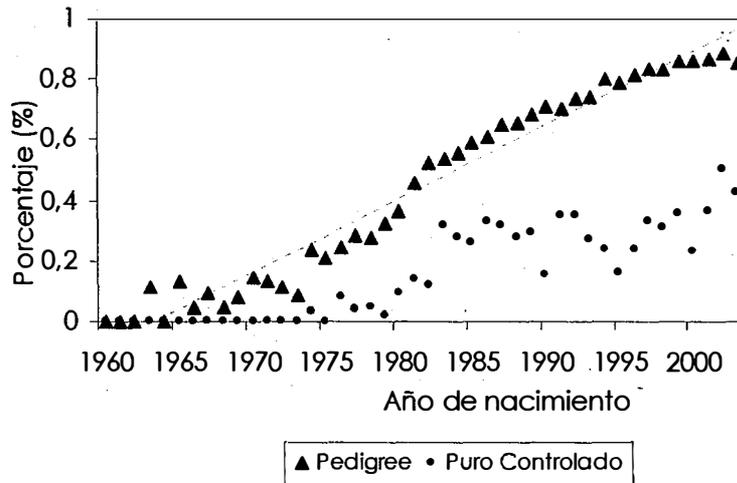
### **RESUMEN**

Animales seleccionados en determinadas condiciones de producción no siempre responden de un modo esperado al ser expuestos o reproducidos en situaciones diferentes. Este fenómeno es conocido como interacción genotipo x ambiente. Este fenómeno ha sido observado en la producción de carne bovina, en especial cuando materiales genéticos de origen norteamericano son traídos a condiciones tropicales y subtropicales en los países de América Latina. Como consecuencia, la descendencia generada por los reproductores importados no siempre supera en valores genéticos a la proveniente de animales nacidos en el mismo ambiente de criación. En este trabajo se presentan y analizan evidencias de interacción genotipo x ambiente, observadas en la raza Angus de Brasil y Uruguay. Son discutidas también las implicancias de estos resultados en la mejora genética de los rodeos, así como las posibles medidas a considerar frente a las inminentes evaluaciones genéticas internacionales.

### **I. INTRODUCCIÓN**

A medida que los sistemas de producción se desarrollan y las prácticas de manejo cambian, los ambientes a los que están expuestos los animales también cambian. De modo complementario, el fenómeno de la globalización lleva a que los recursos genéticos animales sean cada vez más manejados bajo la perspectiva de una población global, sujeta a un amplio rango de ambientes.

En nuestras latitudes existe la creencia de que la importación de material genético desde países del primer mundo, resultará sin lugar a dudas en una mejora genética de las poblaciones animales. A causa de esto, durante mucho tiempo ha sido ignorada la expresión de ese nuevo "pool genético" que ingresa y es expuesto ante situaciones ambientales muchas veces diferentes a aquellas en que los animales fueron seleccionados. La Figura 1 muestra un ejemplo de cómo la importación de semen o reproductores desde el exterior, supuestamente "más productivos", va modificando la constitución genética de las poblaciones, en este caso la población Aberdeen Angus de Uruguay.



**Figura 1. Porcentaje de genes importados en la población Angus del Uruguay**

Un conocimiento incompleto sobre los efectos ambientales involucrados, el supuesto de una escasa interacción del ambiente con los genotipos de interés y la creencia de que los ambientes pueden ser "mejorados" a través de un aumento de los insumos tecnológicos, son los argumentos detrás de la mayoría de las importaciones hacia los países de América Latina.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el estudio de la interacción genotipo x ambiente para peso al destete en las poblaciones de la raza Angus de Brasil y Uruguay.

## II. ALGUNOS CONCEPTOS PREVIOS

### 1. Causas y posibles consecuencias de la interacción

Varios son los factores que pueden causar interacción entre genotipos y ambientes. Desde el punto de vista ambiental, es relativamente fácil visualizar las fuentes de variación: mayor o menor temperatura, forrajes de mejor o peor calidad, etc., pero desde el punto de vista genético se torna difícil determinar los mecanismos responsables por estas respuestas diferentes.

En algunos caracteres los genes que se encargan de codificarlos actúan según las condiciones de producción, mientras que en otras características lo que varía apenas es el grado de expresión que los genes manifiestan. Por ejemplo, si Aa-Bb-Cc-Dd-Ee son los genes responsables por el peso al destete de los terneros, puede suceder que en ambientes tropicales actúen apenas Aa y Cc, y en ambientes templados Bb y Ee. No obstante, en ambos casos las respuestas fenotípicas observadas difieren en forma significativa con el ambiente en que son criados los animales. Un ejemplo práctico de esto sería el funcionamiento de algunas especies animales frente a niveles nutricionales extremos, en donde son activados genes que desencadenan diferentes funciones. En los casos en que no existen restricciones energéticas los genes que se activan son aquellos que favorecen mayores consumos de alimento para favorecer mayores tasas de crecimiento. Frente a niveles restrictivos de alimentos el crecimiento se vuelve función de genes que promueven

mayor eficiencia en el uso de los alimentos disponibles así como los que disminuyen los requerimientos de mantenimiento.

Por otro lado, en la definición del carácter pueden intervenir los mismos genes para todas las condiciones ambientales, variando en este caso apenas el grado de expresión que presenta.

Como ya fue explicado, la consecuencia directa de la interacción es la alteración en el desempeño de los animales de un ambiente a otro. No obstante, si es posible predecir la respuesta de los individuos para diferentes situaciones de producción, los efectos de la interacción son eliminados, sabiendo en definitiva cuanto nos va a rendir en cada localidad cada uno de los genotipos que pretendemos producir. ¿Es posible esto? En las evaluaciones genéticas de los reproductores son obtenidas como resultado las DEP (Diferencias Esperadas en la Progenie) que nos predicen cuantos kilos, litros, etc. prometen los padres a su descendencia por encima o por debajo de la base de referencia usada en la estimación. El problema es que esa predicción tiene la fiabilidad (precisión o acuracia) que se declara para los ambientes en que los reproductores son evaluados. Es decir, si esa evaluación genética es realizada en Uruguay, puede que los resultados sean extrapolables apenas para los sistemas de producción de nuestro país. Dicho en otras palabras, si un toro seleccionado en un establecimiento de Uruguay promete +10 kg al destete en su progenie en Uruguay, no necesariamente prometa lo mismo para Brasil o Paraguay ya que su "pool genético" (transmitido a su progenie) no tiene por que reaccionar similarmente en un ambiente tropical que en las condiciones templadas de nuestro país.

Ahora, ¿de que manera podemos saber si existe interacción? mediante análisis multicarácter en donde son estimados los valores genéticos de los animales simultáneamente en 2 o más lugares, generando un valor para cada una de las localidades estudiadas. La interacción genotipo x ambiente es confirmada cuando el ranking de los reproductores cambia de un lugar a otro.

## **2. Evidencias de interacción genotipo x ambiente**

Varios estudios en diferentes razas productoras de carne investigan la existencia de interacción genotipo x ambiente para características de crecimiento.

La gran mayoría se ha basado en análisis de datos de campo sin diseño experimental. Asimismo, se observa la ausencia de estudios en caracteres reproductivos, y la predominancia en los estudios, del carácter peso al destete. En relación a las metodologías utilizadas para los estudios de interacción, la excepción de estos trabajos la constituye el publicado por Cardoso (2005) quien estudió la variación de los genotipos con gradientes ambientales mediante normas de reacción.

Por un lado podemos reportar trabajos en los que las interacciones observadas no son de consideración. Así, Meyer (1995) analiza medidas de peso en la raza Angus con datos de Australia y Nueva Zelanda, encontrando en general correlaciones genéticas mayores a 0.80 entre iguales características medidas en ambos países. De Mattos et al. (2000) analizaron el peso al destete de poblaciones Hereford provenientes de Canadá, Estados Unidos y Uruguay, obteniendo también correlaciones genéticas altas (próximas a 1) entre medidas similares en cada país. Lee y Bertrand (2002), trabajando con datos de Argentina, Canadá, Estados Unidos y Uruguay confirman resultados anteriores referidos al peso al destete, pero encuentran correlaciones genéticas más bajas para medidas pos-destete, particularmente entre Canadá/Estados Unidos y Argentina/Uruguay. Tendencias similares a las anteriores son publicadas por Donoghue y Bertrand (2004) para los pesos al nacimiento de animales Charolais para Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelanda. Esta serie de autores concluyen que no existe interacción genotipo x ambiente, o que la misma no trae consecuencias. En estos casos, una posible evaluación genética internacional entre los países involucrados no necesitaría considerar dicha interacción debido a que el orden de clasificación de los reproductores permanece prácticamente constante en los diferentes locales evaluados.

Por otro lado, son varios los trabajos que, estudiando interacciones genotipo x ambiente en ganado de carne reportan efectos significativos de la misma, especialmente cuando se trata de países en los que la producción animal es realizada en climas tropicales o subtropicales y en condiciones de pastoreo. Trabajos realizados por autores citados anteriormente (de Mattos et al. 1997), observaron efectos significativos de la interacción genotipo x ambiente para rebaños Hereford criados en las regiones Norte y Sur de Uruguay. En el mismo sentido, estudios realizados en Brasil por Mascioli (2000) y Mercadante (2000) indicaron la presencia de interacciones GxE para animales Canchim, cruza Canchim x Nelore y Nelore. Cabe destacar que estas observaciones provienen de experimentos diseñados específicamente para estudiar estas interacciones.

Cardellino et al. (1997) encontraron interacciones GxE para ganancias de peso pre- y posdestete en toros de las razas Hereford y Aberdeen Angus, evaluados en Estados Unidos y en Brasil. A pesar de que todos los toros presentaban Desvíos Esperados en la Progenie (DEP) positivas en Estados Unidos, 31% de los Hereford y 19% de los Aberdeen Angus obtuvieron desempeños negativos en Brasil. Según los autores, ignorar la existencia de esos efectos puede traer consecuencias serias para el mejoramiento genético nacional, por el hecho de que las evaluaciones genéticas realizadas en los países de origen de los reproductores podrían ser inadecuadas para los ambientes de producción de los países compradores.

También dentro de Brasil, Cardoso et al. (2005) comprueban efectos significativos de esta interacción para ganancias de peso post destete en función del un gradiente ambiental definido por la productividad de los diferentes grupos de contemporáneos. Estas tendencias también son confirmadas por otros estudios. Es así que Simonelli (2004) y Toral (2004) observan para la raza Nelore, que constituye el 70% del rebaño nacional de Brasil, que toros de esta raza generan progenies con diferentes performances según las localidades evaluadas dentro de los estados de Paraná y Mato Grosso do Sul, respectivamente.

De estos resultados expuestos, se desprende que la interacción genotipo- ambiente en ganado de carne debe ser motivo de análisis más profundos, a los efectos de determinar su magnitud en diversas poblaciones y diferentes ambientes.

### III. INTERACCIÓN GENOTIPO x AMBIENTE PARA O PESO AL DESTETE EN LAS POBLACIONES DE LA RAZA ANGUS DE BRASIL Y URUGUAY

#### 1. Base de datos utilizada

Los datos utilizados provienen de los registros de las Sociedades Nacionales de Criadores de la raza Angus de Brasil y Uruguay, centralizados por la PROMEBO (Programa de Melhoramento de Bovinos de Corte) e por la ARU (Asociación Rural del Uruguay) y la Facultad de Agronomía – Universidad de la República Oriental del Uruguay, respectivamente. Fue creada una base conjunta de datos con 73.802 animales totales, siendo 10.475 pertenecientes a Uruguay y 63.327 a Brasil. El conjunto de datos fue sometido a análisis de conectabilidad utilizando el programa MILC, desarrollado por Fries & Roso (1997). Los grupos de contemporáneos (GC, definidos por las variables rodeo-año-estación de nacimiento que contuvieran al menos cinco animales) no conectados fueron eliminados, totalizando 25 GC con 218 animales en Uruguay y 76 GC con 379 animales en Brasil. El archivo final analizado, resumido se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de la base de datos conjunta de Uruguay y Brasil.

Item	Uruguay	Brasil	Conjunto
Localidades (*)	13	34	47
Criadores	33	161	194
GC (#)	218	867	1.085
Animales	10.257	62.948	73.205
Toros (padres)	500	1.926	2.426
Vacas (madres)	6.246	36.211	42.457

(\*) Localidad: Municipios de Río Grande do Sul y Departamentos de Uruguay

(#) GC: Grupo de Contemporáneos-Rodeo-Año.Estación de Nacimiento

## 2. Localidades

Las localidades analizadas son presentadas en la Figura 1 para ambos países. Los establecimientos criadores de la raza Angus analizados pertenecen, en Brasil, al estado de Río Grande do Sul, abarcando casi la totalidad del territorio. Puede observarse la misma distribución de las propiedades en Uruguay, siendo por lo tanto, desde el punto de vista territorial, representativas del país.

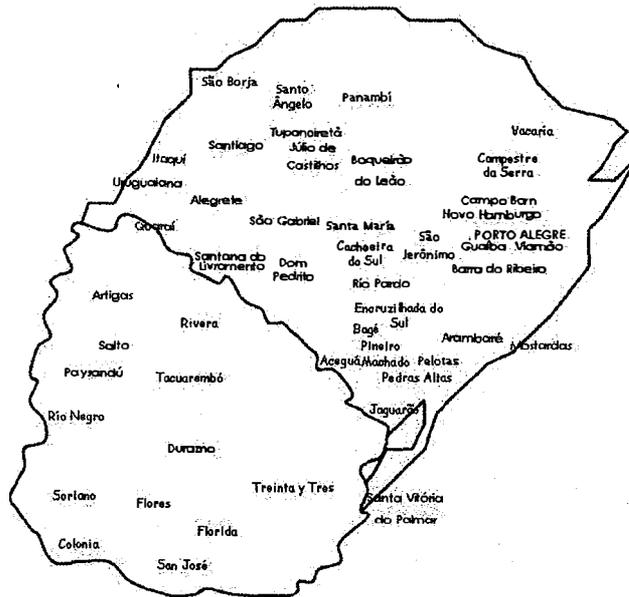


Figura 1. Localidades das fazendas analisadas do Rio Grande do Sul e do Uruguai.

## 3. Estudio de la Interacción Genotipo x Ambiente

La interacción genotipo x país se estudió mediante dos métodos:

- estimación de la correlación genético-aditiva entre países; y
- cálculo de correlaciones de rankings de toros comunes a ambos os países; y

Los modelos (unicarácter y bicarácter) descriptos a seguir:

$$y = X\beta + Z_1 a + Z_2 m + Wp + e$$

incluyeron los efectos: fijos de grupo de contemporáneos, sexo del ternero y edad de la vaca al parto y del ternero al destete como covariables; y aleatorios genético-aditivo directo y materno y de ambiente permanente de la madre.

El análisis bicarácter fue realizado considerando al peso al destete como característica diferente, para la estimación de los componentes de (co)varianza, asumiendo que las covarianzas entre los efectos residuales de los dos países fueron igual a cero. Según Robertson (1959), correlaciones genéticas inferiores a 0,80 indican interacción genotipo x ambiente significativa. Para Falconer (1972), la interacción es de consideración para valores inferiores a 1,0.

La correlación de SPEARMAN de los rankings entre valores genéticos de toros comunes a ambos países fue calculada mediante el procedimiento CORR del programa SAS (2000).

Los componentes de (co)varianza fueron estimados utilizando el método de máxima verosimilitud restringida libre de derivadas, usando el programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995).

#### 4. Resultados obtenidos

##### a. Correlaciones genéticas

En la tabla 3 son presentados los valores estimados para los componentes de varianza y covarianza, heredabilidades y correlaciones genéticas para los efectos aditivos directos y maternos del peso al destete en Brasil y Uruguay, obtenidos del análisis bicarácter.

Tabla 3. Componentes (kg) de varianza (diagonal, fuera del parentesis) y de covarianza (abajo de la diagonal, fuera del parentesis), heredabilidades (diagonal, entre parentesis) y correlaciones genéticas (debajo de la diagonal, entre parentesis) para el peso al destete estimados en el modelo bicarácter.

	Efecto genético aditivo directo		Efecto genético aditivo materno	
	(*)		(*)	
	a1	a2	m1	m2
a1	211,75 (0,35)			
a2	158,40 (0,76)	206,78 (0,35)		
m1	-116,16 (-0,54)	26,88 (0,13)	216,29 (0,36)	
m2	-73,92 (-0,52)	-99,03 (-0,71)	0,84 (0,01)	94,24 (0,16)

(\*) a1: efecto genético aditivo directo en Uruguay; a2: efecto genético aditivo directo en Brasil; m1: efecto genético aditivo materno en Uruguay; m2: efecto genético aditivo materno en Brasil

Se observan componentes de varianza aditivos directos semejantes para los dos países y componentes de varianza aditivos maternos diferentes, sendo mayores para Uruguay. O componente de variância permanente materno foi igual a 56,12 para o Brasil e os componentes residuais foram iguais a 296,88 (Uruguai) e 340,72 (Brasil). As herdabilidades diretas foram iguais (0,35) para os dois países, enquanto que as herdabilidades maternas foram diferentes, 0,36 para o Uruguai e 0,16 para o Brasil, coincidiendo con la mayoría de los resultados publicados dentro de cada país.

La correlación genética para los efectos aditivos directos estimada para el peso al destete entre ambos países fue de 0,76, mientras que para los efectos maternos fue de 0,01. Este valor de 0,76 sugiere la existencia de interacción genotipo x país para esta característica.

##### b. Clasificación de Toros

Las implicancias de estas interacciones pueden ser visualizadas mediante la correlación de Spearman entre valores genéticos directos de los toros comunes a ambos países, estimados por el modelo bicarácter. Este valor resultó en 0,48 ( $P < 0,0016$ ), indicando fuertes cambios en las clasificaciones (ranking u ordenamiento) de los toros en Brasil y Uruguay.

En la tabla 4 son presentadas las clasificaciones y los valores genéticos obtenidos para una muestra de los toros comunes a ambos os países, cuando fueron evaluados separadamente en Brasil y en Uruguay, y cuando se evaluaron en forma conjunta en el análisis bicarácter (considerando al peso al destete como característica diferente en cada país).

Tabla 4. Clasificaciones de los toros comunes a Uruguay y Brasil obtenidas mediante evaluaciones genéticas conjuntas y en cada país.

Toro	Clasificación 1) Brasil	Clasificación 2) Uruguay	Clasificación 3) Evaluación Conjunta
<b>A</b>	1	5	1
<b>B</b>	2	4	2
<b>C</b>	3	11	4
<b>D</b>	4	3	3
<b>E</b>	5	1	5
<b>I</b>	9	2	9
<b>J</b>	10	8	13
<b>M</b>	13	14	6
<b>N</b>	14	6	14

En la Tabla se presentan las posiciones que ocupa el mismo reproductor cuando fue evaluado en Uruguay, en Brasil y en ambos países simultáneamente. Según en donde sea realizada la evaluación, los reproductores ocupan posiciones diferentes, siendo en algunos casos (toros C, I, N por ejemplo) muy diferentes entre un país y otro. Si no existiera interacción, los toros ocuparían las mismas posiciones en los diferentes países.

Como podemos ver en la Figura 3, estas clasificaciones diferenciales generan como consecuencia valores genéticos medios diferentes en la progenie generada por estos toros en ambos países.

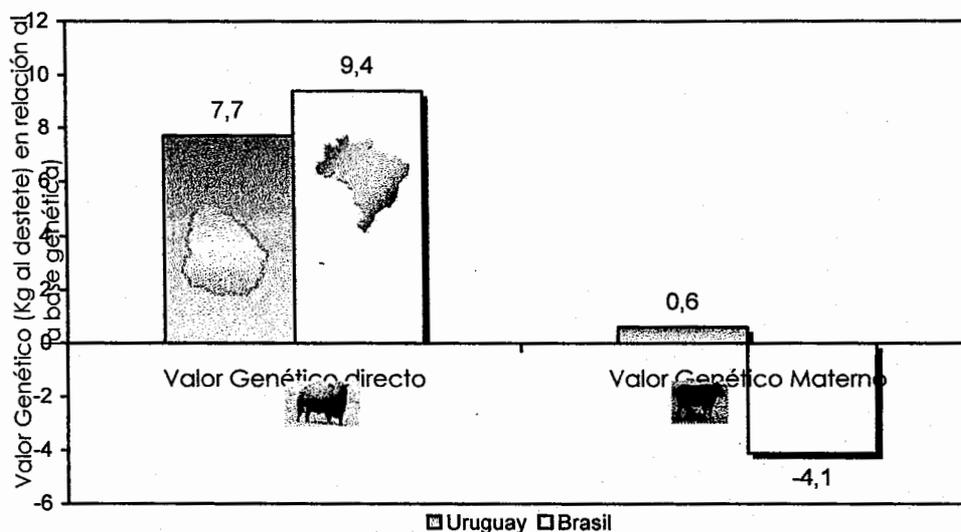


Figura 3. Valores genéticos directos y maternos para Peso al destete en los toros comunes a Brasil y Uruguay

Mientras que en Uruguay observamos valores positivos para efectos directos y maternos, en Brasil son negativos los maternos.

Por que sucede esto? Conforme explicamos anteriormente porque probablemente la genética sobre la cual hayan sido seleccionados estos toros no sea "adaptable" a los sistemas de producción de Brasil.

En otro trabajo realizado por Cardellino y col. (1997) para las razas Angus y Hereford también fue constatada la interacción. En este caso estudiaron las DEP de toros importados, en sus países de origen (Estados Unidos y Canadá) y en Brasil. Mientras que el total de los toros presentaba DEP positivas para pesos al nacer y al destete en sus países de origen, 20% de los Hereford y 30% de los Angus resultaron con DEP negativas para las mismas características en Brasil.

Sin embargo, hay que resaltar que no siempre sucede lo mismo, hay casos en los que no es verificada esta interacción. De Mattos et al. (2000), observaron que no existe interacción para la raza Hereford en Uruguay, Argentina y Estados Unidos. Bajo estas condiciones, los resultados de una evaluación genética realizada en cualquiera de estos 3 países son válidos para los otros dos.

En resumen, observamos evidencias de interacción entre genotipos y ambientes para algunas razas productoras de carne. Debemos tener en cuenta que contando con estos resultados es fácil predecir las respuestas productivas que obtendremos en la progenie de los animales evaluados en los diferentes países. El problema surge cuando carecemos de información, lo que sucede a la hora de importar semen o reproductores desde otro país.

### **Consideraciones finales**

Debemos tener siempre presente que cuando seleccionamos a los animales, lo hacemos en favor de aquellos genes más propicios para expresar las características que deseamos mejorar. No podemos olvidar, que paralelo a nuestra selección existe la selección natural, que opera a favor de características adaptativas. De esta forma, dentro de un rodeo, región o país, los animales van adaptándose a determinadas situaciones de producción.

Es así que en sistemas más intensivos, en donde la alimentación no es limitante, probablemente los individuos adaptados cuenten con altas frecuencias de genes que promueven mayores consumos y por tanto logren altas ganancias de peso. En ambientes extensivos en donde la oferta de forraje fluctúa con las variaciones climáticas prevalecerán los genes que mejoren la eficiencia en el uso de los alimentos y disminuyan los requerimientos de mantenimiento. Tenemos por tanto que prestar especial atención a las condiciones ambientales sobre las cuales fueron seleccionados los reproductores que pretendemos comprar.

En muchos establecimientos, la mejora genética de los rodeos se ha orientado hacia la compra de semen o reproductores provenientes de otros países. La mayoría de las veces esta compra es decidida en función tanto de las DEP y del precio de la dosis de semen o del toro. El problema surge cuando esos animales supuestamente "mejoradores genéticos" son evaluados en nuestros países y resultan en valores genéticos pobre o hasta negativos en algunos casos, consecuencia de la interacción genotipo x ambiente. Situaciones como esta no resultan apenas en pobres avances en la mejora genética de nuestros rodeos, sino también en inversiones económicas sin éxito, considerando los precios de las dosis de semen importado.

No obstante, en muchos casos no contamos con información acerca de las condiciones en que los reproductores que pretendemos importar han sido seleccionados y en estos casos es necesario promover la realización de evaluaciones genéticas internacionales para las razas o genotipos en que la interacción ha sido comprobada.

país, hay factores que podemos tener en cuenta, entre ellos conocer el sistema de producción en que fue seleccionado. Esto nos permitiría saber en definitiva a que condiciones ese "pool genético" es adaptado. De esa forma, animales seleccionados en ambientes de producción semejantes a los nuestros tienen más chances de resultar en DEP positivas en nuestros campos.

En síntesis, el mensaje que debe prevalecer es que no nos debemos encandilar apenas con DEP altas, pues esos valores son relativos no sólo como unidades en relación a una base genética específica, también en relación a condiciones ambientales determinadas.

## 5. Conclusiones

La posibilidad de interacción genotipo x ambiente debe ser considerada cuando se trabaja con recursos genéticos animales sobre un amplio rango de sistemas de producción, antes de poder sacar conclusiones sobre el mérito genético de los animales para distintas características.

En función de los antecedentes observados en interacción genotipo x ambiente en bovinos de carne:

- Es esperable la presencia de interacciones GxE en ganado de carne, siendo muy evidente cuando se contrastan ambientes muy distantes entre sí.
- Cualquier decisión de introducción de genes externos deberían tener en consideración el sistema de producción y el comportamiento de las características de impacto económico en dicho sistema (objetivos de selección)
- Para ello son deseables estudios previos del comportamiento de los animales en distintos ambientes, usando las nuevas metodologías en desarrollo (clusters, normas de reacción)
- Las evaluaciones internacionales en ganado de carne son un poco más complejas que las de leche, y deben tomar especialmente en cuenta estas situaciones

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BOLDMAN, K.G., KRIESE, L.A., VAN VLECK, L.D. et al. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variance and covariance (DRAFT). Lincoln. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 120p, 1995.
- CARDELLINO, R.A., CAMPOS, L.T., CARDOSO, F.F. 1997. Interação Genótipo Ambiente nas raças Hereford e Aberdeen Angus: DEPs nos EUA e no Brasil. In: 34 REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora, MG, Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.190-192.
- CARDOSO, F.F., CAMPOS, L.T., CARDELLINO, R.A. 2005. Caracterização de interação genótipo-ambiente no ganho pós-desmama de bovinos Angus via normas de reação. . In: Anais da 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Goiânia, 25-28 de Julio, 2005.
- De MATTOS, D., BERTRAND, J.K., HERRING, W.O., BENYSHEK, L.L. 1997. Interacción genotipo-ambiente para peso al destete en una población de ganado Hereford en Uruguay. 1º Congreso Binacional de Producción Animal Argentina – Uruguay. 21º Congreso Argentino – 2º Congreso Uruguayo de Producción Animal. Paysandú-Uruguay, 3 – 5 setiembre, 1997. Revista Argentina de Producción Animal 17:218. (Abstract)
- De MATTOS, D., MISZTAL, I., BERTRAND, J.K. 2000 Variance and covariance components for weaning weight for Herefords in three countries. J. Anim. Sci. 78:33-37.
- DONOGHUE, K. A. AND J. K. BERTRAND. 2004. Investigation of interaction of genotype by country interactions for growth traits for Charolais populations in Australia, Canada, New Zealand and USA. Livest. Prod. Sci. 85:129-137.
- FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4.ed. London, Longman, 464 p.
- FRIES, L. A., ROSO V. M. Conectabilidade em avaliações genéticas de gado de corte: uma proposta heurística. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora, MG, **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v3., p.159-161.
- LYNCH, M., WALSH, B., 1998. Genetics and analysis of quantitative traits. 1st. Sinauer Associates, Sunderland.
- MASCIOLI, A. S. 2000. Interação genótipo x ambiente sobre o desempenho de animais Canchim e cruzados Canchim x Nelore. 2000. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- MERCADANTE, M.E.Z., FIGUEIREDO, L.A., CYRILLO, J.N.S.G., PACKER, I.U., TROVO, J.B.F. 2000. Avaliação de touros da raça Caracu segundo o desempenho aos 378 dias das progênie em dois sexos/ambientes distintos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG, Anais... Viçosa: SBZ, 2000. p.196 (Abstract).
- MEYER, K. 1995 Estimates of genetic parameters and breeding values for New Zealand and Australian Angus cattle. Aust. J. Agric. Res. 46:1219-1229.
- ROBERTSON, A., The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, Arlington, v. 15, n. 3, p. 469-485, 1959.
- SAS statistical analysis systems user's guide: Stat, Version 8.12 Cary: SAS Institute, 2000.
- SIMONELLI, S.M. 2004. Heterogeneidade de variâncias e interação genótipo x ambiente no desempenho de animais Nelore em diferentes regiões do estado do Mato Grosso do Sul. 2004. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- TORAL, F.L.B., SILVA, L.O.C., MARTINS, E.N., GONDO, A., SIMONELLI, S.M. 2004. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. . R. Bras. Zootec., 33:1445-1455.

# HETEROSIS EN CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO PARA EL

## CRUZAMIENTO HEREFORD X ANGUS

Bach. Martín Rogberg, Ing Agr (DSc) Ana C. Espasandin<sup>1</sup>, Ing. Agr. Diego Gimeno<sup>2</sup>, Ing. Agr.  
Fernando Pereyra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mejoramiento Genético-EEMAC- Departamento de Producción Animal y Pasturas - Facultad de Agronomía

<sup>2</sup> Secretariado Uruguayo de la Lana

<sup>3</sup> Mejoramiento Genético-EEBM Departamento de Producción Animal y Pasturas - Facultad de Agronomía

### INTRODUCCION

Los cruzamientos en bovinos para carne constituyen una herramienta genética de gran utilidad para los productores, por sus resultados inmediatos y su fácil aplicación. El apareamiento de dos o más razas tiene como finalidad la generación de heterosis, la incorporación de variabilidad genética y la posibilidad de combinar características relevantes como por ejemplo precocidad, tolerancia al calor y a los ectoparásitos, terneza y otros caracteres cualitativos. Los resultados de los cruzamientos dependen de las diferencias de frecuencias génicas existentes, lo cual resulta en un incremento de la heterocigosis de la cruce, y del tipo de dominancia.

Está demostrado que cuanto mayor es la divergencia genética entre las razas mayor es la heterosis (Cundiff, 1970 y Willham, 1970). Por tal motivo varios trabajos han encontrado mayores niveles de heterosis en cruces de *Bos indicus* con *Bos taurus* que en cruces de razas europeas entre sí (Franke, 1980, Long, 1980 y Gregory *et al.*, 1985).

En general los cruzamientos entre razas tienen un efecto positivo sobre el comportamiento reproductivo y productivo de los rodeos. Sin embargo, cuando la madre es pura y el ternero cruza los datos experimentales no han sido consistentes, variando los niveles de heterosis en signo y magnitud como lo señalan Miquel y Molinuevo (1986).

### HETEROSIS O VIGOR HÍBRIDO

La heterosis o vigor híbrido marca la diferencia en la productividad de los hijos cruce frente al promedio de las dos razas parentales (Rovira, 1996).

Para su determinación no solo se necesita conocer la producción de cada uno de las razas parentales, sino también la de los hijos cruce, y a través de cruzamientos recíprocos; esto es, que las dos razas deben intervenir como padre y como madre.

De acuerdo a la definición se estima:

$$\text{Heterosis} = F_1(AB) - [(AA+BB)/2]$$

Este tipo de vigor híbrido exhibido, medido en el hijo se le denomina vigor híbrido individual. Existen otros tipos de vigor híbrido, el paternal y el maternal, en donde se mide la superioridad de los padres cruces en relación a los puros.

Las características en donde se manifiesta con más intensidad el vigor híbrido son aquellas que poseen baja heredabilidad (proporción de los caracteres observables en los progenitores que son transmitidos a la progenie:  $(h^2 = V_A/V_F)$ ).

Otro hecho que afecta la magnitud del vigor híbrido, es el grado de parecido genético o parentesco entre las razas utilizadas. Cuanto mayor distancia genética, mayor será el vigor híbrido resultante.

Por otro lado, el resultado en el desempeño de los cruzamientos también se encuentra relacionado a la complementariedad entre las razas participantes, que es el efecto conjunto que resulta de la composición genética de la prole y la de las madres. Este efecto complementario hace que determinados cruzamientos aparezcan como los sistemas de producción de mayor rendimiento, independientemente del vigor híbrido involucrado.

La heterosis es máxima en el primer cruzamiento (F1, tratándose de dos razas solamente) para luego decaer aproximadamente la mitad al aparear los F1 entre si.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de este trabajo se centra en el estudio de la heterosis producida en el cruzamiento entre las razas Hereford y Angus, en características de crecimiento.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Descripción del experimento**

El trabajo fue realizado con datos registrados en un experimento de cruzamientos en ganado de carne, desarrollado en la Estación Experimental de Bañados de Medina durante el periodo 1993-2003. El mismo se realizó bajo un diseño dialélico entre las razas Angus y Hereford, y teniendo como objetivos centrales:

\_ Evaluar diferentes características del ciclo de producción de carne (reproducción crecimiento y faena).

\_ Estimar los valores de los parámetros genéticos involucrados entre las razas Angus y Hereford, así como sus cruzas (efectos raciales y heterosis).

\_ Predecir el comportamiento de diferentes genotipos en sistemas de cruzamientos alternativos.

El diseño experimental utilizado se presenta en el Cuadro 1.

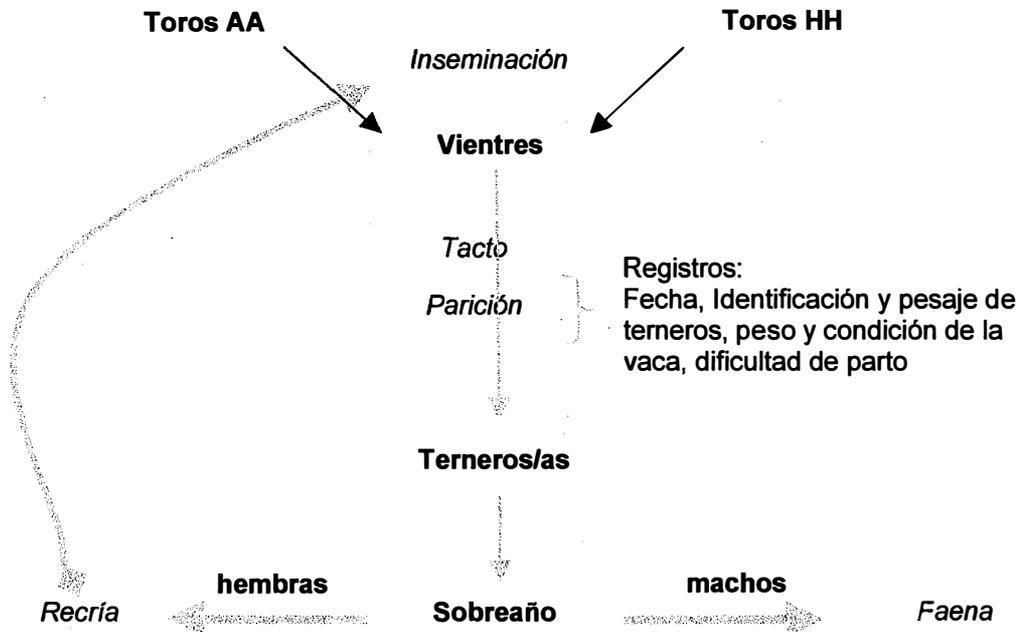
Cuadro 1. Diseño del experimento dialélico entre Angus y Hereford realizado en EEBM durante el periodo 1993-2003.

Año		94	95	96	97	98	99	2000	2001	2002	2003
Pura	HH	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	AA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
F1	HA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	AH	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Retrocruza	A(HA)				x	x	x	x	x	x	x
	A(AH)				x	x	x	x	x	x	x
	H(HA)				x	x	x	x	x	x	x
	H(AH)				x	x	x	x	x	x	x
F2	(AH)(HA)					x	x	x	x	x	x
	(HA)(AH)					x	x	x	x	x	x
F3											
	F3								x	x	x

El manejo de los cruzamientos, así como los registros realizados en las distintas etapas, se presentan en la Figura 1

**Figura 1.**

## Dinámica del experimento



Se tomaron los pesos de los animales mensualmente.  
Los lotes fueron manejados indistintamente hasta los 12 meses donde se separaron los machos de las hembras.  
Las hembras son recriadas hasta los 24 meses, donde entran en el sistema de cruzamientos.  
Los machos se mantienen en el campo hasta llegar al peso o estado de faena.  
Se realizó un plan sanitario acorde a la zona.

### DESCRIPCION DEL TRABAJO

Se estudiaron en este trabajo las características de crecimiento (pesos y ganancias diarias) de animales de las razas puras Hereford y Angus, así como de su cruce F1 registradas durante el periodo 1994-2003.

Las variables utilizadas fueron los pesos mensuales (en Kg) desde el nacimiento hasta los 24 meses de edad en hembras y hasta el momento de faena en machos. Fueron calculadas las ganancias diarias de peso (en Kg/día) en los periodos:

- Nacimiento-destete
- Destete-12 meses
- 12 meses-18 meses
- 18 meses-30 meses

El número de animales correspondientes a cada genotipo se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2.

Numero de animales por genotipo en todo el experimento

	AA	HH	AH	HA
<b>Machos</b>	128	149	109	107
<b>Hembras</b>	93	109	110	94
<b>TOTAL</b>	221	258	219	201

Se observa cierto desbalance en el número de observaciones registradas en cada periodo. Para cada grupo genético fueron estimadas las medias de los mínimos cuadrados (LSMEANS), ajustando por los factores año y mes de nacimiento, edad de la madre al momento del parto y edad del animal. Las medias fueron comparados mediante teste t ( $p < 0,05$ ). Fue utilizado el procedimiento GLM del programa SAS (SAS 2001) para la obtención de las estimativas.

Con los datos obtenidos se calculo la heterosis en diferentes momentos:

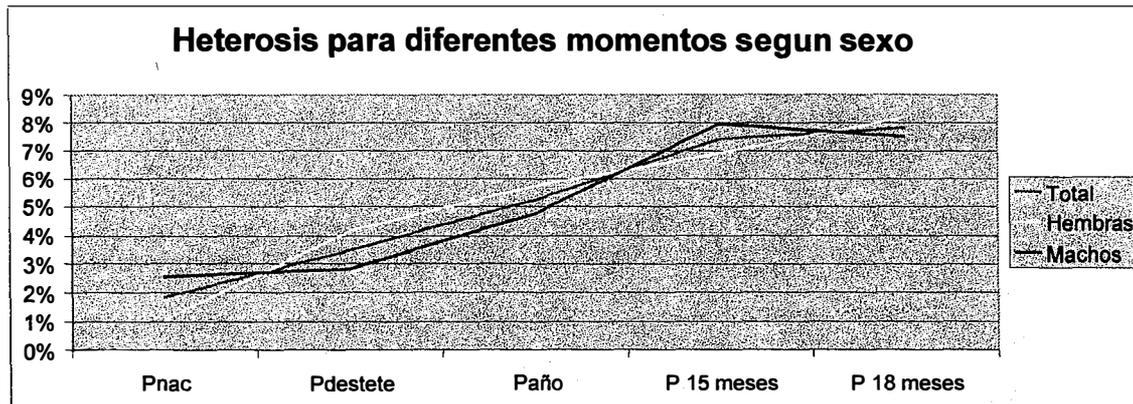
- Nacimiento
- Destete
- 12 meses
- 15 meses
- 18 meses

Para machos y para hembras separadamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Gráfico 1 se pueden ver la heterosis para los pesos desde el nacimiento hasta los 18 meses.

Gráfica 1.



Si se analiza el porcentaje de heterosis en diferentes momentos, vemos que hay una tendencia creciente lineal a medida que avanza la edad del animal. Esto contradice con lo afirmado por Long (1980), donde sostiene que con algunas excepciones, los efectos heteróticos en peso y ganancia de peso han sido reportados como decrecientes cuando se incrementa la edad.

El menor valor de heterosis se registra en el peso al nacer con 1,8 %.

Esto (desde el punto de vista práctico), es muy bueno ya que prácticamente se mantienen los pesos al nacer de los terneros, evitando problemas en el parto, como explico De Mattos.

Como demuestran Jenkins T.G, y Ferrell, C.L. 1992 en el Cuadro 3 hay una mayor producción de leche en las hembras Angus con respecto a las Hereford.

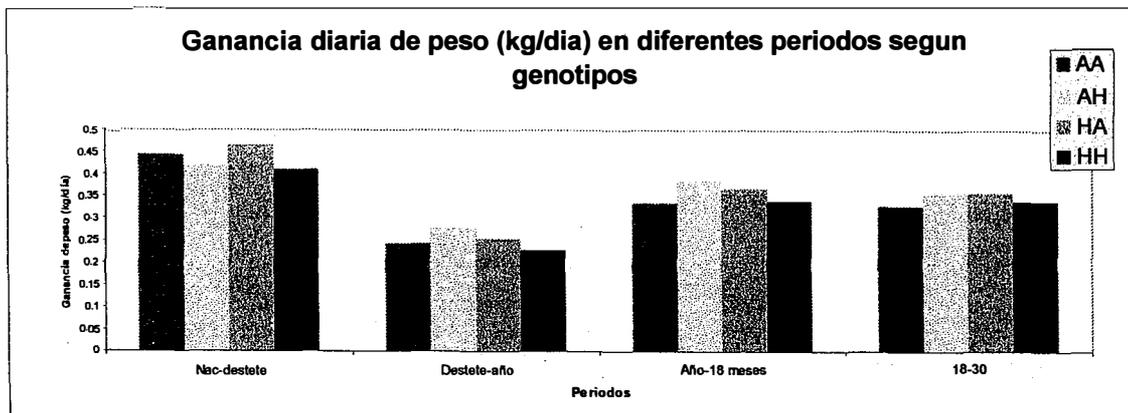
Cuadro 3 Producción de leche según raza

	Produccion por dia	Prod total en la lactancia (210 días)
<b>Hereford</b>	8,5 Kg/d	1191 kg
<b>Angus</b>	9,4 Kg/d	1423 kg

Fuente: Jenkins T.G, y Ferrell, C.L. Lactation characteristics of nine breeds of cattle feed values quantities of dietary energy. Journal of animal Science, 70:1652-1660, 1992

Estas presentan una mejor habilidad materna ya que hasta el destete, la mayor fuente de alimento para los terneros es la leche. Esto podría explicar el bajo valor de heterosis al destete (comparado con las siguientes etapas en estudio) ya que al tener mas disponibilidad de leche, los terneros Angus puros y los cruza de madres angus son los que presentan mejores performances hasta los 6 meses de edad. Esto se puede ver en la Gráfica 2 (Ganancia diaria de peso en diferentes periodos)

Gráfica 2.

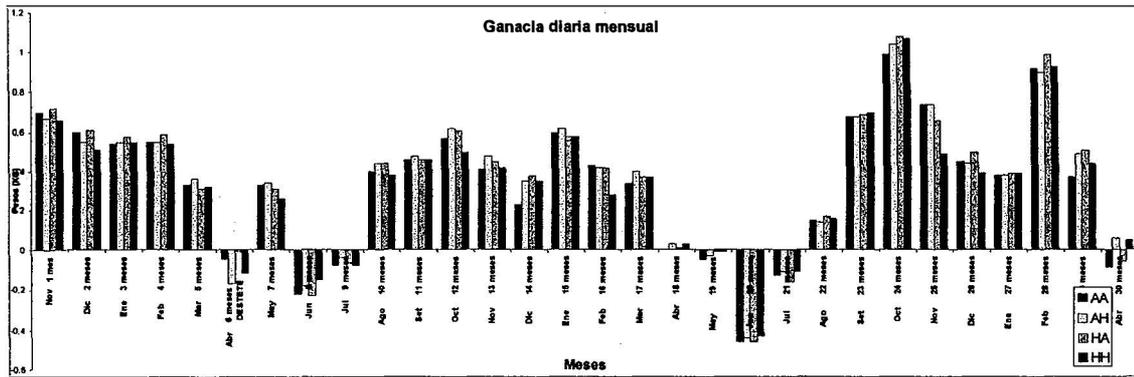


Las tasas de ganancia diaria de estos genotipos fueron mayores que la de los hijos de madre Hereford. También se puede ver que fue el periodo donde hubo las mejores ganancias por animal y por día. Esto es explicado por el alto nivel nutricional que tiene la leche y la muy buena eficiencia de conversión de la leche en Kg de ternero. Si comparamos los resultados obtenidos con los publicados por otros autores

Si analizamos los siguientes periodos en estudio se ve como los hijos cruza presentaron una mejor performance que los puros.

Las bajas ganancias diarias en el periodo destete-año es explicada por; un efecto destete, el ternero sufre la separación de la madre, sufre un stress que se ve reflejado en las tasas de ganancia. También las ganancias van muy de la mano de la disponibilidad de forraje en las diferentes estaciones. Como se ve en el Gráfico 3 se ven bien marcada esta evolución del alimento por las ganancias diarias mensuales. El destete en este experimento se hizo en el mes de abril, entrando el invierno, lo cual explicaría también las bajas ganancias

Gráfica 3.



Las siguientes etapas (año-18 meses, 18-30 meses) confirman la superioridad obtenida al cruzar diferentes razas en donde se expresan fenotípicamente los efectos genéticos no aditivos (dominancia y epítasis).

Si analizamos las curvas de crecimiento de los Gráficos 4 podemos ver la típica curva sigmoidea como afirmaron Lawrence y Fowler (1997).

Gráfico 4

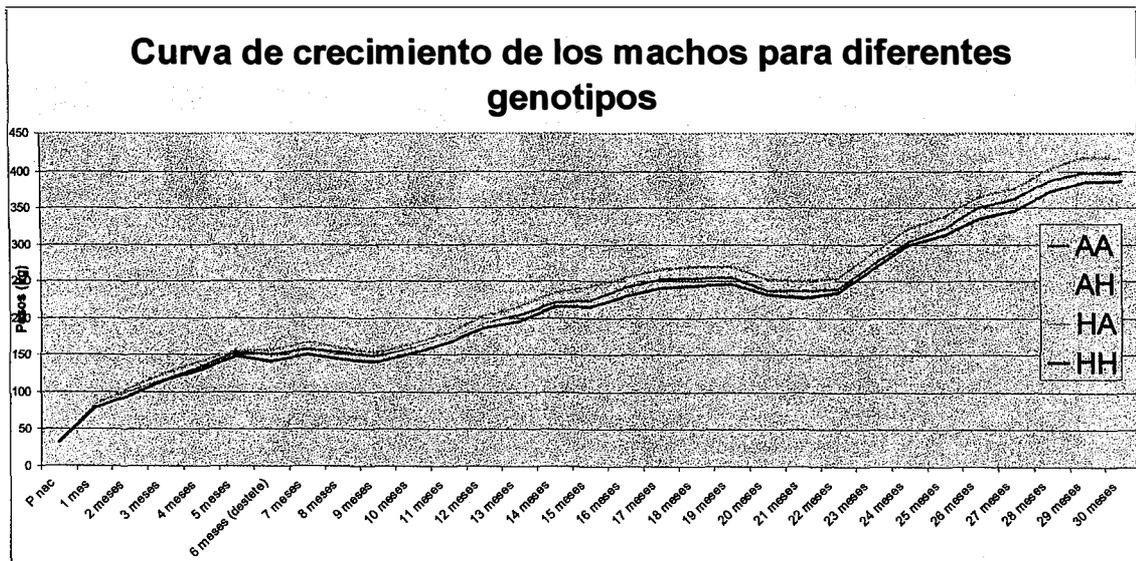
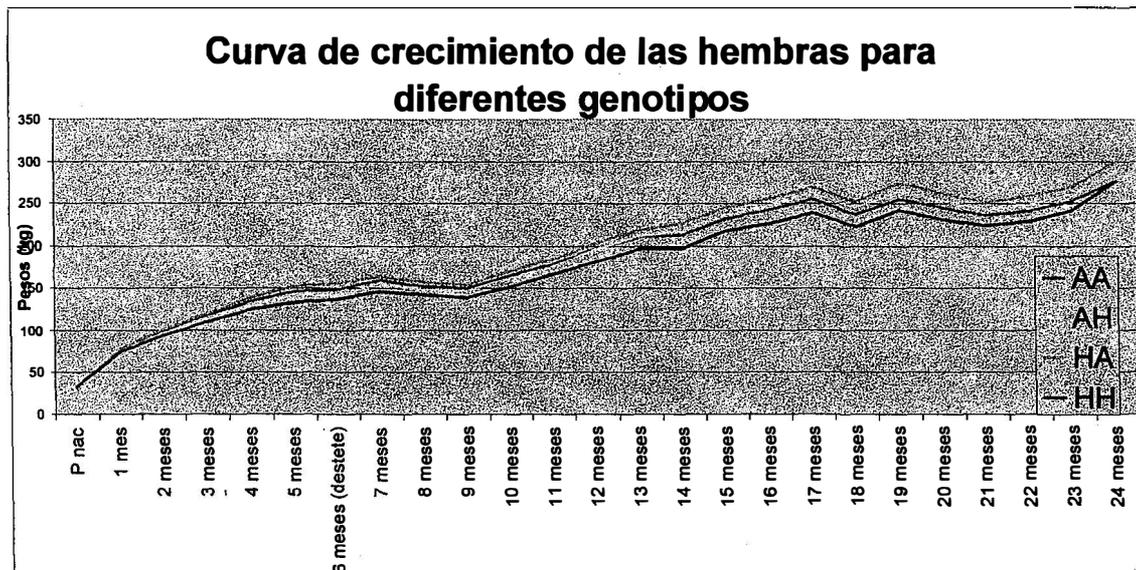


Gráfico 5



También en estos gráficos se puede ver lo explicado anteriormente con respecto al efecto que tiene la raza materna hasta el destete y el acompañamiento de las ganancias de kg a la disponibilidad de forraje.

Lo que se ve es el efecto acumulado por haber ganado mas kg por día desde el nacimiento hasta el destete de los hijos Angus puros con respecto a los hijos cruce con madres Hereford, lo que los hace hasta el año ser junto con los cruce hijos de madres Angus los genotipos con mejor performance. Luego del año se ve que los genotipos cruce superan a los puros, debido a las mejores ganancias diarias (Ver Gráfico 5 ganancias diarias de peso).

Es por esto que al hacer los cálculos de heterosis al año y en los periodos post año se ven los valores mas altos de todo el experimento.

### **CONCLUSIONES:**

Existe heterosis durante toda la vida del animal (hasta pesos o estados de faena) al cruzar estas dos razas carniceras.

Si bien siempre el promedio de los terneros cruce fue superior a los puros, hasta el destete, se vio una dominancia de los terneros hijos de madres Angus, ya que esta raza presenta mayor habilidad materna que la Hereford.

Al graficar la curva de crecimiento, se ven curvas sigmoideas de similar comportamiento similares para todos los genotipos.

Las tasas de ganancia acompañan la producción estacional de los campos.

Se ve una diferencia entre sexos al calcular la heterosis en diferentes momentos, dándose un pico de los machos a los 15 meses, momento donde se da la pubertad.

## Referencias Bibliográficas

Cundiff, L. V., 1970 Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. J Anim Sci. 30:694.

De Mattos. EPD para facilidad de parto. Articulo tecnico. [www.hereford.org.uy](http://www.hereford.org.uy).

Gregory, K. E., 1980 Crossbreeding in beef cattle: Evaluation of systems. J. Anim. Sci. 51: 1224.

Lawrence, T.L.J., Fowler, V.R., 1997. Growth of farm animals. CAB International. Usa, 330 p.

Long, C. R. 1980. Crossbreeding for beef production: Experimental results. J. Anim.Sci. 51:1197.

Miquel. M. C., Molinuelo. H. A., 1986 Avances en genetica zootecnica de bovinos para carne. Rev. Arg. Anim. Vol 6 N° 3-4: 191-208.

Rovira, J. 1996 Manejo nutritivo de los rodeos de cria en pastoreo.

Wilham, R. L. 1970 Genetic consequences of crossbreeding. J. Anim. Sci. 30: 690.

# ¿QUÉ UTILIDAD TIENE LA MEDICIÓN DEL ÁREA DE OJO DE BIFE Y EL ESPESOR DE GRASA SUBCUTÁNEA EN EL MEJORAMIENTO DE LOS CORTES DE MAYOR VALOR COMERCIAL DE LA CARCASA?

**Alberto Dartayete<sup>1</sup>, Diego Gimeno<sup>2</sup>, Ignacio Aguilar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ing. Agr. Responsable del trabajo de tesis del cual se presentan los resultados

<sup>2</sup> Investigador del Secretariado Uruguayo de la Lana

<sup>3</sup> Investigador en Mejoramiento Genético Animal – INIA-Las Brujas

## I. INTRODUCCIÓN.

En las últimas décadas se han producido modificaciones en el consumo de carnes rojas (Jiménez de Aréchaga et al., 2002), determinando cambios en la forma de comercializar la carne (Ferreira et al., 1999). Uno de los aspectos que deben considerarse a nivel nacional para no perder la posibilidad de acceso a determinados mercados de importancia es el conocimiento de las exigencias que esos mercados establecen, ya que éstas podrían determinar en un futuro cercano el resultado económico a nivel del sector productivo primario. Si estas exigencias se consolidan, deben generarse en nuestro país los conocimientos necesarios para lograr el mantenimiento en el acceso a esos mercados. Bajo este marco, las características de carcasa pasarían a tener un valor económico concreto, aunque en la actualidad esto no es así. En este contexto, es que se deben generar los conocimientos y su posterior difusión. A nivel de carcasa, el Peso de Carcasa Caliente es en la actualidad la única Característica Económicamente Relevante en nuestro país, si bien características como el Área de Ojo de Bife, el Espesor de Grasa Subcutánea o el Peso de los Cortes Valiosos (Lomo + Bife + Cuadril) podrían adquirir en un futuro un valor económico concreto.

Ahora bien, cualquier característica a ser incluida en una evaluación genética como un Objetivo de Selección debe ser económicamente relevante. El mejoramiento genético de esta característica debe aumentar los ingresos, disminuir los costos (o ambas) o reducir el riesgo financiero de la empresa ganadera; es decir, debe tener un impacto económico. (Charteris, P.L.; 2003, Bourdon et al., 2003)

Esta presentación se basa en la tesis de graduación del primer autor en la cual los objetivos fueron:

- Estimar parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) de características de peso vivo y de carcasa en razas de carne.
- Analizar cual o cuales de las características en estudio pueden constituir objetivos de selección, considerando para esto principalmente los conceptos de Características Económicamente Relevantes y Características Indicadoras.

## **II. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO**

La información analizada provino de los datos del Proyecto de Cruzamientos en Bovinos de Carne que se realizó durante 10 años en el marco del convenio de la Caja Notarial y la Facultad de Agronomía. Los detalles de los materiales y métodos utilizados están detallados en la tesis citada.

El primer objetivo planteado en este estudio fue obtener una estimación a nivel nacional de parámetros genéticos (Heredabilidades y Correlaciones Genéticas) de características de carcasa para así establecer un punto de partida hacia el desarrollo de Programas de Mejoramiento Genético en los cuales pudieran ser consideradas como Objetivos y / o Criterios de Selección.

Fueron incluidas además características de peso vivo (a los 12, 15 y 18 meses de edad) para establecer su validez como posibles Criterios de Selección dentro de un Programa de Mejoramiento Genético en Características a nivel de faena.

El otro aspecto sobre el cual se centró este trabajo fue la consideración económica de las características analizadas, analizando para esto el posible valor económico de unas y otras tanto a nivel nacional como en otros países en especial en Estados Unidos, por la importancia que este mercado tiene en el sector cárnico de nuestro país. Sobre esto, debe establecerse que el Peso de Carcasa Caliente constituye en la actualidad en nuestro país la única Característica Económicamente Relevante de las características analizadas, por lo cual, es la única que puede constituir un Objetivo de Selección. Las restantes Características de Carcasa analizadas en este estudio (Área de Ojo de Bife y Espesor de Grasa Subcutánea a nivel de la 10ª costilla, Espesor de Grasa Subcutánea en el punto P8, Peso del Corte Pistola y Peso de Cortes Valiosos) en el sistema de pago actual no son consideradas, por lo tanto no tienen valor económico y no deberían constituir un Objetivo de Selección si se pretende tener una mejora en el beneficio económico a corto plazo. Si estas características (al menos alguna / s de ellas) son incluidas en el futuro en el sistema de pago, en ese caso sí tendrían un valor económico y así su mejora se verá reflejada en el beneficio económico.

## **III. PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS**

Considerando lo expuesto anteriormente, es que se deben analizar los resultados obtenidos en lo referente a los parámetros genéticos estimados.

Se comprobó que tanto las características de peso vivo como las de carcasa desde el punto de vista de su Heredabilidad pueden ser utilizadas tanto como Objetivos o como Criterios de

Selección dentro de Programas de Mejoramiento Genético, si bien las estimaciones obtenidas plantean diferentes Respuestas a la Selección para las características analizadas.

En términos generales, dentro de las Características de Carcasa sería esperable obtener una mayor progreso genético en características como el Peso de Faena o el Peso de Carcasa Caliente que en características como el Área de Ojo de Bife o el Espesor de Grasa Subcutánea, ya que las primeras presentaron una mayor estimación de Heredabilidad, con mayores niveles de precisión en las estimaciones.

Ahora bien, si consideramos que sólo el Peso de Carcasa Caliente puede constituir un Objetivo de Selección en la actualidad, deben analizarse las estimaciones de las Correlaciones Genéticas entre las demás características con la mencionada, ya que se debe tener bien definido cuál o cuáles de éstas características pueden constituirse en las Características Indicadoras (Criterios de Selección) más adecuadas, considerando además su posible valor económico futuro.

El Peso de Carcasa Caliente presentó Correlaciones Genéticas altas ( $>0,7$ ) con las características de Peso Vivo, mientras que el Peso del Corte Pistola y el peso de Cortes Valiosos presentaron estimaciones prácticamente equivalentes con éstas características ( $>0,65$ ). Esto es avalado por las Correlaciones Genéticas obtenidas entre el Peso de Carcasa Caliente, el Peso del Corte Pistola y el Peso de Cortes Valiosos, las cuales fueron de 0,94 a 0,96. Estos resultados determinan la posibilidad de utilizar medidas de Peso Vivo como Características Indicadoras del Peso de Carcasa Caliente, con lo cual el Peso del Corte Pistola y de los Cortes Valiosos se verán mejorados a una tasa de mejora prácticamente igual a que si fueran considerados como Objetivos de Selección. De la misma forma, el Área de Ojo de Bife se vería también mejorado, mientras que el Espesor de Grasa Subcutánea no sería modificada sustancialmente, lo cual es razonable considerando los datos proporcionados por la industria en lo relacionado a los niveles de grasa adecuados según su demanda, así como las condiciones actuales de producción en el sector primario.

#### **IV. BIBLIOGRAFÍA.**

**BOURDON, R.; GOLDEN, B.** Perspectives on traits, measures, and genetic predictions.  
<http://ansci.colostate.edu/ran/beef/rmb001.PDF>

**CHARTERIS, P. L.** 2003. The importance of tenderness in beef cattle breeding.  
<http://ansci.colostate.edu/ran/beef/plc001.pdf>

**JIMENEZ DE ARECHAGA, C.; PRAVIA, M.I.; XAVIER, M.** 2002. Caracterización de la terneza en el proceso de producción de carne vacuna en el Uruguay y su predicción utilizando las principales variables post mortem: pH, temperatura y color. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 134p.

# **CÓMO VARÍA EL COLOR DE LA CARNE, DE LA GRASA Y LA TERNEZA INSTRUMENTAL DE LA CARNE, CON LA UTILIZACIÓN DE CRUZAMIENTOS.**

**Msc. Juan B. Franco<sup>1</sup>, Dr. Oscar D. Feed<sup>2</sup>, Ing. Agr. Diego Gimeno<sup>3</sup> y Br. Adriana Lamas<sup>4</sup>**

## **INTRODUCCIÓN**

El importante rol que juega el concepto de calidad de la carne, obedece fundamentalmente a los cambios que han ocurrido en los últimos años en el mercado internacional.

Si analizamos el consumo de carne *per cápita* a nivel mundial, el incremento se debió principalmente al aumento del consumo de carne porcina de 11 a 15 kg y de carne aviar de 6 a 10 kg. Sin embargo, el consumo de carne ovina se mantuvo en 1 kg *per cápita*, mientras que el consumo de carne bovina descendió de 10 a 9 kg, para el mismo período.

Esta situación es consecuencia, entre otros factores, de la saturación del consumo de carne en los países europeos, envejecimiento de la población que demanda menos cantidad y alimentos con menos grasa, los movimientos ecologistas sobretodo los defensores del bienestar animal y de las dietas vegetarianas.

Un papel gravitante han jugado los medios de comunicación, en relación a los problemas originados con el consumo de carne, tales como: el colesterol, el ácido úrico, el cáncer y las intoxicaciones alimentarias (E. Coli). Además, la situación generada a partir de las "vacas locas" (BSE), ha acentuado la crisis, provocando en el año 1996 un gran descenso en el consumo de carne bovina en los países de la U.E.

Por estas razones es que el consumidor exige, a la hora de elegir en un supermercado o en una carnicería, un producto cárnico seguro desde el punto de vista sanitario y con garantía de calidad.

Las dos características organolépticas de mayor importancia económica han sido identificadas en el color por el cual el consumidor decide la compra, y la terneza por la cual condiciona la reiteración de la compra en los puestos de venta (Bickerstaffe, (1996).

La satisfacción en el consumo de carne vacuna resulta de la interacción de la terneza, jugosidad y el flavor. Sin embargo, el problema mayor de la insatisfacción del consumidor podrá

---

<sup>1</sup> Dpto. de Producción Animal y Pasturas. Calidad de Producto. Fac. de Agronomía. Email: [jufra@fagro.edu.uy](mailto:jufra@fagro.edu.uy) <sup>2</sup> Orientación Producción Animal. Bovinos de Carne. Fac. de Veterinaria. Email: [osfeed@fagro.edu.uy](mailto:osfeed@fagro.edu.uy) <sup>3</sup> Zootecnia. Fac. de Agronomía. Email: [dgimeno@sul.org.uy](mailto:dgimeno@sul.org.uy) <sup>4</sup> Fac. de Agronomía. Email [awlamas@adinet.com.uy](mailto:awlamas@adinet.com.uy)

solucionarse, cuando se resuelva el problema de la variación en la terneza (Koochmarai, 1996).

Las iniciativas tendientes a mejorar la identificación de la carne en el mercado internacional, han dado lugar al establecimiento de las llamadas marcas de calidad o denominaciones de origen, capaces de dar respuesta a la demanda de los consumidores a través de mayores controles desde el origen del animal hasta el punto de venta. Este sistema de identificación individual va a potenciar el desarrollo de marcas de calidad, asegurando a los consumidores la calidad e inocuidad de la carne a través de sistemas de certificación, tanto de procesos como de productos, agregado valor al producto carne

El **objetivo** del presente trabajo fue analizar el efecto de los distintos biotipos sobre el color de la carne, el color grasa luego de la faena y la terneza de la carne en distintos tiempos de maduración.

## **METODOLOGÍA**

Se utilizaron 256 novillos F1, retrocruzas y F2 de las razas Aberdeen, Salers, Nelore y Hereford correspondientes al Proyecto de Cruzamientos Facultad de Agronomía - Caja Notarial. Durante la cría y recría, los animales fueron manejados sobre campo natural de suelos de cretácico, y al comienzo de su segundo invierno fueron alimentados sobre verdeos y praderas sin suplementación para su terminación. La edad a la faena fue de 27 a 30 meses y el criterio de faena utilizado fue el de grado de terminación.

Los animales fueron faenados en 4 lotes en un período comprendido entre el 26 de marzo y el 23 de mayo de 2003.

Las determinaciones de peso de faena se realizaron en el Frigorífico Tacuarembó, luego del período de desbaste e inmediatamente previo a la faena. En playa de faena se determinó el peso canal caliente y a las 24 h de frío el peso canal fría. El espesor de grasa de cobertura se determinó en el punto P8, a la altura del cuadril (*gluteo biceps*).

El pH y la temperatura se tomaron a la hora, a las 3 y a las 24 horas de la faena por medio de un peachímetro con electrodo de penetración y un termómetro digital, respectivamente

Las determinaciones de color se realizaron sobre la superficie del *Longissimus dorsi* de la 10° costilla, por medio de un colorímetro portátil MINOLTA CR-300, luego de un período mínimo de 45 minutos de exposición al oxígeno ("blooming"). Para la determinación del color de grasa se realizó en el mismo momento, con el mismo equipo, y se determinó el color de la grasa de cobertura de la zona lumbar a la altura de la 10° costilla. Para el análisis de textura instrumental se utilizaron muestras de 2,5 cm de espesor del músculo *Longissimus dorsi* de la porción costal comprendida entre la 10° y 13° costilla, las cuales fueron maduradas a 3, 7 y 14 días, entre 1 y 4°C.

La información fue analizada por medio de análisis de varianza, procedimiento GLM y el procedimiento CORR del paquete estadístico SAS. Para el análisis de pH final se utilizó como covariable lote de faena y para los parámetros de color y fuerza de corte los datos fueron corregidos por pH 24 h. En todos los casos las covariables fueron significativas.

## RESULTADOS

Seguidamente se presentan las características de los animales evaluados en este trabajo.

### Cuadro N°1. Estadísticas descriptivas de los animales utilizados.

VARIABLE	n	MEDIA	STD
PESO FAENA (kg)	245	446.6	35.2
PESO CANAL(kg)	245	238.2	22.18
P8* (mm)	245	10.5	1.75

\* P8= espesor de grasa en superficie del *Gluteus biceps* (cuadril)

### Cuadro n°2. Composición de los grupos raciales evaluados

BIOTIPOS	n	F1	RETROCRUZAS	F2
BRITANICOS PUROS	45 (35 HH Y 10 AA)			
BRITANICOS X BRITANICOS	71	45	20	6
BRITANICOS X NELORE	46	26	15	5
BRITANICOS X SALERS	83	40	32	11

## pH FINAL DE LA CARNE

Si bien los animales fueron manejados en las mismas condiciones, las condiciones climáticas de las últimas dos faenas fueron distintas de las anteriores en cuanto a cambios de temperatura y nivel de precipitaciones. Esto ocasionó que los valores de pH final >a 5.8 en las 2 primeras faenas no superaran el 8%, mientras que en las 2 últimas alcanzaron valores cercanos al 30%.

Para la evaluación de los valores de pH final se analizaron las variaciones por tipo genético, utilizándose como covariable el efecto del lote de faena, el cual mostró un efecto significativo.

Los datos así corregidos no mostraron diferencias significativas en los valores de pH final por efecto de los genotipos evaluados (Cuadro N°3).

### Cuadro N°3. Valores de pH a las 24 horas.

	<b>BRIT. P.</b>	<b>B x B</b>	<b>B x SALERS</b>	<b>B x NELORE</b>
pH 24h	5.76a	5.73a	5.72a	5.74a

Medias seguidas por letras similares en cada columna no difieren significativamente  $P > 0.05$ . BRIT. P. = Raza Británica pura y B x B = Cruzas entre razas Británicas

### COLOR DE LA CARNE

Los valores de color están expresados en tres variables, L, luminosidad que mide las variaciones entre los colores blanco y negro, a\*, índice de rojo, que mide las variaciones entre rojo y verde y b, el índice de amarillo que mide las variaciones de color entre el amarillo y el azul.

De las tres variables de color, la que percibe el ojo humano como determinante de la decisión de compra es la Luminosidad (L\*).

En función de lo mencionado anteriormente en relación al efecto faena, los datos fueron corregidos por pH final, para evaluar el efecto del genotipo.

En el cuadro N°4 se muestran los valores de color alcanzados por los distintos biotipos analizados.

### Cuadro N°4. Valores de las variables de color de los diferentes biotipos.

<b>BIOTIPO</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
	p = 0.09	p = 0.05	p = 0.05
BRIT.P	35.4 <sup>ab</sup>	19.5 <sup>ab</sup>	10.2 <sup>ab</sup>
B x SALERS	34.9 <sup>b</sup>	19.2 <sup>b</sup>	9.6 <sup>b</sup>
B x B	35.6 <sup>ab</sup>	20.2 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>
B x NELORE	36.0 <sup>a</sup>	20.4 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>

Medias seguidas por letras similares en cada columna no difieren significativamente  $P > 0.05$

En cuanto a los valores de luminosidad de la carne, las cruzas Nelore, logró los valores mas altos, diferenciándose de la crusa Salers, pero de las demás que ocuparon valores intermedios.

En cuanto al índice de rojo (a), y el índice de amarillo (b), las cruza Nelore y las Británicas manifestaron valores superiores y diferentes a la crusa Salers.

Las variaciones, en general, siguen la misma tendencia ya que son variables correlacionadas entre sí como veremos más adelante.

Según Hopkins (1996), los valores aceptables por el consumidor deberían ser superiores a 34 en L, por lo que estaríamos en presencia de carnes de buen color.

Los valores publicados por el convenio de cooperación Hispano Uruguayo, realizado a través de INIA y AECI e INAC, para novillos de 2 años fueron de 37, 20 y 10,4 y para los de 3 años 35,6, 15,9 y 6,9 para L, a y b respectivamente)

### **COLOR DE LA GRASA.**

El otro factor importante en cuanto a la calidad, es el color de la grasa. En el cuadro siguiente se presenta los valores de las variables de color de la grasa

**Cuadro N° 4. Valores de las variables de color de grasa de cobertura de los diferentes biotipos**

<b>BIOTIPO</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
	ns	ns	0.02
BRIT.P	72.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	14.9 <sup>b</sup>
BXSALERS	72.2 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	16.1 <sup>ab</sup>
BXB	72.7 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>
X *NELORE	72.5 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	16.8 <sup>ab</sup>

Medias seguidas por letras similares en cada columna no difieren significativamente P>0.05

La única variable que mostró diferencias y además es la que tiene mayor importancia es el índice de amarillo (b). En este caso los valores preferidos serían los valores mas bajos, que en este caso fueron logrados por las razas británicas puras, diferenciándose de los obtenidos por la crusa entre británicas.

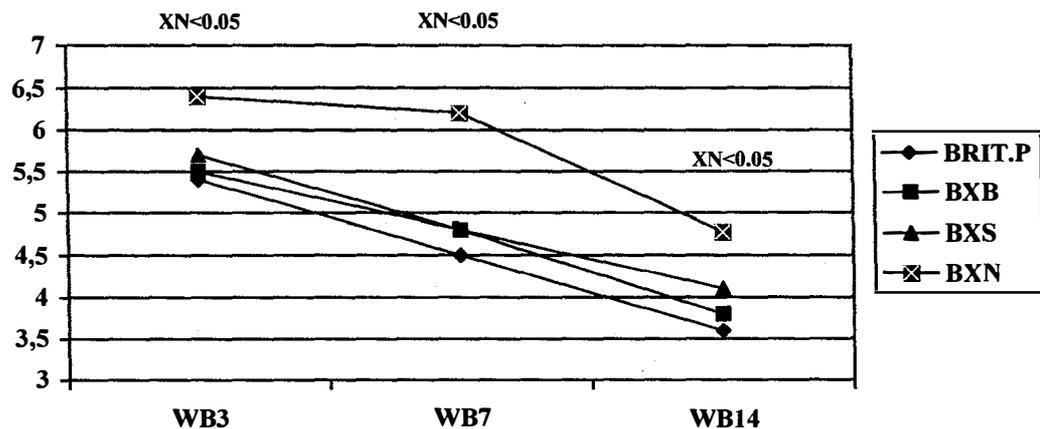
Si tomamos un valor de 20 para el índice de amarillo como valor límite de penalización, el porcentaje de animales por encima de este valor fue de 16% para las razas puras y de un 22% para las demás cruza evaluadas.

Estos valores serian equivalentes a grasas de color 5, evaluadas por escalas subjetivas de 9 puntos en mercados que acceden Australia y Nueva Zelanda.

## TERNEZA INSTRUMENTAL DE LA CARNE

La terneza, junto con el color de la carne, son las principales características de calidad por las cuales juzga el consumidor final. Los antecedentes publicados de los datos evaluados de las distintas cruzas del proyecto de cruzamiento Facultad de Agronomía - Caja Notarial, muestran que las F1 Nelore-Hereford presentaron valores de terneza correspondientes a carnes "duras": mientras que la raza Hereford y sus cruzas con Aberdeen, lograron valores aceptables de terneza (Franco *et al.*, 2002). En la gráfica que se presenta a continuación se muestran los valores de fuerza de corte corregidos por pH, de los diferentes biotipos, según los distintos periodos de maduración.

**Grafica N°1 Valores de fuerza de corte de los genotipos evaluados, para 3 períodos de maduración postmortem**



Los valores de fuerza de corte para los distintos biotipos, mostraron diferencias significativas para el período de maduración de 3 días, alcanzando valores superiores de 6,4Kg. para la craza Nelore, diferenciándose de las demás, que obtuvieron valores de 5.4 kg para la razas puras, 5.54 kg para las cruza británicas y 5,7 para la craza Salers.

A medida que avanza el tiempo de maduración, a los 7 días la craza Nelore mantuvo los valores más altos de 6,2 Kg. diferenciándose de las demás cruza evaluadas.

A los 14 días de maduración, si bien se notó un efecto importante en la disminución de fuerza de corte, la craza Nelore mantuvo una diferencia significativa respecto a las demás, con valores de 4,7 Kgs. Vs. 4,1 para la craza Salers, 3,8 Kg. para las cruza británicas y 3.6 kg para la raza pura.

Estos resultados son coincidentes con los de Johnson *et al.* (1990) y Shackelford *et al.* (1991) en donde demostraron los altos niveles de

calpastatina en las razas índicas, lo que podría estar explicando la disminución del índice de fragmentación miofibrilar en la maduración posmortem.

Estos resultados indican la necesidad de estudiar otras alternativas tecnológicas (técnicas de colgado de la canal y/o administración de vit. D3) con el objetivo de obtener una terneza aceptable (menores a 5 Kg. de fuerza de corte) en períodos estándares de maduración (7días).

**Cuadro N° 5. Correlaciones entre las variables de ph, color y terneza instrumental de la carne.**

	<b>PH 3</b>	<b>PH 24</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>WB3</b>	<b>WB7</b>	<b>WB14</b>
<b>PH 3 Hs</b>		0,71 ***	-0,59 ***	-0,60 ***	-0,61 ***	-0,01 NS	-0,10 NS	0,01 NS
<b>PH 24 Hs</b>			-0,67 ***	-0,76 ***	-0,78 ***	-0,25 *	-0,12 NS	0,06 NS
<b>L</b>				0,65 ***	0,79 ***	-0,06 NS	-0,01 NS	-0,19 *
<b>a</b>					0,90 ***	0,19 NS	0,02 NS	-0,07 NS
<b>b</b>						0,16 NS	-0,002 NS	-0,11 NS
<b>WB3</b>							0,68 ***	0,63 ***
<b>WB7</b>								0,74 ***

\*\*\* p< 0.0001, \*p< 0.05, ns p>0.05

Es importante destacar la alta correlación del pH de la carne con los parámetros de color, determinando que a pH altos la luminosidad es menor debido a un aumento en la capacidad de retención de agua, dando la apariencia de una carne con una tonalidad mas oscura.

En relación con la terneza, las correlaciones de las variables tanto de color como pH son bajas y no significativas, lo que nos esta indicando que son variables de poca capacidad de predicción ante la necesidad de identificar canales con diferencias en terneza en las primeras horas posmortem .

### **COMENTARIOS FINALES.**

- El efecto racial, no es un efecto importante en las variaciones del pH final de la carne.

- Los valores de color, y principalmente la luminosidad (L), estuvieron comprendidos en colores aceptables por el consumidor. En este parámetro la craza Nelore se diferenci6 con una mayor luminosidad de la craza Salers. Probablemente factores de manejo prefaena tengan mayor influencia a trav6s de variaciones de pH que el tipo racial.
- El color de la grasa, si bien mostr6 diferencias entre biotipos, estuvieron comprendidos dentro de los valores aceptables para aquellos mercados que penalizan la grasa amarilla. Las razas puras fueron las que lograron valores m6s aceptables en relaci6n al cruce entre razas brit6nicas.
- Los valores de fuerza de corte fueron superiores para la craza Nelore para 3, 7 y 14 d6as de maduraci6n. Esto determina que el 6ndice de fragmentaci6n miofibrilar es menor, lo cual amerita seguir estudiando otras alternativas tecnol6gicas que mejoren esta caracter6stica.

## REFERENCIAS BIBLIOGR6FICAS

**Bickerstaffe, R. (1996)** Proteasas and meat quality. Proceedings of the N.Z.J. Soc. Anim. Prod. 27: 71 - 77.

**Franco, J., Feed, O., Aguilar, I., Gimeno, D., Navajas, E. (2002)** Calidad de la carne: pH y ternesa. Seminario de Actualizaci6n t6cnica: cruzamientos en bovinos para carne. Serie de actividades de difusi6n INIA, N6 295.

**Hopkins, D.L. (1996).** Meat Focus Internacional. 400-401.

**Johnson, D.D., Huffman, R.D., Williams, S.E. and Hargrove, D.D. (1990)** Efects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. J. Anim. Sci. 68:1980.

**Koohmaraie, M (1996).** Biochemical factors regulation the toughening and tenderization process of meat. Meat Sci. 43:193-201.

**Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M; Dikeman; Crouse, J.D.; Miller, M.F.; Reagan, J.O. (1991).** An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbreed heifers. J. Anim. Sci., 69: 171-177.