

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Carlos Manrique P.¹,
Mauricio A. Elzo²,
William O. Odenya³,
Lee R. McDowell²
Don L. Wakeman²

Cambios en la predicción de valores genéticos para peso al destete en evaluaciones multiraciales que utilizan valores séricos de calcio, fósforo o magnesio

ABSTRACT

Title: Changes in the Prediction of Genetic Effects for Weight at Weaning Including Serum Levels of Calcium, Phosphorus or Magnesium Additive and nonadditive genetic effects were predicted for weaning weight in an Angus x Brahman multibreed herd by using a multibreed animal evaluation procedure that included a macromineral trait. Changes in the prediction of genetic effects were found when serum Calcium, Phosphorus or Magnesium was included in the evaluation.

Accuracy of predictions of additive and nonadditive genetic effects were higher than, or equal to, those reported when a single trait analysis was used. Correlations between predictions of additive genetic effects based on single trait analysis and those obtained when a macromineral is involved were high ($P > .96$). For nonadditive genetic effects, correlations fluctuated from .65 to .99. Therefore, the use of traits genetically related to growth that can be measured at the same time as weights may improve the accuracy of prediction for weight traits.

Key words: genetic effects, multibreed evaluation, genetic correlation, macrominerals.

RESUMEN

Se obtuvieron predicciones de efectos genéticos aditivos y no aditivos para peso al destete en un rebaño Angus x Brahman usando un procedimiento de evaluación animal multiracial incluyendo un macromineral en la evaluación. Se encontraron cambios en las predicciones de efectos genéticos cuando se incluyó calcio, fósforo o magnesio sérico. La exactitud en las predicciones de los efectos genéticos aditivos y no aditivos fue mayor o igual a la reportada cuando se realizó el análisis de peso solamente. Las correlaciones entre las predicciones de valores genéticos aditivos basados en un análisis simple, y aquellos obtenidos cuando se incluyó un macromineral fueron altas ($P > .96$). Para los efectos genéticos no aditivos, las correlaciones fluctuaron entre .65 y .99. Por lo tanto, el uso de caracteres genéticamente relacionados con el crecimiento que pueden ser medidos al mismo tiempo que los pesos, pueden mejorar la exactitud de las predicciones genéticas del peso.

Palabras claves: efectos genéticos, evaluación multiracial, correlación genética, macrominerales.

INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones genéticas publicadas por organizaciones nacionales de razas bovinas para carne se usan frecuentemente para escoger toros de razas puras que puedan ser utilizados en programas de cruzamiento. En poblaciones multiraciales, el valor genético de un toro depende de efectos genéticos aditivos y no aditivos (Elzo, 1983). Por lo tanto, es necesario evaluar estos animales para efectos genéticos aditivos y no aditivos, de tal manera que se puedan obtener las comparaciones de toros de cualquier composición racial, lo que permitiría ordenar toros a través de razas y grupos raciales. Manrique y col. (1997), utilizando una evaluación multiracial, mostraron la forma en que las predicciones de estos efectos genéticos alteraron el ordenamiento de toros evaluados cuando se compararon con evaluaciones que involucraban solamente efectos genéticos aditivos.

La precisión de las predicciones de los valores genéticos de caracteres involucrados en la evaluación genética (usualmente pesos), se puede mejorar cuando los caracteres genéticamente correlacionados con el crecimiento se incluyen en la evaluación. Para el efecto, son posibles can-

didatos los macrominerales debido a su asociación bioquímica y fisiológica con el crecimiento (Littledike y Goff, 1987; Arnau y Sánchez, 1990). Entre los macrominerales, el calcio, el fósforo y el magnesio tienen roles esenciales en el crecimiento y desarrollo, y la cantidad de estos macrominerales está altamente correlacionada con el peso al destete (Odenya *et al.*, 1992a). Por esta razón, en este estudio se investigaron los cambios en las predicciones de valores genéticos cuando los toros fueron evaluados para peso únicamente, frente a la evaluación de dos caracteres, el peso y un macromineral.

Materiales y métodos

Origen de los datos

Durante 1989 y 1990 se recolectaron los datos de peso corporal y las muestras de sangre de 380 terneros de un rebaño multiracial Angus x Brahman. Este rebaño, localizado en la estación experimental Pine Acres de la Universidad de la Florida en Citra (Florida), está compuesto por animales puros de las razas Angus (A), Brahman (B), y varios cruces A x B. Seis grupos raciales de machos, provenientes de A, .75A x .25B, .5A x .5B, .25A x .75B, B y

1. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá;
2. Departamento de Ciencias Animales, Universidad de Florida, Gainesville;
3. Departamento de Ciencias Animales, Universidad de Kenya.

Brangus (.625A x .375B), se cruzaron con los mismos cinco grupos raciales de hembras (no se tuvo disponibilidad de .25A x .75B). La Tabla 1 muestra el número de machos y hembras por cada grupo racial. El número de toros por grupo racial y por año, varió entre 2 (.75A .25B en 1989) y 5 (Brangus en 1990); para asegurar la conexión en el conjunto de los datos, hubo entre uno (.5A x .5B) y tres (A) toros presentes en 1989 y 1990. El número de vacas por grupo racial varió entre 14 (.75A x .25B en 1990) y 65 (A en 1989). La Tabla 2 muestra el número de terneros (progenies) obtenidos en cada tipo de apareamiento en ambos años, número que varió entre tres (toros .5A x .5B apareados con vacas .75A x .25B) y 40 (toros B apareados con vacas B).

Se tomó información de peso corporal y niveles séricos de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) desde el nacimiento hasta el destete. La edad de los terneros al inicio del muestreo varió de 1 a 85 días, si bien la mayoría se muestrearon a los 70 días de edad. La edad al destete osciló entre 151 y 275 días; 91% de los terneros se destetó entre 210 y 270 días de edad. Las cantidades de los macrominerales se calcularon como el producto de la concentración sérica de cada mineral por el volumen estimado de suero para cada ternero (Odenya *et al.*, 1992a). Los pesos y las cantidades de macrominerales se ajustaron a 205 días mediante la fórmula recomendada por la Beef Improvement Federation (BIF, 1996).

Análisis genético

Las predicciones de los efectos genéticos aditivos y no aditivos para el peso y los macrominerales al destete, se calcularon usando el Programa de Evaluación Genética Multiracial (PEGM) desarrollado por Elzo (comunicación personal). La versión del PEGM utilizada calculó los efectos fijos y aleatorios para dos caracteres usando un modelo padre-abuelo materno. El modelo contenía efectos de grupo contemporáneo, sexo del ternero x edad de la vaca, efectos genéticos aditivos de grupo (grupo del toro, grupo del abuelo materno, grupo de la abuela materna), efectos genéticos no aditivos de grupo (grupo del toro x grupo de la vaca, grupo del abuelo materno x grupo de abuela materna), efectos genéticos aditivos directos del toro, efectos genéticos no aditivos directos del toro (toro x grupo racial de la vaca) y efectos residuales. Manrique y col. (1997) definen cada uno de estos efectos.

Los grupos contemporáneos, sexo x edad de la vaca y los efectos genéticos de

grupo se consideraron fijos. Por su parte, los efectos genéticos aditivos y no aditivos, directos y residuales, se consideraron aleatorios. Se asumió que los efectos genéticos aditivos de los toros tenían media cero y matriz de covarianza As^2 , donde s^2 es la varianza genética aditiva de toros (igual a .25 la varianza genética aditiva) y A es la matriz genética aditiva de parentesco (Henderson, 1976). Así mismo, se acordó que los efectos genéticos no aditivos directos del toro y los residuales tenían media cero, y cada uno con varianza común y no correlacionados entre ellos ni con los efectos aditivos del toro. Solamente se incluyeron en estas evaluaciones los efectos genéticos aditivos y no aditivos directos, debido a que las varianzas y covarianzas para efectos genéticos aditivos y no aditivos maternos no se pudieron estimar en este conjunto de datos (102 de los 380 terneros tenían abuelo materno desconocido y la mayoría de los abuelos maternos conocidos se aparearon con vacas de su mismo grupo racial). La Tabla 3 muestra los valores de las varianzas y covarianzas genéticas aditivas y no aditivas directas utilizadas en estas evaluaciones. Se asumió que las varianzas y covarianzas eran las mismas para todos los toros evaluados, independientemente del grupo racial al que pertenecían.

Los valores genéticos predichos de los toros se conocen como Diferencias Esperadas de Progenie (DEP; BIF, 1996). Estas DEP reflejan la diferencia entre el valor genético de un toro y el valor genético promedio del grupo de animales que constituye el grupo referencia. Cada DEP tiene un valor de exactitud (EXA) que varía entre 0 y 1: los valores cercanos a 1 son los de mayor exactitud e indican la verosimilitud del posible cambio en las DEP, variación que depende tanto de la cantidad y distribución de los datos, como del parentesco de los animales utilizados para predecir las DEP. La exactitud se obtiene por medio de la siguiente expresión (BIF, 1996):

$$EXA = 1 - \frac{\sqrt{VEP}}{\sqrt{G}}$$

donde, VEP = varianza de error de predicción y G = varianza genética. Debido a multicolinealidad, el cálculo de la inversa del lado izquierdo de las ecuaciones del modelo mixto no se pudo obtener con suficiente exactitud, y en consecuencia tampoco se pudo calcular la VEP necesaria para la estimación de la EXA. Por tanto, las VEP se calcularon aproximadamente, basándose en los elementos de la diagonal de la

inversa de la matriz en los coeficientes correspondientes a cada toro, luego de absorber las ecuaciones de los grupos contemporáneos. Así, esta aproximación toma en cuenta la distribución de los registros de terneros a través de grupos contemporáneos, pero no a través de otros efectos en el modelo.

En poblaciones multiraciales, las DEP incluyen los efectos genéticos aditivos y no aditivos. Así, las DEP multiraciales (DMEP) calculadas en este estudio fueron definidas como la suma de las DEP aditivas (DEPA) y de las DEP no aditivas (DEPN). La DEPA es la parte de la evaluación multiracial equivalente a la DEP dentro de la raza, la cual tiene en cuenta las diferencias de los grupos raciales; por su parte, la DEPN mide la habilidad combinatoria de un toro cuando se aparea con vacas de una composición racial particular (Elzo *et al.*, 1991). El ordenamiento de los toros a través de sus grupos raciales, se determinó para las DEPA y las DMEP basadas en una evaluación de dos caracteres.

Resultados y discusión

Una forma de mejorar la exactitud en la predicción de valores genéticos para caracteres de crecimiento, especialmente en poblaciones pequeñas, es incluir uno o más caracteres correlacionados genéticamente con el crecimiento, que puedan medirse simultáneamente con el peso corporal. Debido a la información disponible, a los resultados encontrados en un estudio previo de este rebaño multiracial (Odenya *et al.*, 1992b) y a las altas correlaciones genéticas reportadas en ese estudio, se estimaron por separado las cantidades séricas de Ca, P y Mg con el peso corporal al destete en la evaluación genética multiracial de dos caracteres, a fin de predecir valores genéticos aditivos y no aditivos del peso al destete. Otros caracteres biológicos, como los factores de crecimiento, pueden ser más apropiados y/o más informativos para propósitos de selección.

La Tabla 4 presenta las DEPA y DEPN, y sus precisiones respecto del peso corporal al destete, al estimar el Ca en la evaluación genética; las Tablas 5 y 6 presentan los valores para las mismas variables cuando se midieron el P y el Mg, respectivamente. Para los tres macrominerales, los toros presentaron diferentes DEPN a través de los grupos raciales de las vacas. La exactitud de las DEPA, en las mediciones de Ca (Tabla 4), P (Tabla 5) o Mg (Tabla 6) de la evaluación, fueron mayores o iguales a las reportadas por Manrique y col. (1997) quienes usaron un solo carácter en la eva-

Tabla 1. Distribución de animales por grupo racial y año.

Grupo Racial ^a	Toros				Vacas			
	Total	1989	1990	1989 / 1990 ^b	Total	1989	1990	1989 / 1990 ^c
A	5	4	4	3	65	65	42	42
.75A x .25B	3	2	3	2	18	18	14	14
.5A x .5B	4	2	3	1	38	30	33	25
.25A x .75B	4	4	3	3	0	0	0	0
B	5	3	4	2	76	52	59	35
Brangus	7	4	5	2	46	25	40	19
Total	28	19	22	13	243	190	188	135

^a A = Angus, B = Brahman.

^b Número de toros presentes en ambos años.

^c Número de vacas presentes en ambos años.

Tabla 2. Número de progenies por tipo de apareamiento.

Grupo racial de la vaca ^a	Grupo racial del toro ^a						
	A	.75A x .25B	.5A x .5B	.25A x .75B	B	Brangus	TOTAL
A	26	13	7	17	20	24	107
.75A x .25B	6	5	3	6	6	6	32
.5A x 5B	12	9	5	9	16	12	63
B	14	18	11	15	39	14	111
Brangus	8	6	5	8	11	29	67
Total	66	51	31	55	92	85	380

^a A = Angus, B = Brahman, Brangus = .625A x .375B

Tabla 3. Varianzas y covarianzas genéticas aditivas directas entre peso corporal al destete y niveles séricos de Ca, P y Mg.

Carácter ^a	Aditiva	No aditiva
Varianzas^b		
Peso	96.0	19.1
Ca	12094.3	269.5
P	13785.3	1794.4
Mg	604.1	250.0
Covarianzas^c		
Peso : Ca	1060.4	50.1
Peso : P	904.2	2.6
Peso : Mg	227.4	37.2

^a Ca = Calcio; P = Fósforo; Mg = Magnesio.

^b Expresadas en kg² para Peso y en mg² para Ca, P y Mg.

^c Expresadas en kg x mg.

luación. Igual situación se presentó en la exactitud de las DEPN., lo cual se atribuye en parte, a la alta correlación entre las cantidades estimadas de macrominerales y los pesos corporales. Estos resultados indican que las cantidades séricas de Ca, P y Mg representan caracteres de utilidad que se pueden incluir en los procedimientos de evaluación animal multiracial, con el fin de mejorar las precisiones en la predicción de los efectos genéticos.

Se encontraron cambios en el ordenamiento de los toros cuando las predicciones genéticas se basaron en evaluaciones de dos caracteres con relación al ordenamiento reportado en una evaluación simple (Manrique y col., 1997). El ordenamiento de

los toros según peso al destete, cuando se utilizó Ca, P o Mg en la evaluación, se presenta en la Tabla 7. Se encontraron diferencias en el ordenamiento de los toros, similares a las reportadas por Manrique y col. (1997) en la evaluación de un carácter único. El ordenamiento de los toros para DEPA y DMEP que más se acerca al reportado en la evaluación simple citada, se obtuvo en el caso del Ca.

Las correlaciones entre las predicciones de efectos genéticos basados una en evaluación simple, y aquellas obtenidas cuando se involucra un macromineral en el análisis, se presentan en la Tabla 8. En el caso de las DEPA, todas las correlaciones fueron altas (.98 con Ca, .95 con P y .96 con Mg). Para

las DEPN, las correlaciones fluctuaron entre .65 (para vacas A cuando se utilizó Ca) y .99 (para vacas B cuando se utilizó Ca o Mg). Estos resultados indican que el ordenamiento de los toros por DEPA y DMEP obtenido con procedimientos de evaluaciones genéticas multiraciales que incluyen peso y un macromineral, producen ordenamientos de toros similares a los obtenidos cuando la evaluación se efectúa utilizando sólo el peso. Sin embargo, usando la información de un macromineral, se mejoró la exactitud en la predicción de los efectos genéticos.

Debido al tamaño relativamente bajo del conjunto de datos utilizados en este estudio, los resultados deben validarse en

Tabla 4. Predicción y exactitud de valores genéticos aditivos y no aditivos de los toros, con relación al peso al destete cuando se incluye el Ca sérico en la evaluación.

Grupo racial ^a	Toro	DEPN ^d									
		DEPA ^b	EXA ^c	A	EXA	.75A x .25B	EXA	.5A x .5B	EXA	B	EXA
A	1	-.413	.61	-.325	.10	-.23	.07	.357	.07	-.043	.02
	8	-.131	.60	.002	.07	-.141	.05	.186	.03	-.007	.09
	9	.049	.64	-.619	.13	.090	.07	.203	.07	.357	.10
	12	.005	.61	-.001	.23	.001	.23	.005	.23	-.002	.23
	13	-.007	.65	.000	.29	.000	.29	.001	.29	-.005	.29
	19	-.478	.62	-.800	-.13	-.091	.07	.440	.07	.145	.05
	26	.40	.60	-.497	.04	.129	.06	.377	.05	.015	.07
.75A x .25	15	.148	.62	-.058	.15	.16	.190	.15	-.008	.18	
	20	-.232	.70	.055	.19	-.160	.16	.403	.11	-.478	.21
	27	.222	.55	-.135	.03	.131	.02	.078	.04	-.074	.02
.5A x .5B	17	-.005	.60	.017	.16	.018	.15	.000	.13	.016	.15
	18	-.434	.61	.000	.13	.000	.13	.076	.17	-.316	.20
	28	-.838	.61	-.238	.05	.080	.09	.100	.02	-.366	.10
	29	.090	.57	.016	.05	-.023	.05	.198	.05	-.002	0
.25A x .75B	2	.149	.56	-.235	.05	.001	0	.357	.05	-.027	.02
	5	.347	.60	.050	.07	.057	.07	-.032	.05	-.004	.03
	21	.47	.59	.020	.07	-.058	.07	.073	.03	.057	.05
	22	-.346	.68	-.124	.15	.590	.14	.297	.09	-.639	.19
B	3	.119	.60	.132	.03	.012	.08	.114	.05	-.242	.07
	6	.581	.56	.076	.05	.001	0	.121	.05	-.064.03	
	10	1.177	.68	.276	.14	.387	.14	.554	.11	-.596	.20
	23	.503	.68	-.127	.15	.432	.09	.478	.10	-.430	.25
	24	.371	.54	.001	0	.024	.03	.290	.05	-.043	.02
Brangus	4	.568	.67	-.484	.15	-.119	.18	.450	.12	.103	.07
	7	-.038	.56	-.274	.05	.073	.04	.002	0	.000	.03
	11	-.458	.60	.491	.07	-.069	.09	.002	0	.096	.07
	14	-.728	.56	-.305	.05	-.191	.05	.249	.03	-.001	0
	16	-.247	.55	-.258	.05	-.019	.05	.002	0	-.001	0
	25	-.146	.60	-.091	.05	-.279	.07	.374	.07	-.205	.05
	30	-.332	.64	-.033	.08	-.087	.16	.351	.07	-.240	.11

^a A = Angus; B = Brahman; Brangus = .625A x .375B

^b DEPA: Diferencias Esperadas Aditivas de Progenie

^c EXA: Exactitud

^d DEPN: Diferencias Esperadas no Aditivas de Progenie

Tabla 5. Predicción y exactitud de valores genéticos aditivos y no aditivos de los toros, con relación al peso al destete cuando se incluye el P sérico en la evaluación.

Grupo racial ^a	Toro	DEPN ^d									
		DEPA ^b	EXA ^c	A	EXA	.75A x .25B	EXA	.5A x .5B	EXA	B	EXA
A	1	-.406	.62	-.337	.09	-.158	.07	.418	.07	-.023	.02
	8	-.226	.61	-.030	.06	-.106	.04	.214	.02	.043	.08
	9	.042	.64	-.639	.12	.132	.07	.316	.07	.244	.09
	12	.006	.61	.000	.23	.001	.23	.004	.23	-.003	.23
	13	-.005	.65	.000	.29	.000	.29	.001	.29	-.006	.29
	19	-.540	.63	-.716	.12	-.071	.07	.518	.06	.012	.05
	26	.107	.60	-.579	.04	-.107	.06	.409	.05	.006	.06
.75A x .25B	15	.215	.062	-.055	.15	-.013	.16	.135	.15	-.021	.17
	20	-.310	.69	.058	.17	.045	.14	.555	.10	-.618	.18
	27	.311	.56	-.219	.02	.140	.02	.109	.04	-.069	.02
.5A x .5B	17	.079	.60	-.034	.16	-.002	.15	.000	.13	.005	.15
	18	-.436	.62	.000	.13	.000	.13	.060	.16	-.324	.19
	28	-.652	.62	-.283	.04	-.098	.08	.175	.02	-.475	.09
	29	.015	.58	.002	.05	.013	.05	.200	.05	-.002	0
.25A x .75B	2	.256	.56	-.320	.05	.001	0	.412	.04	-.093	.02
	5	.182	.60	.090	.06	.148	.07	.071	.05	-.002	.02
	21	.290	.60	.048	.07	-.006	.06	.189	.03	.082	.04
	22	-.043	.68	-.288	.13	.498	.13	.312	.08	-.968	.17
B	3	.060	.60	.147	.03	.020	.07	.142	.05	-.207	.07
	6	.464	.57	.174	.05	.001	0	.224	.05	-.084	.02
	10	1.299	.68	.471	.13	.300	.13	.702	.10	-.929	.18
	23	.426	.68	-.011	.13	.565	.08	.535	.09	-.503	.21
	24	.181	.55	.001	0	.019	.02	.461	.05	-.050	.02
Brangus	4	.435	.67	-.599	.13	.057	.16	.68	.11	.127	.07
	7	-.142	.56	-.123	.05	.136	.04	.002	0	-.088	.03
	11	-.404	.60	.311	.06	-.027	.08	.002	0	-.026	.07
	14	-.683	.57	-.459	.04	-.179	.05	.273	.02	-.001	0
	16	-.485	.55	-.198	.05	-.142	.05	.002	0	-.001	0
	25	-.199	.60	-.053	.04	-.352	.07	.484	.06	-.195	.04
	30	-.121	.64	-.045	.07	-.371	.14	.394	.07	-.297	.10

^a A = Angus; B = Brahman; Brangus = .625A x .375B^b DEPA: Diferencias Esperadas Aditivas de Progenie^c EXA: Exactitud^d DEPN: Diferencias Esperadas no Aditivas de Progenie

Tabla 6. Predicción y exactitud de valores genéticos aditivos y no aditivos de los toros, con relación al peso al destete cuando se incluye el Mg sérico en la evaluación.

Grupo racial ^a	Toro	DEPN ^d									
		DEPA ^b	EXA ^c	A	EXA	.75A x .25B	EXA	.5A x .5B	EXA	B	EXA
A	1	-.253	.61	-.516	.08	-.117	.06	.4523	.06	-.039	.02
	8	-.213	.60	-.134	.06	-.148	.04	.154	.02	.019	.07
	9	.17	.64	-.617	.11	.085	.06	.178	.06	.383	.08
	12	.007	.61	.001	.23	.001	.23	.005	.23	-.002	.23
	13	-.006	.65	.000	.29	.000	.29	.000	.29	-.005	.29
	19	-.453	.62	-.886	.10	-.114	.06	.554	.05	.092	.04
	26	-.063	.60	-.697	.03	.111	.05	.491	.04	.085	.06
.75A x .25B	15	.275	.62	.018	.15	-.004	.15	.143	.15	.015	.17
	20	-.196	.69	.051	.15	-.059	.13	.588	.09	-.740	.16
	27	.200	.56	-.208	.02	.235	.02	.147	.03	-.034	.02
.5A x .5B	17	.076	.60	-.007	.16	-.015	.15	.000	.13	.065	.15
	18	-.473	.62	.000	.13	.000	.13	.010	.16	-.356	.19
	28	-.850	.61	-.350	.04	.057	.07	.124	.02	-.458	.08
	29	.179	.57	.048	.04	-.105	.04	.182	.04	-.002	0
.25A x .75B	2	.177	.56	-.2892	.04	.001	0	.463	.04	-.048	.02
	5	.341	.60	.051	.06	.121	.06	.068	.04	-.006	.02
	21	.412	.60	.040	.06	-.048	.06	.209	.02	.093	.04
	22	-.062	.67	-.213	.12	.605	.11	.321	.08	-.862	.15
B	3	.258	.60	.194	.02	.050	.06	.171	.04	-.283	.06
	6	.588	.56	.151	.04	.001	0	.303	.04	-.044	.02
	10	1.022	.67	.537	.11	.580	.11	.638	.09	-.880	.15
	23	.622	.67	-.045	.12	.420	.08	.688	.08	-.632	.18
	24	.221	.55	.001	0	-.011	.02	.365	.04	-.134	.02
Brangus	4	.531	.066	-.600	.12	-.021	.14	.916	.10	.48	.06
	7	-.177	.56	-.245	.04	.125	.04	.003	0	.000	.02
	11	-.374	.60	-.130	.06	-.149	.07	.003	0	.096	.06
	14	-.724	.56	-.539	.04	-.295	.04	.313	.02	-.001	0
	16	-.363	.55	-.273	.04	.010	.04	.003	0	-.001	0
	25	-.223	.60	-.105	.04	-.328	.06	.572	.06	-.299	.04
	30	-.251	.64	.002	.07	-.353	.13	.410	.06	-.239	.09

^a A = Angus; B = Brahman; Brangus = .625A x .375B^b DEPA: Diferencias Esperadas Aditivas de Progenie^c EXA: Exactitud^d DEPN: Diferencias Esperadas no Aditivas de Progenie

Tabla 7. Ordenamiento de los toros con relación al peso al destete cuando se incluyen los macrominerales Ca, P y Mg séricos en la evaluación.

Grupo racial ^a	Toro	CARÁCTER INCLUIDO														
		Ca					P					Mg				
		DEPA ^b	A ^c	.75A	.50A	B	DEPA	A	.75A	.50A	B	DEPA	A	.75A	.50A	B
A	1	25	27	26	25	24	25	27	27	20	22	24	27	23	17	21
	8	19	17	21	17	19	22	21	21	23	18	21	20	22	24	19
	9	13	26	12	13	5	14	13	10	10	5	14	24	13	18	4
	12	15	14	18	19	15	16	17	21	21	14	15	11	17	22	14
	13	17	15	19	21	16	17	18	18	22	15	16	12	18	23	16
	19	28	30	28	23	21	28	28	24	24	25	27	30	27	20	22
26	14	23	10	8	13	11	10	7	7	11	18	26	16	9	13	
.75A x .25B	15	10	8	13	9	9	8	11	11	7	7	7	10	10	6	
	20	21	18	22	16	23	19	20	16	28	20	16	20	12	29	
	27	8	9	8	11	5	9	6	9	6	10	13	7	15	8	
.5A x .5B	17	16	13	17	20	14	12	15	19	12	13	10	15	21	10	
	18	26	22	25	27	28	26	24	26	27	28	22	24	29	27	
	28	30	29	29	30	30	29	29	29	30	30	30	28	29	30	
	29	12	11	15	12	11	15	16	17	13	11	8	14	13	7	
	2	9	16	11	6	10	7	14	9	5	9	12	15	12	5	11
.25A x .75B	5	7	4	5	10	6	9	7	15	8	6	6	6	11	5	
	21	5	3	7	7	4	6	8	8	3	5	5	8	6	3	
	22	24	24	9	24	29	18	22	14	29	17	18	4	16	28	
	3	11	7	14	14	18	13	6	14	18	8	4	9	8	17	
	6	2	2	3	4	3	2	2	4	4	3	2	2	3	4	
B	10	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1	1	1	1	9	
	23	4	5	2	3	12	4	2	3	16	2	3	2	3	15	
	24	6	6	6	5	7	10	7	6	10	9	9	11	7	12	
	4	3	10	4	2	1	3	3	2	1	4	14	5	2	1	
	7	18	20	16	22	17	20	21	19	25	19	21	19	19	18	
	11	27	12	27	28	23	24	15	23	27	23	26	23	25	20	
	14	29	28	30	29	27	30	29	28	28	26	29	29	30	28	
	16	22	25	20	26	20	27	26	22	30	24	25	25	21	26	
	25	20	19	24	15	22	21	18	26	12	20	22	19	26	14	
	30	23	21	23	18	25	19	17	25	13	21	23	17	28	19	24

^a A = Angus; B = Brahman; Brangus = 62.5A x .375B^b Ordenamiento basado en Diferencias Esperadas Aditivas de Progenie^c Ordenamiento basado en Diferencias Esperadas Multiraciales de Progenie

Tabla 8. Correlación entre predicciones de valores genéticos para el peso al destete usando una evaluación simple y un macromineral sérico en la evaluación.

Caracteres ^a	DEPA ^b	A ^d	.75Ax.25B	DEPN ^c	
				.50Ax.50B	B ^d
Peso : Ca	.98	.65	.93	.95	.99
Peso : P	.95	.77	.93	.98	.97
Peso : Mg	.96	.92	.98	.99	.99

^a Ca = Calcio; P = Fósforo; Mg = Magnesio

^b DEPA: Correlaciones entre Diferencias Esperadas de Progenie Aditivas

^c DEPN: Correlaciones entre Diferencias Esperadas de Progenie No aditivas en cada grupo racial de vacas.

^d A = Angus; B = Brahman

grandes conjuntos de datos, usando análisis con múltiples caracteres. Además, sería interesante evaluar el comportamiento de otros caracteres con efectos fisiológicos conocidos sobre el crecimiento y el desarrollo, tales como macrominerales diferentes (por ejemplo Na y K, Underwood, 1981; McDowell, 1992) o caracteres biológicos como los factores de crecimiento, que requieren estudiarse previamente a su utilización en evaluaciones genéticas de animales para obtener predicciones de los valores genéticos más precisas.

Implicaciones

El uso de caracteres genéticamente relacionados con el crecimiento, que puedan ser medidos simultáneamente con el peso corporal (por ejemplo, los macrominerales séricos), contribuye a mejorar la exactitud de las predicciones de valores genéticos para caracteres de peso. Al constatar una alta correlación entre la cantidad estimada de Ca, P o Mg séricos y el peso corporal al destete en este estudio, los macrominerales pueden complementar un conjunto amplio de caracteres útiles para evaluaciones genéticas que mejoraría la exactitud de las predicciones sobre los caracteres de peso. Otro tipo de caracteres que podrían ensayarse en estas evaluaciones son las medidas bovinométricas que el ganadero usualmente usa en su finca, para determinar su efecto sobre las predicciones de los valores genéticos de las características de importancia económica en estos sistemas de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnaud, C.D. y Sánchez, S.D. 1990.** Calcium and phosphorus. p. 212. In: M.L. Brown (Ed.), *Present Knowledge in Nutrition*. Int. Life Sci. Inst., Washington, DC.
- BIF. 1996.** Guidelines for uniform beef improvement programs. Seventh Ed. Beef Improvement Federation. Kansas State University. KS.
- Elzo, M. A. 1983.** Multibreed sire evaluation within and across countries. Ph.D. Dissertation. University of California, Davis.
- Elzo, M. A.; Manrique, C.; Odenya, W.O.; Wakeman, D.L. y McDowell, L.R. 1991.** Sire evaluation and crossbreeding using Angus, Brahman and their crosses. Pine Acres field day. Pine Acres Research Station, Citra, Florida, 18 pp.
- Henderson, C. R. 1976.** A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. *Biometrics* 32:69.
- Littlelidge, E. T. y Goff, J. 1987.** Interactions of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. *J. Anim. Sci.* 65:1727.
- Manrique, C.; Elzo, M.A.; Odenya, W. O.; McDowell, L.R. y Wakeman, D.L. 1997.** Predicción de efectos genéticos aditivos y no aditivos del peso al destete mediante un procedimiento de evaluación animal multiracial. *Revista Corpoica* 2(1): 17-21.
- McDowell, L. R. 1992.** Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press, San Diego, CA.
- Odenya, W. O.; Elzo, M.A.; Manrique, C.; McDowell, L.R. y Wakeman, D.L. 1992a.** Genetic and environmental factors affecting serum macromineral

and weights in an Angus-Brahman multibreed herd: I. Additive and nonadditive group genetic effects of serum calcium, phosphorus, and magnesium and weight at weaning. *J. Anim. Sci.* 70:2065-2071.

Odenya, W. O.; Elzo, M.A.; Manrique, C.; McDowell, L.R. y Wakeman, D.L. 1992b. Genetic and environmental factors affecting serum macromineral and weights in an Angus-Brahman multibreed herd: II. Heritabilities of genetic, environmental, and phenotypic correlations among serum calcium, phosphorus, and magnesium and weight at weaning. *J. Anim. Sci.* 70:2072-2077.

Underwood, E. J. 1981. The mineral nutrition of livestock. Commonwealth Agriculture Bureaux, London.