

UTILIZACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO (MODELO ANIMAL) EN LA EVALUACIÓN DE TORETES

Utilization of a Mathematical Model (Animal Model) to evaluate young bulls

Luis Yáñez Cuéllar*

Ricardo Contreras Durán**

Edmundo Rincón Urdaneta***

* Universidad Sur del Lago

Hacienda La Glorieta. Santa Bárbara - Zulia

** Universidad Nacional Experimental del Táchira

Decanato de Investigación. San Cristóbal, Estado Táchira

*** Postgrado en Producción Animal, Facultad de Agronomía, LUZ
Apartado. 15205. Maracaibo, Estdo Zulia

RESUMEN

Se utilizó un Modelo Matemático (metodología del Modelo Animal) para estimar los valores de cría (VC) y su errores estándar de predicción (EEP) de los pesos ajustados a 720 días (P720) de un grupo de 49 toretes Brahman nacidos en el año 1992, pertenecientes al Centro de Recría "Santa Rosa", de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), Estado Táchira, Venezuela, ubicado en una zona de vida clasificada como bosque húmedo tropical. La evaluación de los animales a través del VC permite realizar una selección más precisa, a la vez que es posible predecir el comportamiento productivo de la descendencia. La metodología empleada permite estimar también el VC para animales de los cuales no se tienen registros, a partir de la información suministrada por los animales emparentados con éstos. Adicionalmente, se realizó una comparación entre la posición asignada por valor relativo (VR), y aquella dada por el VC. De dicha comparación se observó que existen diferencias sustanciales entre los resultados de ambos métodos, en la calificación de algunos animales. No obstante, existen correlaciones elevada y significativas cuando se comparan las posiciones de los animales en ambos métodos ($r=0.86$; $P<0.0001$) o directamente entre los valores relativos y de cría ($r = 0.92$; $P<0.0001$). El VR aunque es un método rápido y sencillo, presenta limitaciones que son superadas por el método de VC, que aporta ventajas adicionales que exceden a las escasas limitaciones de su implementación.

Palabras clave: Modelo matemático, modelo animal, toretes, valor de cría.

ABSTRACT

A mathematical model (Animal Model methodology) was used to estimate the breeding values (BV) and its standard error of prediction (SEP) of the adjusted weights to 720 days of age (W720) on a group of 49 Brahman young bulls borned in 1992 at "Santa Rosa" Seedstock Center, located in a humid tropical area. The evaluation of animals through BV allows for selection with more accuracy and predicts the performance of the progeny. The methodology also allows to estimate BV of animals with no records, through information from related animals. Additionally, a comparison between relative value (RV), and BV was realized. From that comparison it was observed that are substantial differences between results derived from both methods in the ranking of the animals. Nevertheless, there are high and significant correlations in the ranking of the animals with both methods, ($r = 0.86$; $P<0.0001$) and between the relative and breeding values ($r = 0.92$; $P<0.0001$). Although the RV is a rapid and simple method, actual limitations were overcome by the BV method, bringing additional advantage exceeding the scarce limitations from its implantation.

Key words: Mathematical model, animal model, young bulls, breeding value.

INTRODUCCIÓN

La selección artificial se basa en un conjunto de reglas que dictaminan cuáles individuos serán los progenitores de la próxima generación, decisión que los criadores de ganado generalmente toman en base a las mediciones de los caracteres

de interés económico [15]. Dado que estos caracteres influyen la magnitud de la medida del fenotipo, entonces cabe preguntarse ¿cuál genotipo parental generará progenie con el promedio más alto? La respuesta viene de la estimación del valor de cría (VC) que es una medida del comportamiento esperado de la progenie de un animal en relación al promedio de la población. Por tal razón, el objetivo de los criadores es el mejoramiento genético rápido, para lo cual la predicción exacta de los VC es el factor fundamental.

El estimado del VC proporciona una predicción del comportamiento de la descendencia del animal que se evalúa, en las unidades del carácter dado y el signo ($\pm$) que permite identificar cuáles individuos generarán descendencia superior o inferior al promedio de contemporáneos. Adicionalmente al VC se calcula su error estándar de predicción (EEP) que es una medida de la precisión del estimado, lo cual permitirá diferenciar entre dos individuos con igual VC.

El método del modelo animal [1, 3, 4, 5] es complejo y requiere del uso de programas de álgebra matricial, equipos de computación y recurso humano capacitado. Su precisión depende de la cantidad de información disponible y de la aplicación adecuada de la heredabilidad, repetibilidad y parentescos para ponderar los registros de los animales y sus parientes.

El desarrollo y las principales aplicaciones de la metodología del modelo animal descrita por Henderson [4, 5] han sido en evaluación genética del ganado lechero [3]. No obstante, los criadores de ganado de carne se han venido interesando en el potencial del método de análisis [1, 8, 9, 16].

Por otra parte, el método del valor relativo (VR), usado para caracterizar los machos reproductores en algunos rebaños de carne en Venezuela [1, 14] es fácil y rápido, pues se puede obtener con pocos y sencillos cálculos realizados en una calculadora científica. Además es útil, si no se dispone de la información de las relaciones de parentesco. Pero presenta limitaciones pues carece de una medida indicativa de la precisión del valor; si existen animales con igual VR es necesario recurrir a otra fuente de información para decidir entre ellos. El VR sólo refleja la ubicación en relación a la distribución de los valores específicos del carácter evaluado en el grupo de los contemporáneos, tampoco suministra información del comportamiento estimado de su descendencia.

En la actualidad son pocos los centros de cría, dedicados a producir material genético de calidad, que ofrezcan a sus clientes información oportuna, veraz y detallada del potencial genético de su producto. Generalmente, aquella no va más allá de algunos datos de producción o algunos valores relativos o un simple folleto o catálogo [2]. Existe la necesidad de contar con sistemas de evaluación genética más eficientes y precisos que garanticen una respuesta a la selección. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue estimar los valores de cría del peso ajustado a 720 días de toretes de carne,

presentando la metodología del Modelo Animal como una alternativa viable para solventar esta deficiencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los registros de 49 toretes nacidos en 1992 provenientes del Centro de Recría de Ganado Brahman de la UNET, que funciona en la hacienda "Santa Rosa". El carácter evaluado fue el peso ajustado a los 720 días (P720), junto con la información de parentescos tomada de UNET [14] la cual fue complementada con los registros del Centro (datos no publicados).

La hacienda "Santa Rosa" está localizada en el Municipio Monseñor Fernández Feo, estado Táchira, a una altitud de 330 msnm, en una zona de vida clasificada como bosque húmedo tropical, en la cual existe una precipitación promedio anual de 2600 mm, con un 90% distribuido entre los meses de mayo a noviembre. La hacienda a través de la venta-subasta de toretes difunde germoplasma mejorado en las unidades de producción de la zona, actividad por medio de la cual se ha venido constituyendo en un centro de referencia para los criadores de ganado Brahman en su área de influencia. Una descripción detallada sobre el manejo general del rebaño es presentado por Montoni y col. [7].

El VC y su EEP se estimaron a través del siguiente Modelo Animal Aleatorio:

$$Y_{ij} = \mu + Zv_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} : vector de registros de peso ajustado a 720 días, presentados como desviación del promedio,
- μ : promedio general de la población,
- Z : matriz de incidencia que relaciona cada registro con su VC,
- v_i : vector de incógnitas, es decir del i-ésimo VC,
- ε_{ij} : vector de j-ésimo efecto no genético asociado con cada VC.

La solución al vector de incógnitas se calculó según la metodología descrita por Rönningen y Van Vleck [10], empleando el MATLAB® ver. 4.2.c.1 [13] con la fórmula siguiente:

$$v_{m \times 1} = (Z'_{m \times n} * Z_{n \times m} + A^{-1}_{m \times m} * \alpha)^{-1} * Z'_{m \times n} * Y_{n \times 1}$$

donde:

- v : es el vector de incógnitas, de VC,
- Z : es la matriz de incidencia, que relaciona cada registro con su correspondiente VC,
- A : matriz de relaciones genéticas aditivas entre los individuos,

- α : Es un escalar = 1.9412, despejado de la fórmula $h^2 = 1/(1+\alpha)$, tomando el valor de $h^2 = 0.34$ [6],
- Y: vector de registros de peso ajustado a los 720 días, presentados como desviación del promedio,
- n: número de registros (49 toretes evaluados),
- m: número de incógnitas, es decir, de VC (60: 49 toretes + 11 toros progenitores de esos toretes).

El EEP se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$EEP = (VEP)^{1/2}$$

$$VEP = (Z'_{n \times m} * Z_{m \times n} + A^{-1}_{m \times m} * \alpha)^{-1} * \sigma^2_e$$

La fórmula de VEP incluye el valor de la varianza del error (σ^2_e), obtenida al descontar de la varianza total observada la proporción de la varianza genética, representada por la heredabilidad.

Los análisis de coeficientes correlación de Pearson [12] para la comparación de los métodos se realizaron a través del 'PROC CORR' del SAS [11].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los VR que se presentan en la TABLA I, se obtuvieron expresando los datos de peso como un rango en base a las desviaciones del promedio [2].

En la TABLA II se presentan las estimaciones de VC y los correspondientes EEP. Los VC oscilan entre +31.6 y -39.3 kg, con 22 animales (45%) con valores positivos. Se encontraron tres pares de animales con VC idéntico, y en los tres casos es indiferente elegir uno u otro, pues ambos individuos de cada par cuentan con el mismo EEP, es decir que según los resultados del método los animales son genéticamente iguales. Aun cuando existe una dificultad al comparar estos animales por poseer estimados iguales del VC y EEP, es muy inferior a la de comparar los animales en base al VR, en la que el número de animales en esta situación asciende a 17 individuos en siete grupos similares

En la TABLA III se presentan los VC de los toros utilizados como progenitores en la temporada de monta que generó los animales utilizados en el análisis. Esto fue posible aún sin disponer de la información propia de dichos progenitores. Ade-

TABLA I

DISTRIBUCIÓN DE VALORES RELATIVOS DEL PESO A LOS 720 DÍAS EN TORETES BRAHMAN*

P	CODIGO	VR	P	CODIGO	VR	P	CODIGO	VR
1	T036	115.733	18	T010	101.398	35	T017	95.495
2	T020	115.101	19	T015	101.398	36	T031	94.652
3	T007	114.047	20	T018	100.977	37	T029	94.441
4	T038	114.047	21	T022	100.766	38	T004	94.230
5	T035	113.625	22	T013	100.133	39	T014	94.230
6	T039	112.149	23	T041	100.133	40	T042	94.230
7	T040	111.517	24	T002	99.079	41	T037	92.965
8	T033	110.674	25	T026	99.079	42	T025	92.755
9	T030	108.987	26	T008	98.447	43	T001	92.544
10	T043	108.566	27	T012	98.447	44	T005	90.014
11	T032	107.090	28	T024	98.447	45	T016	89.382
12	T045	106.668	29	T006	98.236	46	T019	88.117
13	T044	106.458	30	T034	97.604	47	T047	87.695
14	T021	105.825	31	T023	97.393	48	T003	78.209
15	T046	105.403	32	T048	97.393	49	T009	76.101
16	T027	104.771	33	T049	97.393	-	-	-
17	T028	102.452	34	T011	97.496	-	-	-

* La identificación ha sido codificada para mantener su confidencialidad. P = Posición. VR = Valor Relativo.

TABLA II
VALORES DE CRÍA ESTIMADOS DEL PESO (kg) A LOS 720 DÍAS DE TORETES BRAHMAN*

P	CODIGO	VCE (kg)	±EEP	P	CODIGO	VCE (kg)	±EEP	P	CODIGO	VCE (kg)	±EEP
1	T036	+31.6096	18.9183	18	T028	+4.7038	19.6903	35	T031	-8.6249	19.9534
2	T038	+29.3800	18.9183	19	T027	+4.6678	19.4916	36	T012	-9.7883	19.1578
3	T035	+28.8227	18.9183	20	T022	+3.2856	19.5845	37	T002	-10.9497	19.4094
4	T039	+26.8718	18.9183	21	T042	+3.1833	18.9183	38	T025	-11.2175	19.4916
5	T040	+26.0358	18.9183	22	T037	+1.5112	18.9183	39	T006	-12.0644	19.4094
6	T033	+24.9210	18.9183	23	T008	-2.5049	19.9534	40	T019	-13.4375	19.5845
7	T007	+22.6551	19.9534	24	T026	-2.8568	19.4916	41	T011	-13.6899	19.1578
8	T020	+22.2364	19.5845	25	T024	-3.6929	19.4916	42	T017	-13.6899	19.1578
9	T043	+22.1341	18.9183	26	T048	-4.2049	19.9534	43	T014	-15.3621	19.1578
10	T032	+20.1833	18.9183	27	T049	-4.2049	19.9534	44	T004	-17.3595	19.4094
11	T045	+19.6259	18.9183	28	T023	-5.0863	19.4916	45	T001	-19.5890	19.4094
12	T044	+19.3473	18.9183	29	T047	-5.4560	18.9183	46	T016	-21.7719	19.1578
13	T046	+17.9538	18.9183	30	T029	-5.8863	19.6903	47	T005	-22.9333	19.4094
14	T030	+13.3432	19.6903	31	T010	-5.8866	19.1578	48	T003	-38.5399	19.4094
15	T041	+10.9866	18.9183	32	T015	-5.8866	19.1578	49	T009	-39.3293	19.1578
16	T021	+9.9741	19.5845	33	T018	-6.4440	19.1578	-	-	-	-
17	T034	+7.6423	18.9183	34	T013	-7.5588	19.1578	-	-	-	-

* La identificación ha sido codificada para mantener su confidencialidad. P = Posición. VCE = Valor de Cría Estimado. EEP = Error estándar de predicción.

TABLA III
VALORES DE CRÍA ESTIMADOS DEL PESO (kg) A 720 DÍAS DE LOS TOROS PROGENITORES*

P	CODIGO	NDESC	VCE (kg)	±EEP
1	P019	16	+29.9740	15.5763
2	P012	1	+11.3276	23.4939
3	P015	4	+9.0666	21.9242
4	P013	1	-1.2524	23.4939
5	P020	1	-2.1024	23.4939
6	P021	1	-2.1024	23.4939
7	P017	3	-3.4907	22.7066
8	P018	1	-4.3124	23.4939
9	P016	5	-4.5465	20.2957
10	P014	10	-21.4473	17.6841
11	P011	6	-26.9858	19.6811

* La identificación ha sido codificada para mantener su confidencialidad. NDESC = Número de descendientes considerados en la estimación. P = Posición. VCE = Valor de Cría Estimado. EEP = Error estándar de predicción.

más, se puede observar, TABLAS II y III, que el rango de los VC es menor en los toros (57 kg) que en sus descendientes (71 kg). También se nota que los VC de los toros con mayor número de descendientes presentan menor EEP, pues su esti-

mación está basada en la cantidad de información de sus descendientes. Es preciso indicar que los VC estimados sólo permiten evaluar el comportamiento de estos animales en la temporada de monta estudiada.

TABLA IV
CAMBIOS PRODUCIDOS AL COMPARAR EL RANQUEO DEL VALOR RELATIVO Y EL DEL ESTIMADO DEL VALOR DE CRÍA*

CODIGO	PVR	PVC	CAMBIO	CODIGO	PVR	PVC	CAMBIO	CODIGO	PVR	PVC	CAMBIO
T036	1	1	0	T010	18	31	-13	T017	35	42	-7
T020	2	8	-6	T015	19	32	-13	T031	36	35	+1
T007	3	7	-4	T018	20	33	-13	T029	37	30	+7
T038	4	2	+2	T022	21	20	+1	T004	38	44	-6
T035	5	3	+2	T013	22	34	-12	T014	39	43	-4
T039	6	4	+2	T041	23	15	+8	T042	40	21	+19
T040	7	5	+2	T002	24	37	-13	T037	41	22	+19
T033	8	6	+2	T026	25	24	+1	T025	42	38	+4
T030	9	14	-5	T008	26	23	+3	T001	43	45	-2
T043	10	9	+1	T012	27	36	-9	T005	44	47	-3
T032	11	10	+1	T024	28	25	+3	T016	45	46	-1
T045	12	11	+1	T006	29	39	-10	T019	46	40	+6
T044	13	12	-1	T034	30	17	+13	T047	47	29	+18
T021	14	16	-2	T023	31	28	+3	T003	48	48	0
T046	15	13	+2	T048	32	26	+6	T009	49	49	0
T027	16	19	-3	T049	33	27	+6	-	-	-	-
T028	17	18	-1	T011	34	41	-7	-	-	-	-

* La identificación ha sido codificada para mantener su confidencialidad.
 += Sobrevalorados. - = subestimados por el método del valor relativo.

PVR = Posición por Valor Relativo PVC = Posición por Valor de Cría.

En la TABLA IV se presenta una comparación de las estimaciones del valor genético (VC y VR). Para realizar esta comparación, en primer lugar se ordenaron los animales por VR, desde el mejor (primera posición) hasta el peor (posición 49), al lado de cada animal se agregó la posición que le corresponde por el VC, para observar cuál era el cambio en la posición con este otro método.

De esa comparación se obtuvo que un 6.1% no varió de posición, las posiciones extremas se mantuvieron, lo que era lógico de esperar. Los cambios se clasificaron en dos categorías: aquellos animales cuyo VR les confería una posición inferior a la del VC se denominaron subestimados, situación observada en el 53.1% de los toros; y aquellos ubicados en un lugar por VR superior al del VC denominados como sobrestimados, es decir, aquellos animales que presentan cambio con signo negativo, presente en el 40.8% restante.

Dentro del grupo de animales subestimados por el método del VR los cambios observados fueron de 1, 2, 3, y 4 (65%); y de 6, 7, 8 y 13 posiciones (35%). Por otra parte, de los toros sobrestimados por el método del VR los cambios presentes fueron de 1, 2, 3, 4 y 5 (45%); y de 6, 7, 9, 10, 12, y 13 posiciones (55%).

Las variaciones de 6 ó más posiciones, independientemente del sentido, representan un 41% del total, lo cual co-

responde casi a la mitad del grupo evaluado, además de las grandes y graves implicaciones que esas variaciones traen consigo para el Centro, tales como pérdidas económicas y de reproductores de alto valor genético, en el caso de animales caracterizados como inferiores (subestimados); o al ofertar animales caracterizados como superiores sin serlo (sobrestimados) se está afectando el prestigio del Centro. Además, los cambios reflejados aquí como variaciones de posición, pueden también incluir la caracterización de toros con valor superior al promedio o positivo, cuando en realidad son inferiores o negativos, es decir que no son mejoradores.

No obstante, existen correlaciones elevadas y significativas cuando se comparan las posiciones de los animales en ambos métodos ($r = 0.86$; $P < 0.0001$) o directamente los VR con los VC ($r = 0.92$; $P < 0.0001$); sin embargo, ésta es una comparación a nivel general, pero cuando la meta es el mejoramiento genético es importante poder estimar con cierta precisión el aporte de cada animal, nivel al cual se observaron diferencias considerables entre los resultados de ambos métodos, que demuestran la superioridad del Modelo Animal sobre el Valor relativo en la estimación del genotipo. En tal sentido, se espera que la utilización de los estimados de VC resulten en una mejor respuesta a la selección, por ser más precisos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de los animales a través de los VC permite realizar una valoración y por ende una selección mejor fundamentada que la realizada en base al VR. Aunque con el método del Modelo Animal se puede estimar el genotipo del individuo, la baja precisión de los valores obtenidos con los pocos datos evaluados sólo permite una orientación en la evaluación genética, que no debería ser considerada como definitiva. Por lo cual se sugiere que para su incorporación en los programas de mejora genética el modelo debe complementarse con la mayor cantidad de información disponible, pues su utilidad como se presenta aquí está limitada al uso de estos VC como una guía para la selección.

Además de obtener un estimado del genotipo del individuo que aporta el registro, el VC representa la mitad del comportamiento estimado (Diferencia Predicha) de la descendencia de esos animales, a lo cual se puede agregar la ventaja de tener los VC estimados de los toros progenitores, aun cuando de ellos no se disponga de registros, claro está que este resultado no puede considerarse como una prueba de progeñe por la escasa información considerada; pero la metodología sería adecuada.

Para poder estimar los VC utilizando el Modelo Animal, es preciso disponer de la información del carácter y las relaciones de parentesco entre los individuos, por lo cual es básico implementar un sistema de registros. Además, se requiere que los datos sean comparables, de lo contrario deberán ser ajustados por los efectos involucrados y esto requeriría de un modelo más complejo que el descrito en este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Especialmente al Centro de Recría de Ganado Brahman "Santa Rosa", de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) por permitir utilizar sus registros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARANGO, J. Utilizando el modelo animal. **Venezuela Bovina**. 10 (28): 7. 1996.
- [2] ATENCIO, A. Evaluación genética de la eficiencia productiva de toros Brahman usados en un programa de inseminación artificial. En: Plasse, D.; Peña de Borsotti, N. y Arango, J. (Eds.) **XI Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela: 95-128. 1995.
- [3] BENISHEK, L.; JOHNSON, M.; LITTLE, D.; BERTRAND, J.; KRIESE, L. Applications of an animal model in the United States beef cattle industry. **J. Dairy Sci.** 71(Suppl. 2): 35. 1988.
- [4] HENDERSON, C. Estimates of changes in herd environment. **J. Dairy Sci.** 32: 706. 1949.
- [5] HENDERSON, C. Sire evaluation and genetic trends. In: **Proc. Of the Anim. Breeding and Genetics Symp.** In Honor of Dr. J. L. Lush, American Society of Animal Science; American Dairy Science Association and Poultry Science Association. Champaign, IL.: 10-41. 1973.
- [6] MONTONI, D. Estrategias no Convencionales de Manejo Reproductivo Aplicadas a un Rebaño Brahman Registrado en el Estado Táchira. Universidad Nacional Experimental del Táchira. (Trabajo de Ascenso): 60. Venezuela. 1995.
- [7] MONTONI, D.; ROJAS, G.; ARRIOJAS, M.; SILVA, J. Experiencias de la UNET con el Centro de Recría de Ganado Brahman. **V Jornadas de la Ganadería del Estado Táchira**. 18 y 19 de Noviembre de 1989. San Cristóbal, Venezuela: 16 p. 1989.
- [8] PLASSE, D. Propuesta de un programa genético moderno para los criadores de Brahman. **Venezuela Bovina**. 10 (28): 7. 1996.
- [9] QUAAS, R.; POLLAK, E. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. **J. Anim. Sci.** 51: 127. 1980.
- [10] RÖNNINGEN, K.; VAN VLECK, L. Selection index theory with practical applications In: Chapman, A. (Ed.) **General and Quantitative Genetics**. World Animal Science, A 4. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam: 187 - 225. 1985.
- [11] SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System**. SAS User's Guide: Statistics.. Cary. North Carolina. USA. Ver 6.04. 584 pp. 1986.
- [12] STEEL, R.; TORRIE, J. **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. 2nd. Ed. Mc-Graw Hill Book Company. USA: 633 pp. 1980.
- [13] The MathWorks Inc., MATLAB[®] Ver. 4.0 Simulink[™] Ver. 1.2 C. 1994.
- [14] Universidad Nacional Experimental del Táchira. 5^{ta} Gran Venta Subasta de Animales del Centro de Recría de Ganado Brahman de la hacienda "Santa Rosa". San Cristóbal, Venezuela. (Folleto de promoción) 4 pp. 1994.
- [15] VAN VLECK, L.; POLLAK, J.; OLTENACU, E. **Genetics for the Animal Science**. H.W. Freeman and Company, N. Y. 391 pp. 1987.
- [16] WILLHAM, R. Evaluation and direction of beef sire evaluation programs. **J. Anim. Sci.** 49: 592. 1979.