

Influencias ambientales y heredabilidad para características de crecimiento en ganado Sardo Negro en México

Juan Carlos Martínez-González^{1*}, Sonia Patricia Castillo-Rodríguez¹, Froylán Andrés Lucero-Magaña¹ y Eligio Ortega-Rivas²

¹ División de Estudios de Postgrado e Investigación, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Correo electrónico: jmartinez@uat.edu.mx

² Asociación Mexicana de Criadores de Cebú, Naranjo No. 1006, Col. Águila, Tampico, Tamaulipas, México.

RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron evaluar el efecto de algunos factores ambientales en el peso al nacimiento (PN), peso ajustado a 205 (P205), 365 (P365) y 550 días (P550) y ganancia diaria predestete (GDP), así como estimar la heredabilidad (h^2) para esas características en animales Sardo Negro. Se utilizó la información generada de 1997 a 2005 en ranchos ubicados en México. Los ranchos se dedican a la cría de ganado Sardo Negro de registro y pertenecían a la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú. Los modelos estadísticos incluyeron los efectos fijos de hato, año y época de nacimiento del animal (Seca y Lluviosa) y sexo (Macho o Hembra) y el efecto aleatorio del residual. El modelo para estimar la h^2 directa incluyó el efecto fijo de grupo contemporáneo (criador-año-época-sexo) y el efecto aleatorio aditivo directo. Los análisis se realizaron mediante los procedimientos de modelos lineales generales y máxima verosimilitud restringida libre de derivadas. Los promedios para PN, P205, P365, P550 y GDP fueron 32,9 185,1 281,4 384,9 y 0,742 kg, respectivamente. Las h^2 para efectos directos fueron 0,00 0,27 0,26 0,12 y 0,27 para PN, PD, P365, P550 y GDP, respectivamente. Los resultados de este estudio demuestran que los efectos ambientales son fuentes de variación relativamente importantes para P205, P365 y GDP. Las altas h^2 estimadas indican que es factible mejorar el crecimiento del ganado Sardo Negro a través de la selección.

Palabras clave: Sardo Negro, crecimiento, heredabilidad, ganado de registro.

Environmental effects and heritability for growth traits in Sardo Negro cattle from Mexico

ABSTRACT

Information on Sardo Negro cattle obtained from 1997 to 2005, from breeding herds, from the Mexican Association of Zebu Breeders, localized in herds of Mexico was used. The objectives of the study were to evaluate the effect of several environmental factors on birth weight (BW), weight adjusted to 205 (W205), 365 (W365), and 550 days of age (W550), and pre-weaning daily weight gain (DWG) and to estimate heritability (h^2) for those traits. The statistical models included the fixed effects of herd, year and season of birth (dry and rainy) and sex of the calf (male or female). The model to estimate the h^2 included the fixed effect of contemporary group (herd-year-season-sex) and the direct additive random effect. Analyses were carried out using general linear models and multiple traits derivative-free restricted maximum likelihood procedures. Means for BW, W205, W365, W550, and DWG were 32.9 ± 1.5 , 185.1 ± 34.8 , 281.4 ± 50.1 , 384.9 ± 58.5 y 0.742 ± 0.170 kg, respectively. Heritability estimates for BW, W205, W365, W550, and DWG were 0.00 ± 0.08 , 0.27 ± 0.14 , 0.26 ± 0.13 , 0.12 ± 0.19 y 0.27 ± 0.14 , respectively. The results of this study show that environmental factors are important sources of variation for W205, W365, and DWG. The high h^2 estimates indicates that it is possible to improve the growth of Sardo Negro cattle by selection.

Keywords: Sardo Negro, growth traits, heritability, registered cattle.

INTRODUCCIÓN

En México las zonas con clima tropical (húmedo y seco) abarcan el 27,7% del territorio nacional (Rzedowski, 1978) y juegan un papel importante en la producción de carne y leche (Tewolde y Dijk, 1993). Sin embargo, las condiciones ambientales que prevalecen en estos climas dificultan la producción animal principalmente con ganado bovino de origen europeo (*Bos taurus*) y donde el ganado Cebú (*Bos indicus*) destaca por sus características de adaptación para producir bajo dichas condiciones (De Souza *et al.*, 2003).

Los bovinos de razas cebuinas son los que predominan en los ecosistemas tropicales y subtropicales. La raza Sardo Negro, llamada la raza cebuina mexicana, es el resultado de seleccionar animales para producción de leche y carne y cuyo pelaje no se acepta para los patrones raciales de Gyr e Indubrasil (Bavera, 2002; AMCC, 1996). Esta raza ha demostrado que se adapta favorablemente a una gran gama de ambientes y climas tropicales y subtropicales. Es un ganado rústico de gran talla con excelente pigmentación de color negro, cuyos reportes de campo indican altas producciones de leche, habilidad materna y excelente para cruzamientos con Holstein y otras razas europeas (AMCC, 1996). Existen escasos y aislados estudios sobre características de crecimiento en el ganado Sardo Negro (Anónimo, 2002; Bremauntz, 2000; Martínez, 1999), por lo que la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (AMCC) a partir de 1994 inició las primeras pruebas zootécnicas para implementar un programa de mejoramiento genético de cebuinos con el Programa de Control de Desarrollo Ponderal (PCDP). Este programa consiste en llevar registros de los pesos de los becerros desde el nacimiento hasta los 550 días, para lo cual se pesaban al menos cada 90 días y se registraba la condición de crianza (AMCC, 1996).

La información que está generando la AMCC a través de la implementación del PCDP en las condiciones de crianza del país puede servir para realizar evaluaciones genéticas, con lo que se espera mejorar la productividad de los animales Sardo Negro de las zonas tropicales al contar con parámetros genéticos que son una herramienta para establecer los programas de mejoramiento para incrementar la producción de carne (Eler *et al.*, 1995). Según datos

de la AMCC la población de animales de la raza Sardo Negro tiene 13,549 pesajes en el PCDP (Ortega *et al.*, 2005).

Por otro lado, en los estudios realizados en Brasil por Eler *et al.* (1995), Martins *et al.* (2000), Cabrera *et al.* (2001) y De Souza *et al.* (2003) se pudo observar que existe un importante efecto genético directo. La heredabilidad (h^2) va de moderada a alta desde 0,12 a 0,59 para características de crecimiento, lo cual indica un buen potencial para progreso genético en el ganado *B. indicus*.

Algunos investigadores (Albuquerque y Meyer, 2001; Cabrera *et al.*, 2001) han señalado que los valores de h^2 pueden ser afectados por el genotipo del animal (efecto directo), por el de la madre (efecto materno) y por las covarianzas entre estos factores, particularmente en los períodos pre-nacimiento y pre-destete. También, los efectos ambientales propios de cada sistema de producción afectan los valores de h^2 . Por lo tanto, la inclusión de todos estos factores serán fundamentales para la obtención de estimadores de heredabilidad precisos y confiables.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la productividad y las heredabilidades de características de crecimiento desde el nacimiento hasta el peso a los 550 días en animales de la raza Sardo Negro de registro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizó la base de datos de los registros de PCDP de la AMCC con sede en Tampico, Tamaulipas, México. La información registrada fue obtenida por los técnicos de dicha asociación para lo cual pesaban los animales de la raza Sardo Negro, al menos cada 90 días y nacidos entre 1997 y 2005.

El manejo zootécnico de los animales de la base de datos ha sido previamente descrito en otros trabajos (Martínez, 1999; Fernández *et al.*, 1997; Castro, 1995; Castillo, 1993). De manera general, los becerros fueron pesados e identificados con un tatuaje en la oreja o con arete de plástico al momento del nacimiento. Antes de ser destetados los animales fueron vacunados contra enfermedades producidas por clostridios y pausterelas. También, se trataban contra parásitos internos y externos. Los animales se

destetaban aproximadamente a los ocho meses de edad y en ese momento se identificaban con hierro candente (hierro de propiedad, número de identidad y año de nacimiento), se pesaban, revacunaban y desparasitaban de nuevo. El desarrollo postdestete se podía dar en una de tres diferentes modalidades: pastoreo, semi estabulación o estabulación. Los pastos más utilizados fueron yaragua (*Hyperrhenia rufa*), pangola (*Digitaria decumbens*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*), guinea (*Panicum maximum*), elefante (*Pennisetum purpureum*) y *Brachiaria* (*Brachiaria spp.*).

Edición y análisis de la base de datos.

La base de datos proporcionada por la AMCC fue editada con los paquetes computacionales de Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1993), Microsoft Excel® y Microsoft Visual FoxPro 6.0®, con la finalidad de eliminar todos aquellos registros que no correspondieran a respuestas biológicamente normales o que se encontraban fuera del rango de dos desviaciones estándar, aquellos con datos incompletos y los que presentarían igual número de identificación del padre y la madre. Las variables consideradas para el estudio fueron: peso al nacimiento (PN), peso al destete ajustado a 205 días (PD), peso ajustado al año de edad (P365), peso ajustado a los 550 días de edad (P550) y ganancia diaria de peso predestete (GDP), de acuerdo a las fórmulas recomendadas por la Federación del Mejoramiento de la Carne (BIF, 2002).

Las variables ambientales fueron consideradas en el grupo contemporáneo (hato, sexo del animal, año y época de nacimiento), las épocas de nacimiento fueron definidas como época de sequía (enero-junio) y época de lluvias (julio-diciembre) y se incluyó la edad de la vaca como covariable lineal y cuadrática. Se consideró el efecto genético aditivo aleatorio de animal para estimar las covarianzas. El efecto materno aditivo y permanente no fue incluido debido a la estructura de los datos.

El modelo animal ajustado para cada una de las características fue:

$$Y = X\beta + Z\mu + e$$

donde: Y = vector de observaciones para PN, PD, P365, P550 ó GDP; β = es el vector de efectos fijos (grupo contemporáneo y covariable lineal y cuadrática de edad de la vaca); X es la matriz que asocia β con Y, μ es el vector de efectos aditivos directos, Z es la matriz que asocia g con Y y e es el vector de efectos aleatorios residuales.

Para este modelo, los supuestos fueron

$$E[y] = X\beta$$

$$\text{Var} \begin{bmatrix} g \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_g^2 & 0 \\ 0 & I_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

donde: N es el número de registros, A es la matriz del numerador de relaciones de parentesco e I es la matriz de identidad del orden apropiado.

Las varianzas y covarianzas genéticas fueron estimadas por el método de máxima verosimilitud restringida usando un algoritmo libre de derivadas, utilizando el programa MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995). Las heredabilidades se estimaron a partir de los componentes de varianza proporcionados por el mismo programa. El criterio de convergencia del modelo fue considerado en 1×10^{-13} y se realizaron tres reinicios en el análisis hasta que el cambio en el logaritmo de la función de verosimilitud fue menor a 1×10^{-4} , para asegurar el mínimo global.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos fenotípicos

Las medias fenotípicas para cada una de las variables de crecimiento estudiadas en este trabajo se presentan en el Cuadro 1, donde se aprecia que la media para PN fue de $32,9 \pm 1,5$ kg. Este valor es similar al citado en el informe de la XL Asamblea General de la AMCC (Anónimo, 2002) y similar al de otras razas cebuinas, como por ejemplo Nelore del Brasil (Martins *et al.*, 2000) y Brahman de México (Ortega *et al.*, 2005) con pesos de 32,7 y 32,3 kg, respectivamente. Sin embargo, la media de PN de este

estudio fue superior al peso encontrado en ganado Gyr (Ribeiro *et al.*, 2005), pero inferior al reportado para el ganado Brahman (Cundiff *et al.*, 1996) y Guzerat (Pensabé *et al.*, 1991).

Con relación al PD, la media de peso fue de $185,1 \pm 34,8$ kg, el cual es superior al reportado en el informe de la XL Asamblea General de la AMCC (Anónimo, 2002), donde se menciona un peso de 175 kg para esta raza de becerros. Por otro lado, Ribeiro *et al.* (2005), De Souza *et al.* (2003) y Ortiz *et al.* (2004) mencionan que los becerros Nelore destetados aproximadamente a los siete meses de edad pesaron 155 kg en promedio, lo que puede ser el resultado del tipo de explotación dado que los animales únicamente se alimentaban de pastos. Cabe destacar que se han reportado pesos superiores a los del presente estudio para becerros Nelore (Garnero *et al.*, 2001) y Brahman (Castillo y Martínez, 1993).

Para el caso del P365, el valor encontrado fue de $281,4 \pm 50,1$ kg, el cual es superior al reportado por Eler *et al.* (1995) y Cabrera *et al.* (2001), quienes observaron en becerros Nelore una media de peso al año de 212 y 255,8 kg, respectivamente. Como es del conocimiento general, muchos productores de ganado

de registro suplementan al ganado después del destete con la finalidad de ofrecer animales en buenas condiciones para su comercialización.

La media de P550 fue de $384,9 \pm 58,5$ kg, la cual es similar a la citada en el informe de la XL Asamblea General de socios de la AMCC (Anónimo, 2002). Sin embargo, el P550 es superior al reportado para becerros de otras razas cebuinas, como los Nelore (Garnero *et al.*, 2001), Guzerat, Gyr e Indubrasil (Ribeiro *et al.*, 2005) en Brasil y de Brahman en Venezuela (Plasse *et al.*, 1994), con pesos de 252, 313, 292, 359 y 300 kg, respectivamente.

Por último, la media general para GDP fue de $0,742 \pm 0,17$ kg, valor similar al encontrado por Martínez (1999) para becerros de la raza Gyr que fueron presentados a exhibición, con una GDP de $0,743 \pm 0,135$ kg. Sin embargo, la GDP de este estudio fue inferior a la reportada para becerros Sardo Negro sometidos a prueba de comportamiento, los que alcanzaron una GDP/día de edad de $0,903 \pm 0,067$ kg, resultado que puede deberse a que se trataba de becerros machos y en estabulación completa (Bremauntz, 2000).

Cuadro 1. Estructura de los datos y medias fenotípicas de cada una de las características analizadas en ganado Sardo Negro

Variable†	Pedigrí	Sementales	Crías/Semental	Vacas	$\mu \pm \sigma$ kg
PN	3209	186	1,804	1.204	$32,9 \pm 1,5$
PD	3209	124	1,558	864	$185,1 \pm 34,8$
P365	3209	127	1,519	940	$281,4 \pm 50,1$
P550	3209	87	1,598	424	$384,9 \pm 58,5$
GDP	3209	124	1,558	864	$0,742 \pm 0,170$

† PN = peso al nacimiento; PD = peso al destete; P365 = peso al año; P550 = peso a los 550 días; GDP = ganancia diaria de peso; μ = media; σ = desviación estándar.

Efectos genéticos

En el Cuadro 2 se presentan los componentes de varianza y las heredabilidades (h^2) de los análisis univariados para cada una de las características de crecimiento. La h^2 para PN fue de $0,00 \pm 0,08$, que

puede ser considerada como baja según la clasificación de Preston y Willis (1974). No se encontraron trabajos publicados para el h^2 en el ganado Sardo Negro, por lo que la comparación se realizó con otras razas cebuinas. Resultados superiores fueron encontrados por Kriese *et al.* (1991)

quienes publican h^2 para PN de becerros Brahman de 0,37. Sin embargo, Martins *et al.* (2000) analizaron datos de dos hatos de ganado Nelore en Brasil y reportaron h^2 de 0,59. Por otro lado, Eler *et al.* (1995) y Holanda *et al.* (2004) mencionaron que las h^2 para PN fueron de 0,23 en ganado Nelore en Brasil.

De igual modo, el valor de h^2 para PD fue de $0,27 \pm 0,14$, considerado como un valor medio (Preston y Willis, 1974). Valores superiores fueron señalados por Fernández *et al.* (1997) quienes al analizar el comportamiento de becerros Brahman encontraron que el h^2 del peso de destete a los 24 meses de edad fue de 0,66. Existen numerosos trabajos (Cabrera *et al.*, 2001; Gunski *et al.*, 2001) donde se señala que el h^2 para PD es moderado e inclusive bajo (Castro, 1995; Plasse *et al.*, 1994). Debido a que el h^2 fue medio se puede decir que parte de la variación entre animales está producida por el componente genético aditivo, siendo posible la

utilización de programas genéticos para mejorar esta característica, si los animales son sometidos a selección.

Similarmente, el h^2 para PA fue de $0,26 \pm 0,13$ y al igual que en el caso anterior se puede considerar como un parámetro genético de valor medio (Preston y Willis, 1974). Fernández *et al.* (1997) encontraron que el h^2 para el peso al año de edad de becerros Brahman fue de 0,66. Sin embargo, son numerosos los trabajos donde se menciona que el h^2 de PA es bajo (Martínez y Castillo, 1995; Eler *et al.*, 1995) o moderado (Cabrera *et al.*, 2001; Gunski *et al.*, 2001). La variación observada en la población de ganado Sardo Negro sugiere que es posible el establecimiento de programas de mejoramiento genético debido a que una mediana proporción del peso al año de edad esta influenciada por genes aditivos.

Cuadro 2. Componentes de varianza y heredabilidad para las variables analizadas en ganado Sardo Negro de registro en México

Variable	σ_a^2 †	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm \sigma_{h^2}$
Peso al nacimiento	0,000	0,9272	0,9272	$0,00 \pm 0,08$
PD peso al destete	218,8	604,9	823,7	$0,27 \pm 0,14$
P365 peso al año	399,9	1.130,6	1.530,5	$0,26 \pm 0,13$
P550 peso a los 550 días	170,9	1.239,8	1.410,7	$0,12 \pm 0,19$
Ganancia diaria de peso	5.305,9	24.345,8	19.651,7	$0,27 \pm 0,14$

† σ_a^2 = varianza aditiva; σ_e^2 = varianza ambiental; σ_p^2 = varianza fenotípica; h^2 = heredabilidad.

La estimación del h^2 para P550 fue de $0,12 \pm 0,19$ que se traduce en un efecto aditivo bajo, el cual es inferior al que reportaron Garneró *et al.* (2001) y Martínez (1999) quienes encontraron valores entre 0,52 a 0,99 con datos de ganado Nelore, Gyr, Indubrasil y Brahman. No obstante, otros investigadores (Gunski *et al.*, 2001) señalaron h^2 moderados a bajos para peso a los 18 meses de edad. La variabilidad observada en este estudio puede deberse principalmente a efectos ambientales y es el resultado del manejo de los animales a esta edad.

Por último, el h^2 para ganancia diaria de peso fue de $0,27 \pm 0,14$ y al igual que en los casos de P205 y P365 se puede considerar como un valor medio (Preston y Willis, 1974), que corresponde a animales que se encuentran en crecimiento. Datos superiores

fueron reportados por otros investigadores (Martínez, 1999; Fernández *et al.*, 1997) en ganado Brahman, Gyr, Indubrasil y Nelore. Sin embargo, Kriese *et al.* (1991) señalaron que h^2 para ganancia diaria de peso predestete fue moderado (0,31). Una mediana proporción de la varianza fenotípica es debida a efectos genéticos aditivos lo que podría traducirse en avances genéticos en el mejoramiento de las características de crecimiento del ganado Sardo Negro de registro.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente estudio se puede concluir que las constantes productivas del ganado Sardo Negro están dentro de los patrones publicados para el ganado Cebú en

condiciones tropicales. Los índices de herencia en general fueron altos excepto para peso al nacimiento y peso a los 550 días, lo que posibilita el progreso genético por medio de la selección de características de crecimiento en la población de ganado Sardo Negro de registro en México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Fondos Sectoriales SAGARPA-CONACYT por el financiamiento para la realización de este estudio a través del convenio SAGARPA-2002-C01-0316 y al Ing. Manuel Luciano Guzmán Siller, Presidente de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque G.L. y K. Meyer. 2001. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nellore Cattle. *J. Anim. Breeding Gen.*, 118: 83-92.
- AMCC. 1996. Asociación Mexicana de Criadores de Cebú. Tampico, Tamaulipas, México. 72 p.
- Anónimo. 2002. XL Asamblea General Ordinaria de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú. Cebú Mex., Julio: 11-19.
- Bavera G. 2002. Sardo Negro. Documento en línea: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/razas_bovinas/50-raza_sardo_negro.htm
- BIF. 2002. Uniform Guidelines for Beef Improvement Programs. 8^{va} ed. Beef Improvement Federation, Animal y Dairy Science Department, The University of Georgia. Athens, GA, USA.
- Boldman K.G., L.A. Kriese, L.D. Van Vleck y S.D. Kachman. 1993. A Manual for Use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Agricultural Research Service, USDA.
- Bremauntz A.E. 2000. Prueba de comportamiento en Veracruz. Cebú Mex., Septiembre: 32-33.
- Cabrera M.E., A.V. Garnero, R.B. Lobo y R.J. Gunski. 2001. Effects of the inclusion of direct-maternal genetic covariance in the analysis of growth traits in Nellore cattle. *Livestock Res. Rural Dev.*, (13)3: www.cipav.org.co/1rrd/1rrd13/3/cabr133.htm
- Castillo S.P. 1993. Factores genéticos y ambientales de características productivas y reproductivas de un hato Brahman bajo condiciones de trópico seco. Tesis Master. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.
- Castillo S.P. y J.C. Martínez. 1993. Factores ambientales y genéticos en el peso al destete de becerros Brahman en trópico seco. *Memorias VI Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria*. Universidad de Colima. Colima, Colombia p. G4-G7.
- Castro S.A. 1995. Predicción de valores genéticos para crecimiento predestete en ganado Indubrasil. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Cundiff L.V., F. Szabo, K.E. Gregory, R.M. Koch, M.E. Dikeman y J.D. Crouse. 1996. Breed comparisons in the germoplasma evaluation program at MARC. USDA, Clay Center, Nebraska, USA.
- De Souza J.C., C.H. Gadini, L.O.C. Da Silva, A.A. Ramos, K.E. Filho, M.M. De Alentar, P.B.F. Filho y L.D. Van Vleck. 2003. Estimates of genetic parameters and evaluation of genotype x environment interaction for weaning weight in Nellore cattle. *Arch. Latin. Producción Anim.*, 11(2): 94-100.
- Eler J.P., L.D. Van Vleck, J.B.S. Ferraz y R.B. Lobo. 1995. Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits in Nelore cattle. *J. Anim. Sci.*, 73: 3253-3258.
- Fernández A., C.U. Magnabosco, M. Ojala, A.R. Caetano y T.R. Famula. 1997. Grupa bien conformada, mayor peso y mejor productividad. *México Ganadero*, 420(Febrero): 29-31.

- Garnero A.V., R.J. Gunski, E.B. Schwengber y R.B. Lôbo. 2001. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto en la raza Nelore. *Livestock Res. Rural Dev.*, (13)2: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/garn132.htm
- Gunski R.J., A.V. Garnero, B.A. De los Reyes, B.L.A. Framartino y R.B. Lôbo. 2001. Estimativas de parámetros genéticos para características incluídas em criterios de seleção em gado Nelore. *Ciencia Rural Santa María*, 31(4): 603-607.
- Holanda M.C.R., S.B.P. Barbosa, A.C. Ribeiro y K.R. Santero. 2004. Tendências genéticas para crescimento em bovinos Nelore em Pernambuco, Brasil. *Arch. Zootecnia*, 53: 185-194.
- Kriese L.A., J.K. Bertrand y L.L. Benyshek. 1991. Genetic and environmental growth trait parameter estimates for Brahman and Brahman-derivative cattle. *J. Anim. Sci.*, 69: 2362-2370.
- Martínez G.J.C. 1999. Tendencias fenotípicas, genéticas y ambientales de características de crecimiento en el ganado Cebú. Tesis Doctorado. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. p. 119.
- Martínez J.C. y S.P. Castillo. 1995. Factores ambientales y genéticos sobre el peso al año de edad de becerros Brahman en trópico seco. *Avances Inv. Agrop.*, 4: 57-62.
- Martins A.G., M.R. Filho, M.F. Lima y B.R.N. Lôbo. 2000. Influência de fatores genéticos e de meio sobre o crescimento de bovinos de raça Nelore no Estado do Maranhão. *Rev. Bra. Zootecnia*, 29(1): 103-107.
- Ortega R.E., J.C. Martínez, G.M. Parra y F.J. García. 2005. Catálogo de Sementales. Asociación Mexicana de Criadores de Cebú. Tampico, Tamaulipas, México.
- Ortiz P.C.D., R. Carvalheiro, S.A. Queiroz y L.A. Fries. 2004. Comparison of selection criteria for pre-weaning growth traits of Nelore cattle. *Livestock Prod. Sci.*, 86: 163-167.
- Pensabé C.C., F. Martinez, M.U. Leal y J. Quiroz. 1991. Evaluación de becerros de rejerguería en el trópico. *Memorias. Cuarta Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. CIPAF. Villahermosa, Tabasco, México.*
- Plasse D., O. Verde, J. Beltrán, N. Márquez, A. Capriles, L. Arriojas, T. Shultz, N. Braschi y A. Benavides. 1994. Tendencias anuales de producción e influencias genéticas y ambientales en un rebaño Brahman genéticamente cerrado. 1. Pesos y mortalidad de becerros. *Arch. Latin. Producción Anim.*, 2: 85-102.
- Preston T. y M. Willis. 1974. *Producción Intensiva de Carne.* Editorial Diana, México.
- Ribeiro-de Freitas A., C.V. Presotti y F.L. Buranelo-Toral. 2005. Alternativas de análises em dados de medidas repetidas de bovinos de corte. *Rev.. Bra. Zootecnia*, 4(6 Supl.): 2233-2244.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México.* Limusa, México.
- SAS Institute. 1993. *SAS User's Guide.* 5^{ta} ed. SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Tewolde A. y V.J. Dijk. 1993. *Conservation and preservation of animal genetics resources in dairy and beef cattle of Latin America.* CATIE, Turrialba, Costa Rica.