

Phenotypic plasticity of Cuban Zebu sires evaluated in different Cuban regions

Plasticidad fenotípica de sementales Cebú Cubano evaluados en diferentes regiones de Cuba

Yusleiby Rodríguez¹, Raque¹ Ponce de León¹, A. Álvarez¹ and M. Rodríguez²

¹*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*

²*Centro para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical. Ave 101 e/ 100 y 62 No. 6214,*

Loma de Tierra, La Habana, Cuba

Email: yusleiby@ica.co.cu

The phenotypic plasticity of Cuban Zebu sires from their progenies performance test in different regions of the country was analyzed. A number of 15293 weight records at 18 months of animals born in five Cuban enterprises in 1981-2012 were considered. A single-trait animal model allowed evaluating all animals together and consequently, to each individual enterprise. In both cases, the random effects of the individual and error, fixed of the contemporary group and age at the start of the test as quadratic covariate are included. In all enterprises the heritabilities and Spearman correlations between the breeding values of sires with offspring were obtained. The heritabilities were of 0.239 ± 0.047 , 0.244 ± 0.056 , 0.284 ± 0.040 , 0.261 ± 0.044 and 0.153 ± 0.065 , for "Camilo Cienfuegos", "San Juan", "Rodas" and "Rescate de Sanguily" and genetic and rearing "Manuel Fajardo", respectively. Breeding values varied between -29.31 and 36.51 kg. "Rodas" and "Rescate de Sanguily" cattle enterprises were of higher range, while the Genetic and Rearing Enterprise "Manuel Fajardo" showed low fluctuations, but higher mean (6.94). Positive and low correlations between breeding values (0.28 - 0.58) indicated the phenotypic plasticity existence, that is manifested in changes in the ranking. It is concluded that it could assess the use, not only of robust animals (which behave appropriately in all regions of the country), but animals with phenotypic plasticity and higher breeding values for a specific region. It achieves increase in live weight.

Key words: *Cuban Zebu, genotype - environment interaction, region*

Introduction

During last decades, the improvement program of Cuban Zebu cattle has favored the selection of future sires for a supposedly homogeneous environment, due to the standardized characteristics of the grazing performance test on grazing, by which animals are evaluated during 12 months. The sires breeding values are estimated by a single trait animal model that analyzes all the animals, and then the bulls with higher weights or daily gains are selected at the end of the test. The use of BLUP methodology, animal model for genetic evaluations, had fundamentally improvement these animals precision (Guerra *et al.* 2002), but in current evaluations do not take into account the possible existence of genotype-environment interaction.

Several researches developed in America reported

Se analizó la plasticidad fenotípica de sementales Cebú Cubano a partir de la prueba de comportamiento de sus hijos en diferentes regiones del país. Se consideraron 15293 registros de peso a los 18 meses de animales nacidos en cinco empresas cubanas en el período 1981-2012. Un modelo animal univariado permitió evaluar todos los animales de manera conjunta y posteriormente, a cada empresa individual. En ambos casos, se incluyeron los efectos aleatorios del individuo y del error, fijo del grupo de contemporáneos y edad al inicio de la prueba como covariable cuadrática. En todas las empresas se obtuvieron las heredabilidades y las correlaciones de Spearman entre los valores genéticos de sementales con descendencia. Las heredabilidades fueron de 0.239 ± 0.047 , 0.244 ± 0.056 , 0.284 ± 0.040 , 0.261 ± 0.044 y 0.153 ± 0.065 , para las empresas pecuarias "Camilo Cienfuegos", "San Juan", "Rodas", "Rescate de Sanguily" y la de Genética y de Cría "Manuel Fajardo", respectivamente. Los valores genéticos variaron entre -29.31 y 36.51 kg. Las empresas pecuarias "Rodas" y "Rescate de Sanguily" fueron las de mayor amplitud, mientras que la Empresa Genética y de Cría "Manuel Fajardo" presentó menores fluctuaciones, pero mayor media (6.94). Las positivas y bajas correlaciones entre los valores genéticos (0.28-0.58) indicaron la existencia de plasticidad fenotípica, que se manifiesta en cambios en el orden de mérito de los sementales. Se concluye que se pudiera valorar la utilización, no solo de animales robustos (que se comportan adecuadamente en todas las regiones del país), sino de animales con plasticidad fenotípica y con mayores valores genéticos para una región específica. Se logra así incremento en el peso vivo.

Palabras clave: *Cebú cubano, interacción genotipo-ambiente, región*

Introducción

Durante las últimas décadas, el programa de mejora del ganado Cebú Cubano ha favorecido la selección de los futuros sementales para un ambiente supuestamente homogéneo, debido a las características estandarizadas de la prueba de comportamiento en pastoreo, mediante la cual se evalúan los animales durante un período de 12 meses. El valor genético de los sementales se estima mediante un modelo animal univariado que analiza a todos los animales, y de ahí se seleccionan los toros con mayores pesos o ganancias diarias al final de la prueba. El uso de la metodología del BLUP, modelo animal para las evaluaciones genéticas, ha mejorado sustancialmente la precisión de estos estimados (Guerra *et al.* 2002), pero en las evaluaciones actuales no se toma en cuenta la posible existencia de interacción genotipo-ambiente.

varied results that suggest a certain possibility of genetic variability in the characteristics related to body weight. In *B. indicus* breeds, Lobo *et al.* (1994), Mercadante *et al.* (1995) and Plasse *et al.* (2002) reported heritability (h^2) estimates for weight at 18 months, which varied between 0.13 and 0.31. In Cuba, Guerra *et al.* (2002), by means of an animal model estimated heritability of 0.20 for the same characteristic in the Cuban Zebu.

The heritability estimates are important to promote by selection an improvement program. However, the productive performance not always reaches the expected levels, due to the influence of several environmental factors that determine its expression. The climatic, nutritional and management changes favor the appearance of phenotypic plasticity.

In Cuba there has been developed this type of studies in dairy cattle, mainly in Holstein (Menéndez 2007), Siboney de Cuba (Suárez *et al.* 2009) and Mambí de Cuba (Hernández *et al.* 2012). In Cuban Zebu breed, Rodríguez and Guerra (2013) and Rodríguez *et al.* (2014) analyzed the response of the male offspring from sires in different management environments, defined by the mean value of the weight gain of the contemporary group.

Considering that the plan of current use of Cuban Zebu sires do not consider the possible existence of genotype-environment interaction, the objective of this study was to determine whether phenotypic plasticity is manifested in Cuban Zebu sires, depending on the region of the country in that the performance test is carried out.

Materials and Methods

The information (15293 observations) corresponds to the data of the final weight of performance test of the Cuban Zebu future sires, fitted at 18 months of age. For entry to the test, the individuals weaned at six months of age must fulfill the requirements to being offspring of sires dams and should have a weaning weight higher than the month mean; they should also fulfill with the phenotypic characteristics of genetic pattern. It was also kept in mind their progenitors breeding value, for the weight at 18 months. The alimentary base during this period was constituted by *Cynodon nlemfuensis* and *Panicum maximum*, as well as minerals salts. A total of 1.5 kg/animal/d of the available concentrate were supplemented. During the dry season, it was complemented with king grass or sugar cane, at a rate of 20 kg/d/LAU. In these areas a stocking rate no higher of 1.5 LAU/ha and a minimum of 12 paddocks was considered.

From an initial total of 16085 records captured by the Livestock Control System in the six enterprises where the tests were performed, 15293 were considered, corresponding to males born between 1981 and 2012. A 4% of the observations corresponding to an enterprise

Varios trabajos desarrollados en América informan resultados diversos que sugieren cierto margen de variabilidad de origen genético en las características relacionadas con el peso corporal. En las razas *B. indicus*, Lobo *et al.* (1994), Mercadante *et al.* (1995) y Plasse *et al.* (2002) informaron estimados de heredabilidad (h^2) para el peso a los 18 meses, que variaron entre 0.13 y 0.31. En Cuba, Guerra *et al.* (2002), mediante un modelo animal estimaron heredabilidad de 0.20 para esta misma característica en el Cebú Cubano.

Los estimados de heredabilidad son importantes para impulsar mediante la selección un programa de mejora. Sin embargo, el desempeño productivo no siempre alcanza los niveles esperados, debido a la influencia de varios factores ambientales que determinan su expresión. Las variaciones climáticas, nutricionales y de manejo favorecen la aparición de plasticidad fenotípica. En Cuba se han desarrollado estudios de este tipo en ganado lechero, específicamente en Holstein (Menéndez 2007), Siboney de Cuba (Suárez *et al.* 2009) y Mambí de Cuba (Hernández *et al.* 2012). En la raza Cebú Cubano, Rodríguez and Guerra (2013) y Rodríguez *et al.* (2014) analizaron la respuesta de los hijos de sementales en distintos ambientes de manejo, definidos por el valor medio de la ganancia de peso del grupo de contemporáneos.

Al considerar que el plan de uso actual de sementales Cebú Cubano no considera la posible existencia de interacción genotipo-ambiente, el objetivo de este estudio fue determinar si se manifiesta plasticidad fenotípica en los sementales Cebú Cubano, en dependencia de la región del país en la que se realice la prueba de comportamiento.

Materiales y Métodos

La información (15293 observaciones) corresponde a los datos de peso final de la prueba de comportamiento de futuros sementales Cebú Cubano, ajustados a los 18 meses de edad. Para la entrada a la prueba, los individuos destetados a los seis meses de edad debieron cumplir los requisitos de ser hijos de madres de sementales y debieron tener un peso al destete superior a la media del mes; además debieron cumplir con las características fenotípicas del patrón racial. Se tuvo en cuenta también el valor genético de sus padres, para el peso a los 18 meses. La base alimentaria durante este período estuvo constituida por *Cynodon nlemfuensis* y *Panicum maximum*, así como por sales minerales. Se suplementó 1.5 kg/animal/d del concentrado disponible. Durante la época de pocas lluvias, se complementó con caña o king grass, a razón de 20 kg/d/UGM. En estas áreas se consideró una carga no mayor de 1.5 UGM/ha y un mínimo de 12 cuartones.

De un total inicial de 16085 registros captados por el Sistema de Control Pecuario en las seis empresas donde se realizaron las pruebas, se consideraron 15293, correspondientes a machos nacidos entre 1981 y 2012. Se eliminó 4 % de las observaciones correspondientes

with few amounts of data, when not possessing adequate progenitors representation, even period of time set in the analysis (only from the 2000 year onwards).

Out of the five studied enterprises, two corresponded to the west of Cuba, two at the center of the country and one to the east (figure 1). The western region was represented by the Genetic Enterprise "Camilo Cienfuegos", located in Corralito farm, in Consolacion del Sur municipality, belonging to Pinar del Rio province (the most western in Cuba). It was also joined to the study the Enterprise "San Juan", in Martí municipality, located to the northeast of Matanzas province.

a una empresa con poca cantidad de datos, al no poseer adecuada representatividad de padres, ni período de tiempo enmarcado en el análisis (solo del año 2000 en adelante).

De las cinco empresas estudiadas, dos correspondieron a la zona occidental de Cuba, dos al centro de país y una a la región oriental (figura 1). La región occidental estuvo representada por la Empresa Genética Pecuaria "Camilo Cienfuegos", ubicada en la Finca Corralito, en el municipio Consolación del Sur, perteneciente a la provincia Pinar del Río (la más occidental de Cuba). También se incorporó al estudio la Empresa Pecuaria "San Juan", en el municipio Martí, situado al noreste de la provincia de Matanzas.

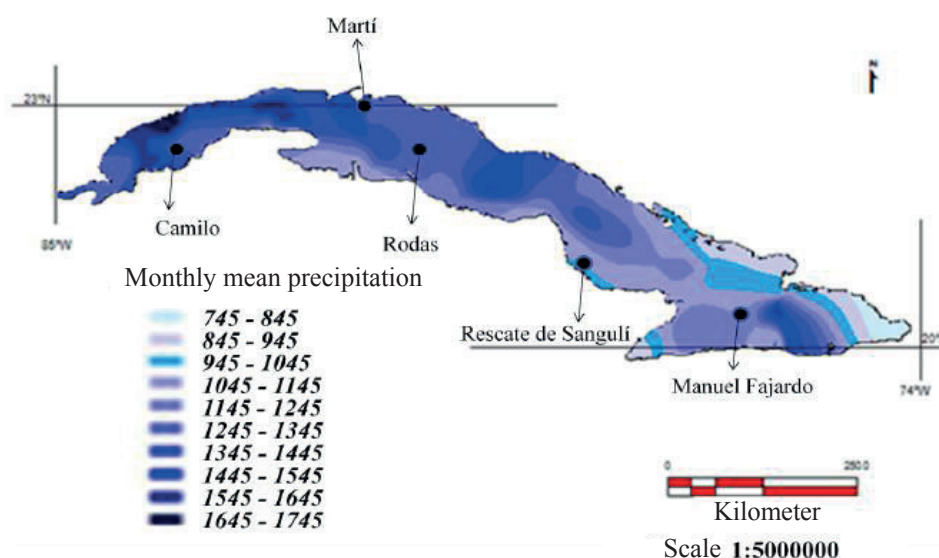


Figure 1. Mean monthly precipitations in Cuba and approximate location of the five livestock enterprises where the Cuban Zebu performance test was carried out

In the central region there were taken into account the data of the Enterprises "Rodas", in the municipality of the same name (northwestern of Cienfuegos province), and "Rescate de Sanguily" in Vertientes, Camagüey province. The eastern representation corresponded to Genetic and Rearing Enterprise "Manuel Fajardo", located in Jiguani municipality, belonging to the north part of Sierra Maestra, Granma province.

Contemporaries groups were defined from the enterprise information, year and four-month period of birth for the general model and year-four-month period of birth for the analysis of the enterprises individually. Those groups with less than five observations were eliminated, as well as progenitors that were not represented, at least in three enterprises. Subsequently, the information was divided into five data sets corresponding to each of the enterprises. The summary with the number of observations, weight mean values at 18 months and total of female contemporaries groups in each data set is shown in table 1. The pedigree file considered 799 progenitors and 12125 dams in total.

En la región central se tuvieron en cuenta los datos de las empresas pecuarias "Rodas", en el municipio de este mismo nombre (noroeste de la provincia Cienfuegos), y "Rescate de Sanguily" en Vertientes, provincia de Camagüey. La representación oriental correspondió a la Empresa Genética y de Cría "Manuel Fajardo", localizada en el municipio Jiguani, perteneciente a la parte norte de la Sierra Maestra, provincia Granma.

Los grupos de contemporáneos se definieron a partir de la información de la empresa, año y cuatrimestre de nacimiento para el modelo general y año-cuatrimetre de nacimiento para el análisis de las empresas de forma individual. Se eliminaron aquellos grupos con menos de cinco observaciones, así como los padres que no estuvieron representados, al menos en tres empresas. Posteriormente, la información se dividió en cinco conjuntos de datos correspondientes a cada una de las empresas. El resumen con el número de observaciones, valores medios del peso a los 18 meses y total de grupos de contemporáneos en cada conjunto de datos se muestra en la tabla 1. El fichero de pedigrí consideró 799 padres

Table 1. Main indicators for Cuban Zebu final weight in the five genetic enterprises and in the general model.

Enterprise	\bar{X} (SD)	Observations	Contemporaries groups
“Camilo Cienfuegos”	324 (63)	3191	97
“San Juan”	314 (60)	2190	70
“Rodas”	349 (54)	4563	95
“Rescate de Sanguily”	335 (60)	4050	91
“Manuel Fajardo”	336 (36)	1326	74
General	332 (57)	15293	422

To obtain the variances, heritabilities, and breeding values, Wombat (Meyer 2006) program was used. An animal single trait model was analyzed by means of its application, which considered as random the individual and the error effects; as fixed the contemporaries group (enterprise-year of birth – four-month period of birth or year of birth- four- month period of birth, depending on the dataset) and age at the start of the test, as quadratic covariable.

The model, as matrix rotation, is represented in the following way:

$$y = X\beta + Z\alpha + e$$

Where:

y = vector of the observations corresponding to final weights.

β = vector of the fixed effects, that include the sires contemporaries group and the quadratic regression of the age at the end of the test.

α = vector of random genetic additive effects.

X y Z = incidence matrices relating the observations with fixed and random effects respectively, taken with normal distribution, mean equal zero and variance equal $I\sigma_a^2$.

I = identity matrix.

e = vector of random residual effects. This one is taken with normal distribution, zero mean and variance $I\sigma_e^2$.

The criteria of fit goodness considered for models were the maximum likelihood logarithm (Llog), Akaike Information Criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC).

Later on, in the five enterprises the breeding values of the 57 sires with offspring were selected. By INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2012) Spearman correlations between the general breeding value (equivalent to that used in the national evaluation) and specific for each enterprise as well as between each pair of enterprises were calculated.

Results and Discussion

Heritabilities for final live weight (table 2) resulted moderate. Menéndez *et al.* (2006) obtained similar values to those of this study by means of character state model models and of random regressions (0.23) for this same trait in the Cuban Zebu. These results were also higher in four of the enterprises, regarding

y 12125 madres en total.

Para obtener las varianzas, heredabilidades y valores genéticos, se utilizó el programa Wombat (Meyer 2006). Mediante su aplicación se analizó un modelo animal unicarácter, que consideró como aleatorios los efectos del individuo y el error; como fijo el grupo de contemporáneos (empresa-año de nacimiento-cuatrimestre de nacimiento o año de nacimiento-cuatrimestre de nacimiento, dependiendo del conjunto de datos) y la edad al inicio de la prueba, como covariable cuadrática.

El modelo, en forma matricial, se representa de la siguiente forma:

$$y = X\beta + Z\alpha + e$$

Donde:

y = vector de las observaciones correspondientes a los pesos finales.

β = vector de los efectos fijos, que incluyen al grupo de contemporáneas y la regresión cuadrática de la edad al final de la prueba.

α = vector de los efectos aleatorios genéticos aditivos.

X y Z = matrices de incidencia que relacionan las observaciones con los efectos fijos y aleatorios respectivamente, asumidos con distribución normal, media igual a cero y varianza igual a $I\sigma_a^2$.

I = matriz de identidad.

e = vector de efectos aleatorios del residuo. Este se asume con distribución normal, con media cero y varianza $I\sigma_e^2$.

Los criterios de bondad de ajuste considerados para los modelos fueron el máximo del logaritmo de la verosimilitud (LogL), criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información bayesiano (BIC).

Posteriormente, en las cinco empresas se seleccionaron los valores genéticos de los 57 sementales con descendencia. Mediante el INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2012) se calcularon las correlaciones de Spearman entre el valor genético general (equivalente al que se emplea en la evaluación nacional) y los específicos para cada empresa, así como entre cada par de empresas.

Resultados y Discusión

Las heredabilidades para el peso final (tabla 2) resultaron moderadas. Menéndez *et al.* (2006) obtuvieron valores semejantes a los de este estudio mediante modelos multicarácter y de regresiones aleatorias (0.23) para este mismo rasgo en el Cebú Cubano. Estos

the value informed by Espinoza *et al.* (2008) in this same breed, for this same trait and through a single-trait model (0.19). Equally, these values were similar to that obtained by Guillén *et al.* (2011) (0.16 ± 0.03 and 0.26 ± 0.05) for a uni-trait and bi-trait model in this breed respectively.

The higher heritabilities obtained in “Rodas” and “Rescate de Sanguily” enterprises (central region) are justified because they were the ones that showed higher additive genetic variances.

resultados también fueron superiores en cuatro de las empresas, con respecto al valor informado por Espinoza *et al.* (2008) en esta misma raza, para este mismo rasgo y mediante un modelo unicarácter (0.19). Igualmente, estos valores resultaron semejantes a lo obtenido por Guillén *et al.* (2011) (0.16 ± 0.03 y 0.26 ± 0.05) para un modelo unicarácter y bicarácter respectivamente en esta raza.

Las mayores heredabilidades obtenidas en las empresas “Rodas” y “Rescate de Sanguily” (región central) se justifican porque fueron las que manifestaron

Table 2. Additive variance (σ_a), residual variance (σ_e) and heritability (h^2) of weight at 18 months of the Cuban Zebu in the five genetic enterprises and in a general way.

Region	Enterprise	$\sigma_a \pm SE$	$\sigma_e \pm SE$	$h^2 \pm SE$
West	“Camilo Cienfuegos”	207.2 \pm 42.4	639.9 \pm 36.4	0.239 \pm 0.047
West	“San Juan”	226.3 \pm 55.5	705.6 \pm 48.7	0.244 \pm 0.056
Center	“Rodas”	306.4 \pm 46.4	773.9 \pm 38.2	0.284 \pm 0.040
Center	“Rescate de Sanguily”	287.0 \pm 51.4	798.8 \pm 43.8	0.261 \pm 0.044
East	“Manuel Fajardo”	117.5 \pm 50.7	634.8 \pm 50.6	0.153 \pm 0.065
General mode	292.3 \pm 28.9	714.0 \pm 22.2	0.290 \pm 0.026	

“Rodas” has appropriate conditions for livestock, when having organic clay soils with ferrallitic elements. These ones have low erosion potential and are not salinized, making them very productive. Precipitations are abundant, with annual mean between 1400 and 1600 mm. This confirms that informed by Pégolo (2009), who refers that environmental conditions and of favorable management make possible better expression of the additive genetic variability, so that the heritability estimates will be higher than in unfavorable environments.

On the other hand, the lowest heritability value was obtained for the eastern region, which coincides with the lower number of observations and higher standard errors. Also, Jiguaní, where Genetic and Rearing Enterprise “Manuel Fajardo” is located, during the dry season, recorded precipitations between 200 and 300 mm, which is insufficient for grasses in this period. This area, of very low precipitations, is known for being one of the driest plains of Cuba, because of deforestation (Instituto de Meteorología 2014).

In figure 2 is showed the distribution of the air mean temperature and of agricultural drought in Cuba. In both cases, the eastern region is the most unfavorable in terms of these indicators. It has been shown that the combined effect of air temperature, solar radiation, wind and humidity, as well as thermal amplitude have important effect on cattle. The stress caused by hot is determined by their intensity as their duration, which directly acts on the animal thermoregulatory mechanisms.

The statistics of the breeding values of 57 sires common to the five enterprises are showed in table 3. As the table shows, “Camilo Cienfuegos” and “Rodas”

las mayores varianzas genéticas aditivas.

“Rodas” posee condiciones adecuadas para la ganadería, al contar con suelos orgánicos arcillosos con elementos ferralíticos. Estos tienen bajo potencial de erosión y no están salinizados, por lo que resultan muy productivos. Las precipitaciones son abundantes, con media anual que oscila entre 1400 y 1600 mm. Esto corrobora lo informado por Pégolo (2009), quien refiere que las condiciones ambientales y de manejo favorable posibilitan mejor expresión de la variabilidad genética aditiva, por lo que los estimados de heredabilidad serán mayores que en ambientes desfavorables.

Por el contrario, el valor más bajo de heredabilidad se obtuvo para la región oriental, que coincide con el menor número de observaciones y los mayores errores estándar. Además, Jiguaní, donde se ubica la Empresa Genética y de Cría “Manuel Fajardo”, durante el período menos lluvioso, registró acumulados de precipitaciones entre 200 y 300 mm, lo que resulta insuficiente para los pastos en esta etapa. Esta zona, de muy baja pluviosidad, se caracteriza por ser una de las llanuras más secas de Cuba, a causa de la deforestación (Instituto de Meteorología 2014).

En la figura 2 se muestra la distribución de la temperatura media del aire y de la sequía agrícola en Cuba. En ambos casos, la región Oriental es las más desfavorable en cuanto a estos indicadores. Se ha demostrado que el efecto combinado de la temperatura del aire, radiación solar, viento y humedad, así como la amplitud térmica tienen efecto importante en el ganado bovino. El estrés provocado por el calor está determinado por su intensidad como por su duración, lo que actúa directamente en los mecanismos termorreguladores del animal.

En la tabla 3 se muestran los estadígrafos de los valores genéticos de los 57 sementales comunes

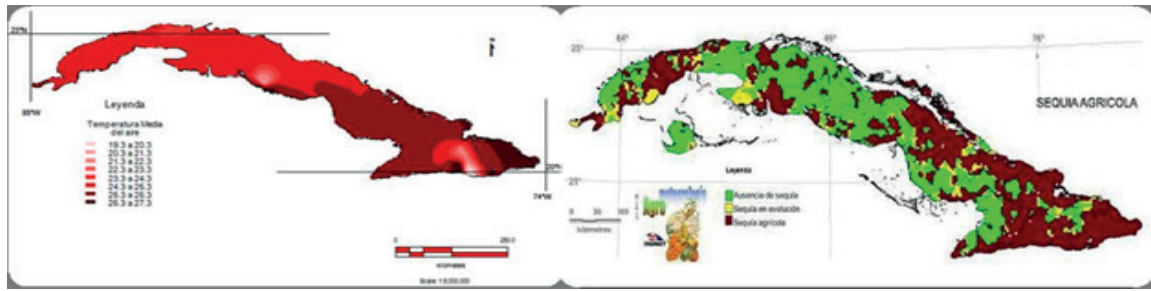


Figure 2. Air mean temperature and agricultural drought distribution in Cuba Island. (Instituto de Meteorología 2014).

Table 3. Statistics of the breeding values of 57 Cuban Zebu sires, commons to the five enterprises.

Enterprise	\bar{X}	SD	High	Low
“Camilo Cienfuegos”	6.94	10.04	-15.63	29.07
“San Juan”	3.29	10.22	-29.21	29.66
“Rodas”	5.30	13.38	-18.24	36.67
“Rescate de Sanguily”	5.46	10.71	-23.18	32.06
“Manuel Fajardo”	2.34	5.50	-9.16	13.87
General	6.73	16.06	-28.32	40.15

enterprises were those that showed the most favorable ranges for the selection. The first of them showed the higher breeding values mean.

Spearman correlation between the breeding values estimated by the general model and each enterprise was lower to the unit (table 4). Robertson (1959) presented the theoretical bases that suggest that the genotype- environment interaction only have important for the biology and agriculture, if the genetic correlation between the same characteristic in different environments is lower to 0.8. The possible explanation is that the same trait can partially controlled by a group of genes in each environment and therefore, the genetic merit is specific for each environmental subclass (Falconer and Mackay 1996).

To illustrate the changes the ranking of sires (figures 3 and 4) ten Cuban Zebu sires with higher and lower breeding values in “Rodas” enterprise were selected and it was contrasted with their performance in the four remaining enterprises. An example of the change in the ranking is show in the 5065B sire, that is first in Matanzas and Cienfuegos classification. However, it is in last places in the remaining enterprises.

a las cinco empresas. Según muestra la tabla, las empresas “Camilo Cienfuegos” y “Rodas” fueron las que mostraron las amplitudes más favorables para la selección. La primera de ellas manifestó la mayor media de los valores genéticos.

La correlación de Spearman entre los valores genéticos estimados por el modelo general y de cada empresa resultó inferior a la unidad (tabla 4). Robertson (1959) presentó las bases teóricas que sugieren que la interacción genotipo-ambiente solo tiene importancia para la biología y la agricultura, si la correlación genética entre la misma característica en diferentes ambientes es inferior a 0.8. La posible explicación es que el mismo rasgo puede estar parcialmente controlado por un grupo de genes en cada ambiente y por tanto, el mérito genético es específico para cada subclase ambiental (Falconer y Mackay 1996).

Para ilustrar los cambios en órdenes de mérito de los sementales (figuras 3 y 4) se seleccionaron los diez sementales Cebú Cubano con mayores y menores valores genéticos en la empresa “Rodas” y se contrastó con su comportamiento en las cuatro empresas restantes. Un ejemplo del cambio en orden de mérito se evidencia en el semental 5065B, que ocupó el primer lugar en la

Table 4. Spearman correlation between the sires breeding values for weight at 18 months in Cuban Zebu in the five genetic enterprises and through the general model

Enterprise	“Camilo Cienfuegos”	“San Juan”	“Rodas”	“Rescate de Sanguily”	“Manuel Fajardo”	General
“Camilo Cienfuegos”	1.0	0.45**	0.45**	0.38**	0.29*	0.41**
“San Juan”		1.0	0.58***	0.47**	0.55***	0.45**
“Rodas”			1.0	0.44**	0.40**	0.44**
“Rescate de Sanguily”				1.0	0.29*	0.47**
“Manuel Fajardo”					1.0	0.30*
General						1.0

*P < 0.05 **P < 0.01 ***P < 0.001

The opposite happens with the 5338B sire, with unfavorable performance in all regions, even in Camagüey. From the 57 selected sires, approximately a 23 % could be classified as robust, since it is able to maintain a similar performance in all regions of the country, but only four of them have improvements breeding values in all environments. The rest shows phenotypic plasticity. In general, 68% of the breeding values estimates for the five enterprises were positive or improvements.

Rodríguez and Guerra (2013) obtained similar results in Cuba, in Cuban Zebu specifically, when considering the mean values of the contemporaries groups as different environments, or management environments. Likewise, De Souza *et al.* (1997) and Silva *et al.* (2008) obtained results on changes in the ranking in eight different tropical regions of Brazil. Both researchers evaluated the genotype- environment interaction of the live weight in Nellore breed,

clasificación en Matanzas y Cienfuegos. Sin embargo, se encuentra en los últimos lugares en el resto de las empresas. Lo contrario sucede con el semental 5338B, con comportamiento desfavorable en todas las regiones, menos en Camagüey. De los 57 sementales seleccionados, el 23 % aproximadamente pudiera clasificarse como robusto, ya que es capaz de mantener un comportamiento similar en todas las regiones del país, pero solo cuatro de ellos presentan valores genéticos mejoradores en todos los ambientes. El resto muestra plasticidad fenotípica. De forma general, 68 % de los valores genéticos estimados para las cinco empresas resultaron positivos o mejoradores.

Rodríguez and Guerra (2013) obtuvieron resultados semejantes en Cuba, específicamente en el Cebú Cubano, al considerar como ambientes distintos a los valores medios de los grupos de contemporáneos, o ambientes de manejo. Igualmente, resultados sobre cambios en los órdenes de mérito obtuvieron De Souza *et al.* (1997) y Silva *et al.* (2008) en ocho regiones tropicales diferentes del Brasil.

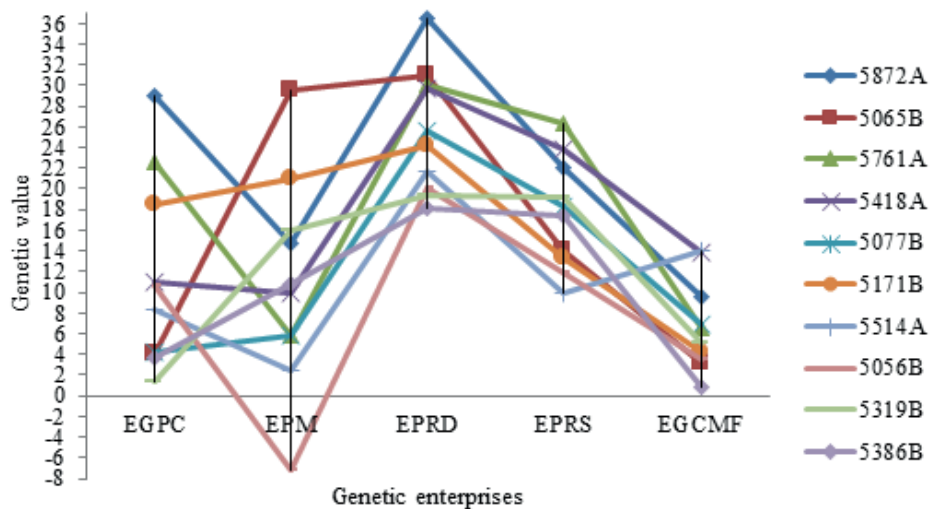


Figure 3. Representation of the ten Cuban Zebu sires with higher breeding values in “Rodas” Enterprise and their performance in the four remaining enterprises

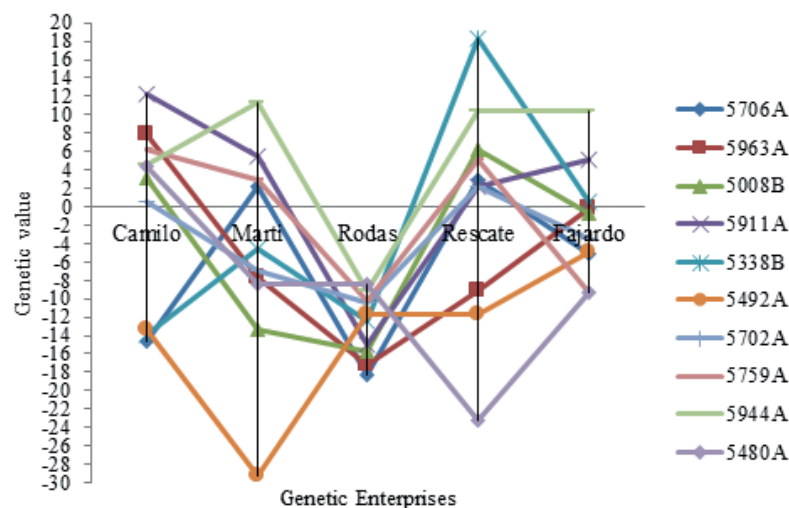


Figure 4. Representation of the ten Cuban Zebu sires with lower breeding values in “Rodas” Enterprise and their performance in the four remaining enterprises.

considering as environment the different geographical regions of Brazil.

In the Cuban Zebu improvement program, the applied selection intensity is only one in the whole country, and only one heritability value for the whole population is used. From the breeding values, the sires classification is carried out, without considering the country region where the semen will be used. It could be justified the existence of a differential response in the breeding values of sires between the enterprises where the performance test is carried out because these are located in very distant regions among each other, that show differences in altitude, air mean temperature, amount of precipitations and soil type. They also differ in regard to the management of each enterprise.

It is concluded that it is possible to carry out a selection process per final weight in the Cuban Zebu current population, from the recorded heritability values in the five enterprises. However, it should be considered the existence of changes in the sires ranking according with the place in which their offspring carry out the performance test. From this results, it could assess the sires current use plan and the use of robust animals (that be able appropriately behave in all Cuba regions). If on the opposite, the nutritional and management resources are locally guaranteed (high environment), it may be more appropriate the use of animals with phenotypic plasticity. In other words, animals that show the highest breeding values for this specific region, which would allow to increase genetic progress for the live weight in this breed.

Ambos trabajos evaluaron la interacción genotipo-ambiente del peso vivo en la raza Nellore, considerando como ambientes las diferentes regiones geográficas de Brasil.

En el programa de mejora del Cebú Cubano, la intensidad de selección aplicada es una sola en todo el país, y se emplea un solo valor de heredabilidad para toda la población. A partir de los valores genéticos, se realiza la clasificación de los sementales, sin considerar la región del país donde será utilizado el semen. Se pudiera justificar la existencia de una respuesta diferencial en los valores genéticos de sementales entre las empresas donde se realiza la prueba de comportamiento porque estas se ubican en regiones muy distantes entre sí, que muestran diferencias en altitud, temperatura media del aire, acumulados de precipitaciones y tipo de suelo. También difieren en lo que respecta al manejo de cada empresa.

Se concluye que es posible realizar un proceso de selección por peso final en la población actual de Cebú Cubano, a partir de los valores de heredabilidad registrados en las cinco empresas. Sin embargo, se debe considerar la existencia de cambios en el orden de mérito de los sementales de acuerdo con el lugar en el que sus hijos realicen la prueba de comportamiento. A partir de estos resultados, se pudiera valorar el plan de uso actual de sementales y la utilización de animales robustos (que sean capaces de comportarse adecuadamente en todas las regiones de Cuba). Si por el contrario, localmente se garantizan los recursos nutricionales y de manejo (ambiente alto), puede resultar más adecuada la utilización de animales con plasticidad fenotípica. En otras palabras, animales que muestren los mayores valores genéticos para esta región específica, lo que permitiría incrementar el progreso genético para el peso vivo en esta raza.

References

- De Souza, J.C., Campos da Silva, L.O., Filho, K.E., Ramos, A., Alencar, M. M. & Gadini, C.H. 1997. Estudio de las correlaciones genéticas y de ambiente para el peso al destete en bovinos de la raza Nellore en el Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5: 485
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>. [Consulted: May 24, 2014]
- Espinoza, J. L., Palacios, A., Guerra, D., González, D., Ortega, R. & Rodríguez, F. 2008. Comparación de dos modelos para la estimación de parámetros y valores genéticos del peso en ganado Cebú. *Agrociencia* 42:29
- Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group Ltd. Essex, England. 464 pp.
- Guerra, D., Rodríguez, M., Ramos, F., Planas, T., Ortiz, J., Torres, J.A. & Falcón, R. 2002. Evaluación genética de las razas de carne en Cuba. II Congreso Internacional Mejora Animal. Palacio de la Convenciones. La Habana, Cuba. No. 561. p. 4
- Guillein, A., Guerra, D., Ávila, N., González, D., Palacios, A., de Luna, R. & Espinoza, J. 2011. Genetic parameters of growth traits in Cuban Zebu cattle. *Cuban J. Agric. Sci.* 45:117
- Hernández, A., Ponce de León, R., Guerra, D., María García, S., Guzmán, G. & Mora, M. 2012 Interaction genotype-environment for dairy production in Mambí de Cuba cattle. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:351
- Instituto de Meteorología. 2014. El clima de Cuba. Características generales. Available: www.insmet.cu [Consulted: 20/10/2014]
- Lôbo, R., de los Reyes, A., Ferraz, J., Bezerra, L., Mercadante, M. & Duarte, F. 1994. Bivariate animal model analysis of growth weights and scrotal circumference of Nellore cattle in Brasil. 5th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production 17:199. Guelph, Canada
- Meyer, K. 2006. "WOMBAT". Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. World Congress on genetic applied to Livestock Production, 8, Belo Horizonte
- Menéndez, A. 2007. Acerca de una estrategia genética para el ganado vacuno en Cuba. Reflexiones-argumentaciones-proposiciones. Curso impartido en la Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"
- Menéndez, A., Guerra, D., Planas, T., Ramos, F. & Fernández Chuairey, L. 2006. Genetic parameters of live weight of Zebu

- males in performance test under Cuban grazing conditions, estimated by univariate, character state model and random regression models. *Cuban J. Agric. Sci.* 40:397
- Mercadante, M.E., Lobo, R.B. & de los Reyes, A. 1995. Parámetros genéticos para características de crecimiento en Cebuínos de carne. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 3:45
- Pégolo, N.T. 2009. Interação genótipo-ambiente e sensibilidade ambiental em bovinos de corte. Ribeirão Preto. Tese apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, área de concentração: Genética. 115 pp.
- Plasse, D., Verde, O., Fossi, H., Romero, R., Hoogesteijn, R., Bastidas, P. & Bastardo, J. 2002. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weight in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. *J. Anim. Breed. Genet.* 119:141
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics.* 15: 469
- Rodríguez, Y. & Guerra, D. 2013. Evidence of genotype-environment interaction for final live weight in the performance test of the Cuban Zebu. *Cuban J. Agric. Sci.* 47:13
- Rodríguez, Y., Ponce de León, R., Tamassia, N. & Nunes, H. 2014. Influences of environmental descriptor for detect genotype by environmental interaction in Cuban Zebu population. *Proc. 10th World Congress of Genetics Appl. Livestock Prod.*
- Suárez, M.A., Zubizarreta, I. & Pérez, T. 2009. Interacción genotipo ambiente en ganado bovino Siboney de Cuba. *Livest. Res. Rural Develop.* Vol 21. Available: <http://www.irrd.org>. [Consulted: December 10 , 2014]
- Silva, J. Roberto, P., Weber, T., Augusti, A., Grigoletto, J. & De Almeida, M. 2008. Efeito da interação genótipo-ambiente sobre o peso ao nascimento, aos 205 e aos 550 dias de idade de bovinos da raça Nelore na Região Sul do Brasil. *Rev. Bras. Zoot.* 37:54
- Anon 2014. El Clima de Cuba. Características generales. Available: www.insmet.cu. [Consulted: October 20, 2014].

Received: January, 13, 2013