

# PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DE GRUPOS RACIALES EN SISTEMAS DOBLE PROPÓSITO EN CHIRIQUÍ Y LOS SANTOS, PANAMÁ

Pedro Guerra M.

## RESUMEN

Para la realización de este estudio, los datos fueron obtenidos del Proyecto IDIAP-CIID (1983-1989) con el propósito de estudiar la estabilidad genética en términos de producción total de leche de tres grupos raciales en el sistema doble propósito. Se seleccionaron 17 fincas distribuidas en cinco ecosistemas de Chiriquí y Los Santos (GA, GB, BM, BB y LS). A cada finca se le dió seguimiento durante el estudio del sistema tradicional (T) y posteriormente durante el estudio del sistema mejorado (M). Basado en estos estudios se definieron los siguientes ambientes: GAT, GAM, GBT, GBM, BMT, BMM, BBT, BBM, LST y LSM. Los animales fueron agrupados en tres grupos raciales: Cebuinos (Cebú, Brahman + Cebú),  $\leq 50\%$  Europeos (con sangre Europea igual o menor al 50% de Holstein o Pardo Suizo) y  $> 50\%$  Europeos (con sangre Europea mayor al 50% de Holstein o Pardo Suizo). Los parámetros de estabilidad fueron estimados con la metodología de Eberhart y Russell (1966). Los ambientes GAT y GAM fueron los más adversos para la producción de leche y los ambientes LSM y BBM, los más favorables. El grupo racial  $> 50\%$  Europeo fue el mejor adaptado a los diez ambientes en estudio ( $b = 1$ ), en términos de producción de leche por lactancia, que los otros dos grupos. El grupo racial  $\leq 50\%$  Europeo se adaptó mejor a los ambientes con sistema tradicional o menos favorables ( $b < 1$ ). El grupo racial Cebuino obtuvo mayor productividad en ambientes con sistema mejorado o más favorables ( $b > 1$ ). De este estudio se concluye que existe una marcada interrelación entre los grupos raciales doble propósito y el medio ambiente donde están interactuando.

## STABILITY PARAMETERS OF GENETIC GROUPS IN DUAL PURPOSE SYSTEM IN CHIRIQUI AND LOS SANTOS, PANAMA.

The set of data for the present study came from the IDIAP-IDRC Project (1983-1989) with the purpose of studying the genetic stability in terms of total milk yield of three genetic groups within the dual purpose system. Seventeen farms were selected and distributed in five ecosystems of Chiriquí and Los Santos (GA, GB, BM, BB and LS). Each farm was monitored during the traditional system study (T) and the improved system study (M). Based on these studies were defined the following environments: GAT, GAM, GBT, GBM, BMT, BMM, BBT, BBM, LST and LSM. Cows were grouped into three genetic groups: Cebuinos (Zebu, Brahman + Zebu),  $\leq 50\%$  European (with European blood equal or less than 50% of Holstein or Brown Swiss) and  $> 50\%$  European (with European blood more than 50% of Holstein or Brown Swiss). Stability parameters were estimated from Eberhart and Russell (1966) methodology. GAT and GAM environments were the most adverse for milk production but LSM and BBM environments were the most favourable. The genetic group  $> 50\%$  European was the best adapted to the ten environments in study ( $b = 1$ ), in terms of milk yield per lactation, than the other genetic groups. The  $> 50\%$  European genetic group was best adapted to the environment with traditional system or less favourable ( $b < 1$ ). The genetic group

---

<sup>1</sup>Ing. Agr.; M.Sc. Mejoramiento Genético. Estación Experimental Agropecuaria de Gualaca. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

was best adapted to the environment with traditional system or less favourable ( $b < 1$ ). The genetic group Cebuino had the highest productivity in environment with improved system or more favourable ( $b > 1$ ). From this study, it is concluded that exists high interactionship between dual purpose genetic groups and the environment in which they are interacting.

## INTRODUCCION

La interacción genotipo-ambiente es definida por Dickerson (1977) como cualquier cambio en el comportamiento entre una serie de genotipos causada por un cambio en el ambiente de producción-mercado.

Un genotipo debe producir bien, tanto en un área de selección inicial, como también debe mantener un alto nivel de producción en muchos ambientes, dentro de su área entendida de adaptación (Weaver y col., 1983; Wilson, 1974).

Por otra parte, Dickerson (1962) señala que el objetivo general en mejoramiento genético es cambiar el genotipo de una población tan rápidamente como sea posible, de tal forma que mejore su comportamiento productivo bajo las condiciones ambientales, las cuales prevalecen en el presente y en el futuro. Para lograrlo, se requiere predecir el ambiente futuro de la población y basar la selección en el comportamiento, bajo condiciones donde persista la máxima precisión en predecir adaptabilidad a los futuros ambientes.

La existencia de variaciones ambientales no permite al investigador dar recomendaciones de los genotipos sobre la base de los datos obtenidos en un solo ambiente. Por lo que es indispensable medir la estabilidad fenotípica de los genotipos bajo un amplio rango de condiciones ecológicas. Esto permitirá seleccionar genotipos estables que interactúen menos con los ambientes en donde se les va a

recomendar. Comstock y Moll (1963) demostraron estadísticamente el efecto que tiene una alta interacción genotipo-ambiente en reducir el progreso atribuido a 'a selección.

Esta temática ha guiado a varios investigadores a desarrollar procedimientos metodológicos para investigar su naturaleza. La estratificación de ambientes fue usada por Sprague y Federer (1951) para reducir la interacción genotipo-ambiente. Sin embargo, aún con el refinamiento de esta técnica, la magnitud de la interacción de genotipos con localidades en una subregión, frecuentemente permanece muy grande (Allard y Bradshaw, 1964).

Finlay y Wilkinson (1963) propusieron usar el coeficiente de regresión de los genotipos sobre los ambientes como parámetros para estudiar la estabilidad de variedades de cebada en diferentes ambientes. Adicional a esto, Eberhart y Russell (1966) añadieron a este concepto, otros dos parámetros, como el promedio de la característica y la desviación de la regresión de los genotipos sobre los ambientes.

Por otra parte, Perkins y Jinks (1966); Freeman y Perkins (1971); y Amézquita y Franco (1990) han hecho algunas objeciones estadísticas al uso del análisis de regresión, especialmente relacionada con la medida del medio ambiente. Según estos autores, ésta debería ser independiente de los valores fenotípicos para un análisis válido de regresión, y propusieron algunas medidas más adecuadas al ambiente. Sin embargo, Fripp y Catlen (1971)

utilizando el método de regresión, compararon los índices dependientes versus independientes, del material a evaluar, y concluyeron que ambos métodos dan respuestas similares. Esta es la razón por la cual, investigadores como Díaz y Torregrosa (1979); Weaver y col., (1983); Urriola y col., (1988); y Córdova (1991) han persistido en utilizar la metodología de Eberhart y Russell (1966).

La información sobre parámetros de estabilidad de grupos raciales predominantes en sistemas doble propósito es escasa, y el presente trabajo tuvo como objetivo cuantificarlos sobre la base de 10 ambientes diferentes utilizando la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966).

## MATERIALES Y METODOS

Los datos utilizados en este estudio (Cuadro 1) fueron facilitados por el Proyecto "Estudio del Sistema de Producción Doble Propósito (leche y carne) en Pequeñas y Medianas Fincas de Panamá (CIID-IDIAP)" durante el período 1983 - 89. Detalles metodológicos del proyecto han sido reportados por De Gracia (1991); Guerra (1991 ab); y Quiel y Quirós (1988).

Un total de 17 fincas distribuidas en cinco ecosistemas fueron seleccionadas para el Proyecto, mediante la técnica estadística del análisis discriminante; se demostró la diferenciación de estas cinco zonas ecológicas de producción ganadera doble propósito (Quirós y col., 1989). Las características agroambientales para cada ecosistema han sido detalladas previamente por Guerra (1991) y se presentan en el Cuadro 1.

El Proyecto IDIAP-CIID contempló el estudio dinámico por dos años (1983-85) del sistema tradicional o EST (estudio del sistema) en todos sus componentes en la forma en que lo administraba el productor, y posterior a la introducción de mejoras tecnológicas al sistema, se procedió al estudio dinámico por tres años (1986-89) del sistema mejorado o ESM (estudio del sistema en todos sus componentes con la introducción de las mejoras tecnológicas).

Las mejoras tecnológicas se basaron en los siguientes aspectos: pastos introducidos para vacas en producción, área segregada para el manejo de terneros con su respectivo pasto introducido, sales minerales y plan sanitario para todo el hato. Mayores detalles de las mejoras tecnológicas se presentan en el Cuadro 2.

Los resultados reportados por Guerra (1991 ab) indicaron que bajo el sistema mejorado (ESM) se produjo un incremento notable en la producción individual de leche debido a la incorporación de las mejoras tecnológicas al sistema de producción, lo que definió la presencia de dos ambientes (Tradicional, T y Mejorado, M) dentro de cada ecosistema (Cuadro 3).

Los animales fueron agrupados en tres grupos raciales de acuerdo a su apariencia fenotípica e información del productor. Las categorías o grupos raciales fueron los siguientes: Cebuños (animales Cebú y/o Brahman y sus cruces);  $\leq 50\%$  Europeo (animales con menos o igual al 50% de sangre europea). Las razas europeas predominantes en los cruces fueron Holstein y Pardo Suizo.

Los parámetros de estabilidad fueron estimados de acuerdo al modelo de regresión de Eberhart y Russell (1966) de sarrollado por Córdova (1981). La regre-

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DE LOS ECOSISTEMAS BAJO ESTUDIO.

| Características    | ECOSISTEMA                                |                                       |                     |                   |                                     |  |            |
|--------------------|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|--|------------|
|                    | GUALACA                                   |                                       |                     | BUGABA            |                                     |  | LOS SANTOS |
|                    | Alto (GA) (2)                             | Bajo (GB) (4)                         | Medio (BM) (3)      | Bajo (BB) (2)     | (LS) (6) <sup>1</sup>               |  |            |
| Altitud (msnm)     | 500-1000                                  | 0-250                                 | 300-700             | 0-270             | 0-20                                |  |            |
| Precipitación (mm) | 2800                                      | 5600                                  | 4280                | 2560              | 1100                                |  |            |
| Temperatura (°C)   | 23  | 25                                    | 23                  | 25                | 28                                  |  |            |
| Meses de sequía    | 4   | 4                                     | 3                   | 3                 | 6                                   |  |            |
| Topografía         | Quebrada                                  | Ondulada                              | Quebrada            | Ondulada          | Plana                               |  |            |
| Pasto predominante | <i>Cynodon sp.</i><br><i>Axonopus sp.</i> | <i>H. rufa</i><br><i>Axonopus sp.</i> | <i>Axonopus sp.</i> | <i>P. maximum</i> | <i>H. rufa</i><br><i>B. pertusa</i> |  |            |
| Suelo              |   |                                       |                     |                   |                                     |  |            |
| - pH               | 5.4                                       | 5.4                                   | 5.4                 | 5.3               | 5.3                                 |  |            |
| - Mat.orgánica (%) | 9.3                                       | 7.6                                   | 14.0                | 16.0              | 3.0                                 |  |            |
| - Fósforo (ppm)    | 5.9                                       | 2.5                                   | 4.7                 | 3.4               | 8.0                                 |  |            |

<sup>1</sup> Número de Fincas

CUADRO 2. Descripción general de las alternativas tecnológicas introducidas como componentes del sistema mejorado.

| CATEGORÍA ANIMAL    | MEJORAS TECNOLÓGICAS  |
|---------------------|---|
| Terneros            | <p>Introducción de pasturas mejoradas<br/>Fertilización<br/>Manejo</p> <p>Calendario Sanitario<br/>Control de endoparásitos<br/>Control de ectoparásitos<br/>Vacunaciones<br/>Suplementación vitamínica</p> <p>Suplementación mineral</p>   |
| Vacas en producción | <p>Introducción de pasturas mejoradas<br/>Fertilización<br/>Manejo</p> <p>Banco de leguminosas<br/>Establecimiento<br/>Fertilización<br/>Manejo</p> <p>Calendario Sanitario<br/>Control de endoparásitos<br/>Control de ectoparásitos<br/>Vacunaciones<br/>Suplementación vitamínica</p> <p>Suplementación mineral</p> <p>Suplementación energético-protéica en la época seca</p> |
| Hato Seco           | <p>Calendario Sanitario<br/>Control de endoparásitos<br/>Control de ectoparásitos<br/>Vacunaciones<br/>Suplementación vitamínica</p> <p>Suplementación mineral</p>  |

CUADRO 3. NÚMERO DE OBSERVACIONES POR GRUPO RACIAL AMBIENTES.

| AMBIENTE                       | GRUPO RACIAL |               |               |      | TOTAL |
|--------------------------------|--------------|---------------|---------------|------|-------|
|                                | CEBUINOS     | ≤ 50% EUROPEO | > 50% EUROPEO |      |       |
| Gualaca Alto Tradicional (GAT) | 7            | 9             | 61            | 77   |       |
| Gualaca Alto Mejorado (GAM)    | 11           | 32            | 143           | 186  |       |
| Gualaca Bajo Tradicional (GBT) | 42           | 25            | 62            | 129  |       |
| Gualaca Bajo Mejorado (GBM)    | 62           | 33            | 50            | 145  |       |
| Bugaba Medio Tradicional (BMT) | 10           | 7             | 73            | 90   |       |
| Bugaba Medio Mejorado (BMM)    | 4            | 23            | 110           | 137  |       |
| Bugaba Bajo Tradicional (BBT)  | 22           | 8             | 176           | 206  |       |
| Bugaba Bajo Mejorado (BBM)     | 18           | 12            | 259           | 289  |       |
| Los Santos Tradicional (LST)   | 63           | 42            | 33            | 138  |       |
| Los Santos Mejorado (LSM)      | 102          | 155           | 184           | 441  |       |
| TOTAL                          | 341          | 346           | 1151          | 1838 |       |

sión de cada grupo racial en un índice ambiental y una función de las desviaciones cuadradas de esta regresión proveen estimados de los deseados parámetros de estabilidad.

El modelo de regresión propuesto es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i l_j + \delta_{ij} \quad (1)$$

en donde  $Y_{ij}$  es la media del  $i$ -ésimo grupo racial en el  $j$ -ésimo ambiente ( $i=1, 2, \dots, q$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ );  $\mu$  es la media del  $i$ -ésimo grupo racial sobre todos los ambientes;  $\beta_i$  es el coeficiente de regresión lineal que mide la respuesta del  $i$ -ésimo grupo racial a los ambientes variantes;  $\delta_{ij}$  es la desviación de la regresión del  $i$ -ésimo grupo racial en el  $j$ -ésimo ambiente e  $l_j$  es el índice ambiental obtenido como la medida de todos los grupos raciales en el  $j$ -ésimo ambiente menos la gran media.

$$\begin{aligned} l_j &= (\sum_i Y_{ij}/q) - (\sum_i \sum_i Y_{ij}/qn), \\ \sum_j l_j &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

El principal parámetro de estabilidad es el coeficiente de regresión estimado en la manera usual:

$$b_i = \sum_j Y_{ij} l_j / \sum_j l_j^2 \quad (3)$$

Se usó el modelo fijo para el análisis de varianzas:

$$Y_{ijk} = \mu + GR_i + A_j + (GR \cdot A)_{ij} + e_{ijk} \quad (4)$$

donde:

$Y_{ijk}$  = es la  $k$ -ésima observación del  $i$ -ésimo grupo racial en el  $j$ -ésimo ambiente.

$\mu$  = es la media poblacional

$GR_i$  = es el efecto de los grupos raciales ( $i=1, 2, \dots, q$ )

$A_j$  = es el efecto del ambiente ( $j=1, 2, \dots, n$ )

$(GR \cdot A)_{ij}$  = es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo grupo racial en el  $j$ -ésimo ambiente.

$e_{ijk}$  = es la desviación del modelo de la  $k$ -ésima observación del  $i$ -ésimo grupo racial en el  $j$ -ésimo ambiente.

Con este modelo, la suma de cuadrados debido al ambiente ( $A_j$ ) y la interacción grupo racial \* ambiente ( $GR \cdot A$ ) son divididos en los efectos de ambiente lineal ( $L$ ), la interacción grupo racial por ambiente lineal [ $GR \cdot L$ ] y desviación de la regresión ( $\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$ ), quedando el modelo así:

$$Y_{ijk} = \mu + GR_i + L_j + (GR \cdot L)_{ij} + \delta_{ij}^2 + e_{ijk} \quad (5)$$

donde  $e_{ijk}$  es el error conjunto.

El comportamiento de cada grupo racial puede ser predicho al usar los parámetros estimados con la fórmula:

$$Y_{ij} = X_i + b_i l_j \quad (6)$$

donde  $X_i$  es un estimado de  $\mu_i$ . Las desviaciones [ $\delta_{ij} = (Y_{ij} - Y_{ij})$ ] pueden ser elevadas al cuadrado y sumadas para obtener un estimado de otro parámetro de estabilidad ( $S^2 d$ ):

$$S^2 d = [\sum_j \delta_{ij}^2 / (n-2)] - S^2 e / r \quad (7)$$

donde  $S^2 e / r$  es el estimado del error conjunto (o la sumatoria de las varianzas de los

análisis para todos los grupos raciales en cada uno de los ambientes), y:

$$\Sigma \delta^2_{ij} = \frac{[\Sigma Y_{ij}^2 - Y_i^2/n] - (\Sigma Y_{ij}^2)^2 / \Sigma I_i^2}{(n-1)(q-1)} \quad (8)$$

En la Ecuación 7, r fue estimada de acuerdo a Steel y Torrie (1984) de la siguiente manera:

$$r = (\Sigma r_i - \Sigma r^2 / \Sigma r_i) [1 / (n-1)(q-1)] \quad (9)$$

donde (n-1)(q-1) son los grados de libertad de interacción GR\*A y r<sub>i</sub> el número de réplicas por grupo racial dentro de ambiente.

La significancia de las diferencias entre grupos raciales se determinó a través de la hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_v$$

y probó aproximadamente por la prueba F

$$F \approx CM1/CM3 \quad (10)$$

donde CM1 es el cuadrado medio del efecto de grupos raciales y CM3 es el cuadrado medio de las desviaciones agrupadas.

La hipótesis de que no hay diferencias genéticas entre grupos raciales para su regresión en el índice ambiental:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_q$$

también puede ser probada aproximadamente por la prueba F,

$$F \approx CM2/CM3 \quad (11)$$

donde CM2 es el cuadrado medio de la interacción lineal de GR\*L (Grupo Racial x Ambiente Lineal).

Una prueba aproximada de las desviaciones de la regresión para cada grupo racial puede ser obtenido así:

$$F \approx \frac{[\Sigma \delta^2_{ij} / (n-2)]}{\text{cuadrado medio del error conjunto}} \quad (12)$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 4 presenta los resultados del análisis combinado de varianza para la producción de leche con transformación logarítmica.

Los efectos de ambiente (A) y Grupos Raciales (GR) sobre la producción de leche por lactancia fueron altamente significativos (P<0.001), mientras que su interacción alcanzó un nivel de significancia de P<0.01. El coeficiente de variación de este análisis fue de 22% el cual se considera bastante aceptable para esta clase de estudio.

En base a la alta significancia de la interacción ambiente con grupo racial, se procedió a efectuar el análisis en base al modelo de Eberhart y Russell (1966).

Los resultados de este análisis se detallan en el Cuadro 5. El efecto de los grupos raciales (GR) sobre la producción de leche por lactancia fue altamente significativo (P<0.01) y mucho más significativo (P<0.001) cuando interactuó con el ambiente lineal (L), demostrándose que hay diferencias genéticas entre los grupos raciales con respecto a su regresión en el índice ambiental. Además, ninguna de las desviaciones de la regresión para cada grupo racial mostró significancia alguna (P>0.05).

CUADRO 4. ANÁLISIS COMBINADO DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN DE LECHE (LITROS) POR LACTANCIA CON TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA.

| FUENTE DE VARIACION  | GALON | CUADRADOS MEDIOS |
|----------------------|-------|------------------|
| Ambiente (A)         | 9     | 6.05***          |
| Grupos Raciales (GR) | 2     | 7.39***          |
| GR*A                 | 18    | 0.93**           |
| ERROR                | 1808  | 0.51             |

C.V. 22%

\*\*\* P < .001

\*\* P < .02

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA (OBSERVACIÓN/1000).

| FUENTE DE VARIACIÓN | g.l. | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADOS MEDIOS         |
|---------------------|------|-------------------|--------------------------|
| Total               | 29   | 1.39647           | --                       |
| Grupo Racial (GR)   | 2    | .28398            | .14199** CM1             |
| Ambiente (A)        | 9    | .84392            | --                       |
| GR*A                | 18   | .26857            | --                       |
| Ambiente Lineal (L) | 1    | .09079            | --                       |
| L*GR                | 2    | .78228            | .39114***CM2             |
| Desv. Agrupado      | 24   | .23942            | .00994 <sup>NS</sup> CM3 |
| Cebufnos            | 8    | .08155            | .01019 <sup>NS</sup>     |
| ≤ 50% Europeo       | 8    | .07523            | .00940 <sup>NS</sup>     |
| > 50% Europeo       | 8    | .08264            | .01033 <sup>NS</sup>     |
| ERROR CONJUNTO      | 1808 | 462.514           | .25581                   |

NS. = NO SIGNIFICATIVO

\*\* = P < .01

\*\*\* = P < .001

El Cuadro 6 presenta los promedios de producción de leche de los tres grupos raciales en cada uno de los 10 ambientes. Los promedios de producción variaron de 293 litros por lactancia, del grupo Cebuino en Gualaca Alto Tradicional (GAT), a 1179 litros por lactancia, del grupo >50% Europeo en los Santos Mejorado (LSM). En base al promedio por grupo racial, los animales del grupo >50% Europeo obtuvieron las producciones más altas, con 990 litros por lactancia, seguido por los grupos  $\leq$  50% Europeos y Cebuinos con producciones de 818 y 761 litros por lactancia, respectivamente.

Este comportamiento superior del grupo >50% Europeo fue anteriormente reportado por Guerra (1991 ab) destacando el gran potencial productivo de estos animales en los cinco ecosistemas donde se desarrolló el Proyecto IDIAP-CIID.

Considerando los ambientes, Los Santos Mejorado (LSM) provee un ambiente favorable para la producción de leche con rendimiento de 1095 litros por lactancia para los tres grupos raciales estudiados. En este mismo aspecto, los ambientes de Bugaba Bajo Mejorado (BBM) y Gualaca Bajo Mejorado (GBM) obtuvieron producciones de 1091 y 1005 litros por lactancia, respectivamente.

Los ambientes menos productivos resultaron ser Gualaca Alto Tradicional (GAT) y Gualaca Alto Mejorado (GAM) con 567 y 707 litros por lactancia, respectivamente.

El cálculo del error conjunto en los grupos raciales en cada ambiente se presenta en el Cuadro 7. La varianza más alta o máxima variabilidad fue encontrada en el ambiente de Los Santos Mejorado (LSM) y la mínima variabilidad la

manifestó el ambiente de Gualaca Alto Tradicional, ambiente en donde se encontraron la más alta y más baja producción promedio de leche por lactancia, respectivamente.

Los coeficientes de regresión miden el comportamiento del grupo racial en los diferentes ambientes, y se presentan en el Cuadro 8; tres grupos raciales estudiados fueron estadísticamente diferentes a la unidad ( $P < 0.01$ ). El grupo racial >50% Europeo resultó muy cercano a la unidad ( $b_i = 0.9845$ ), mientras que los grupos cebuinos y  $\leq$ 50% Europeo resultaron con  $b_i$  superior ( $b_i = 1.3246$ ) e inferior ( $b_i = 0.6916$ ) a la unidad, respectivamente.

Los valores de la desviación de la regresión ( $s^2_d$ ) para los grupos >50% Europeo,  $\leq$ 50% Europeo y Cebuino fueron 0.006, 0.0057 y 0.00586, respectivamente resultando todos superiores a la unidad.

La interpretación de los parámetros de estabilidad, de acuerdo a lo propuesto por Carballo y Márquez (1970), y Márquez y Córdova (1977) citado por Córdova (1981), indica que el grupo cebuino, cuyo coeficiente de regresión y desviación de la regresión es mayor a la unidad y mayor que cero, respectivamente, es supersensible a cambios en el ambiente productivo, encontrándose mayor respuesta en ambientes mejorados. Esto concuerda con los resultados de Guerra (1991a), en donde el Cebuino mostró una respuesta más marcada al cambio en el nivel tecnológico con un incremento de 34% en la producción total de leche por lactancia. Respuestas aún mayores han sido reportadas (Vaccaro, 1987) en donde la producción diaria se incrementó en un 425% en ganado Cebú cuando la alimentación y manejo se mejoraron marcadamente. Por lo contrario, el grupo  $\leq$ 50% Europeo obtuvo un coeficiente de regresión menor a la unidad, pero la desviación de la regresión fue mayor que

CUADRO 6 PRODUCCIÓN DE LECHE POR LACTANCIA (LITROS) PROMEDIO POR GRUPO RACIAL Y AMBIENTE.

| MEDIO-AMBIENTE           | CEBU   | GRUPO RACIAL |              | PROMEDIO | INDICE AMBIENTAL |
|--------------------------|--------|--------------|--------------|----------|------------------|
|                          |        | ≤50% EUROPEO | >50% EUROPEO |          |                  |
| Gualaca Alto Tradicional | 292.7  | 610.4        | 798.0        | 567.0    | -290.0           |
| Gualaca Alto Mejorado    | 663.1  | 697.3        | 790.8        | 707.1    | -149.4           |
| Gualaca Bajo Tradicional | 660.8  | 871.9        | 787.5        | 773.4    | -83.6            |
| Gualaca Bajo Mejorado    | 831.0  | 1007.2       | 1175.9       | 1004.7   | 147.7            |
| Bugaba Medio Tradicional | 568.8  | 733.1        | 875.0        | 725.6    | -131.4           |
| Bugaba Medio Mejorado    | 938.8  | 716.9        | 1290.4       | 982.0    | 125.0            |
| Bugaba Bajo Tradicional  | 758.2  | 952.3        | 1103.0       | 937.8    | 80.8             |
| Bugaba Bajo Mejorado     | 1134.0 | 901.4        | 1086.4       | 1040.6   | 183.6            |
| Los Santos Tradicional   | 709.3  | 669.2        | 813.1        | 730.5    | -126.5           |
| Los Santos Mejorado      | 1082.1 | 1024.7       | 1179.3       | 1095.4   | 238.4            |
| Promedio                 | 760.9  | 818.4        | 989.9        | 856.4    |                  |

CUADRO 7. CÁLCULO DEL ERROR CONJUNTO (OBSERVACIONES/1000).

| AMBIENTE                 | g.I.E | S.C.E.  |
|--------------------------|-------|---------|
| Gualaca Alto Tradicional | 74    | 13.736  |
| Gualaca Alto Mejorado    | 183   | 33.173  |
| Gualaca Bajo Tradicional | 126   | 23.879  |
| Gualaca Bajo Mejorado    | 142   | 39.841  |
| Bugaba Medio Tradicional | 87    | 19.985  |
| Bugaba Medio Mejorado    | 134   | 31.776  |
| Bugaba Bajo Tradicional  | 203   | 63.341  |
| Bugaba Bajo Mejorado     | 286   | 93.186  |
| Los Santos Tradicional   | 135   | 16.993  |
| Los Santos Mejorado      | 438   | 126.604 |
| Total (Error Conjunto)   | 1808  | 462.514 |

CUADRO 8. PARÁMETROS DE ESTABILIDAD EN LOS TRES GRUPOS RACIALES.

| GRUPOS RACIALES | PARAMETROS |            |
|-----------------|------------|------------|
|                 | $B_1$      | $S^2_{di}$ |
| Cebuinos        | 1.3246     | 0.00586    |
| ≤ 50% Europeo   | 0.6916     | 0.00507    |
| > 50% Europeo   | 0.9845     | 0.00600    |

cero, considerándose como animales sub-sensibles a cambios en el ambiente productivo y que tienden a responder mejor en ambientes desfavorables.

Como grupo sensible a cambios en el ambiente productivo y de alta respuesta en todos los ambientes estudiados resultó el >50% Europeo, debido al valor casi unitario del coeficiente de regresión y su valor mayor que cero de la desviación de la regresión. Esta mayor respuesta en todos los ambientes ha sido reportada también por Guerra (1991a), en donde las más altas producciones de leche fueron obtenidas por estos animales (>50% Europeos) en los cinco ecosistemas, y en ambos niveles tecnológicos estudiados (tradicional y mejorado).

La relación entre la producción de leche y el coeficiente de regresión de los tres grupos raciales se muestran en la Figura 1. De acuerdo a Eberhart y Russell (1966), el genotipo deseado debe presentar una media de producción mayor que la media general ( $\bar{X}_i > \bar{X}$ ), un coeficiente de regresión muy cercano a la unidad ( $b_{i1} \approx 1$ ) y una desviación de la regresión tan pequeña como sea posible, preferiblemente  $s^2_{e_i} = 0$ .

En base a estos criterios, los animales del grupo >50% Europeo se clasifican entre los más estables en los 10 ambientes incluidos.

La línea de regresión de la producción de leche en los índices ambientales de los tres grupos raciales se muestra en la Figura 2, en donde se resalta la mayor estabilidad y producción del grupo >50% Europeo en todos los ambientes incluidos en el estudio. Igualmente, se muestra cómo el grupo cebuino responde mejor en ambientes mejorados, como aquéllos con índices de 147.7 (Gualaca Bajo Mejorado), 183.6 (Bugaba Bajo Mejorado) y 238.4

(Los Santos Mejorado). Por otra parte, el grupo  $\leq 50\%$  Europeo responde mejor a los ambientes, en su mayoría desfavorables, con índices ambientales tales como -290.0 (Gualaca Alto Tradicional); -149.4 (Gualaca Alto Mejorado); -131.4 (Bugaba Medio Tradicional); -126.5 (Los Santos Tradicional), y -83.6 (Gualaca Bajo Tradicional).

Las ecuaciones de predicción del comportamiento de cada grupo racial, con respecto al índice ambiental fueron:

Cebuino:

$$Y = 761.6 + 1.3246I, R^2 = 0.88$$

$\leq 50\%$  Europeo:

$$Y = 818.8 + 0.6916I, R^2 = 0.66$$

>50% Europeo:

$$Y = 990.5 + 0.9845I, R^2 = 0.79$$

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se derivan las siguientes conclusiones:

1. Existen diferencias genéticas entre los grupos raciales dentro y entre los ambientes donde interactuaron.
2. El grupo Cebuino es supersensible a cambios en el ambiente productivo, mostrando mayor respuesta en ambientes mejorados como: Gualaca Bajo Mejorado, Bugaba Bajo Mejorado y Los Santos Mejorado.
3. El grupo  $\leq 50\%$  Europeo es sub-

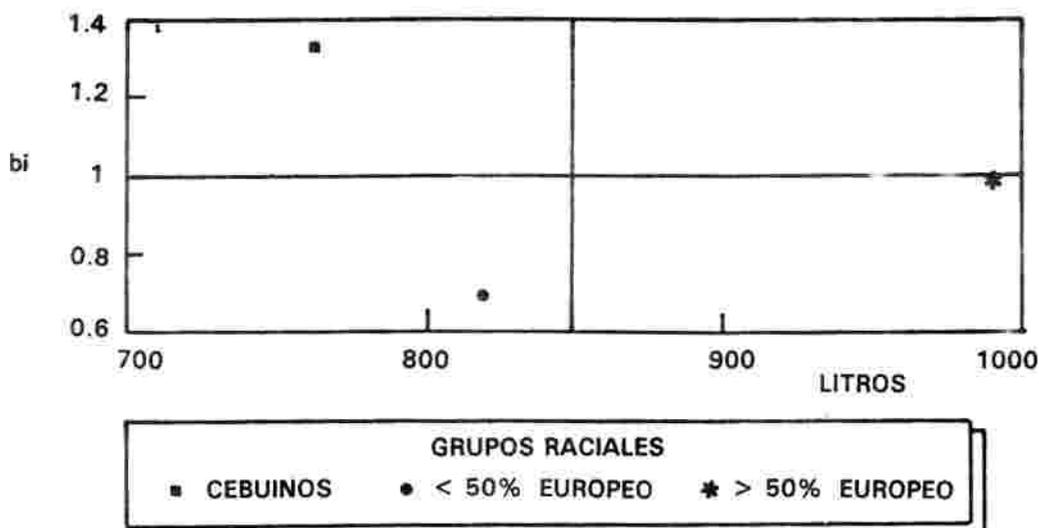


FIGURA 1. Relación entre la producción de leche y el coeficiente de regresión.

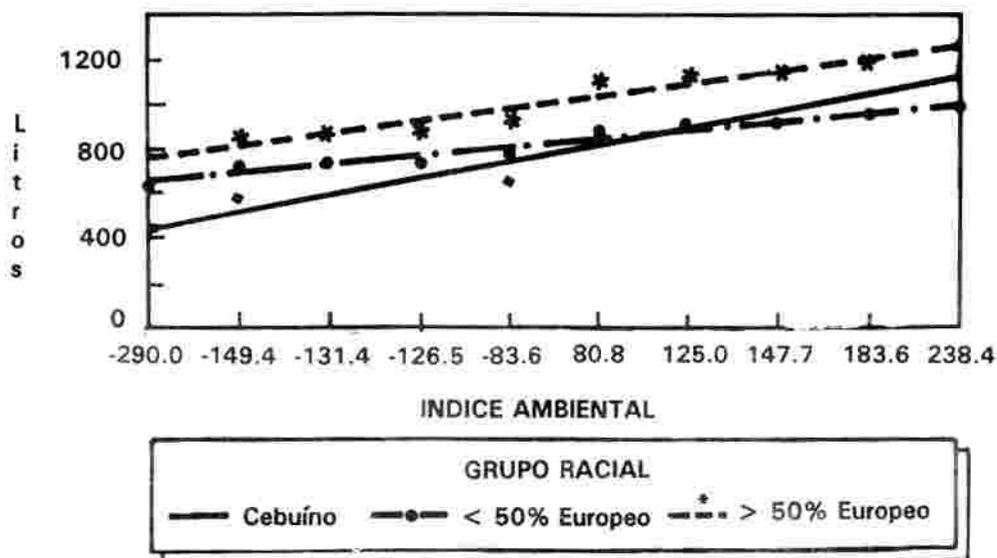


FIGURA 2. Regresión de la producción de leche en el índice ambiental.

sensible a cambios en el ambiente productivo y muestra mayor respuesta en ambientes desfavorables. La mayor respuesta se presentó en los ambientes de Gualaca Alto Tradicional, Gualaca Alto Mejorado, Bugaba Medio Tradicional, Los Santos Tradicional y Gualaca Bajo Tradicional.

4. El grupo > 50% Europeo es sensible a cambios en el ambiente productivo y fue el de mayor respuesta en todos los ambientes considerados.

5. En base al promedio de producción en leche por lactancia, al coeficiente de regresión y a la desviación de la regresión, el grupo > 50% Europeo es el más estable en los 10 ambientes estudiados.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. 1964. Implications of genotype environment interactions in applied plant breeding. *Crop Science* (EE.UU.) 4:503-507.

AMÉZQUITA, M.C.; FRANCO, M.A. 1990. Utilización de información de ensayos multilocacionales de evaluación de germoplasma. Organización de base de datos. In Puignau, J.P. (ed). *Diálogo XXVIII*. Introducción, Conservación y Evaluación de Germoplasma Forrajero en el Cono Sur. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. PROCISOR. IICA, Montevideo, Uruguay. p.337-354.

CARBALLO, C.A.; MÁRQUEZ, S.P. 1970. Comparación de variedades de

maíz de El Bajío y La Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *AgroCiencias (Méx.)* 5:129-146.

COMSTOCK, R.E.; MOLL, R.H. 1963. Genotype-environment interactions. In *Statistical genetics and plant breeding*. p.164-196. NAS-NRC. Pub. 982. Washington, D.C., USA.

CÓRDOVA, H.S. 1981. Metodología de análisis de experimentos en serie. In *Guía Técnica para la investigación Agrícola*. Capt. V. p.1-19. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). Sector Público. Guatemala, Guatemala, C.A.

\_\_\_\_\_. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. *Agronomía Mesoamericana* (Guat.) 2:1-10.

DE GRACIA, M. 1991. Estudio del sistema de producción doble Propósito en Panamá. *Revista Turrialba* (C.R.) 41(1):108-120.

DÍAZ, C.; TORREGROZA, M. 1979. Respuesta ambiental de seis variedades de maíz en clima frío. *Revista ICA* (Col.) 14:129-140.

DICKERSON, G.E. 1962. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. *Animal Production* (Ing.) 4:47-63.

\_\_\_\_\_. 1977. Genetic-environmental interaction. Background information. In *Proceeding Joint*

- Annual Meeting of NC-1, S-10 and WRCC-1 Beef Cattle Breeding Technical Committees, Technical Report. Texas A & M University, College Station, Texas, USA. 2p.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science (EE.UU.)* 6:36-40.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research (Austr.)* 14:742-754.
- FREEMAN, G.H.; PERKINS, J.M. 1971. Environmental and genotype environmental components of variability. VIII. Relation between genotypes grown in different environments and measure of these environments. *Heredity (EE.UU.)* 27:15-23.
- FRIPP, J.J.; CATLEN, G.E. 1971. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. 1. Analysis and character. *Heredity (EE.UU.)* 27:393-407.
- GUERRA M., P. 1991a. Potencial para la producción de leche de animales cruzados en sistemas doble propósito de Panamá. *Revista Turrialba (C.R.)* 41 (1):96-107.
- \_\_\_\_\_. 1991b. Grupos raciales y su importancia en la producción de leche en sistemas de doble propósito. In: *La Ganadería de Doble Propósito y sus Perspectivas*. 1er Congreso Nacional de la Asociación Nacional de Ganaderos. 30p. Santiago, Veraguas, Panamá.
- PERKINS, J.M.; JINKS, J.L. 1966. Environmental and genotype components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity (EE.UU.)* 23:339-356.
- QUIEL, J.; QUIRÓS, R. 1988. Sistema de producción de bovinos doble propósito en Panamá. In: Ruiz, M.E.; VARGAS, A. Informe de la VIII Reunión General RISPAL/IICA. p.55-64. Guatemala, Guatemala.
- QUIRÓS, R.; AMEZQUITA, M.C.; GUERRA, P.; QUIEL, J. 1989. Utilización de la información generada a través de la investigación en sistemas de producción animal. In: Gastal, E; Puignan, J.P.; Tonina, T. (eds). *Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Enfoque de hoy y perspectiva para el futuro*. p.103-113. Diálogo XXVII PROCISOR-IICA. Programa Cooperativo para el Desarrollo Agropecuario del Cono Sur. Colonia, Uruguay.
- SPRAGUE, G.F.; FEDERER, W.T. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials: II Error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agronomy Journal (EE.UU.)* 4:503-507.
- URRIOLA, D.M.; ORTEGA, C.M.; ARGEL, P.J.; MARTÍNEZ, L; GONZÁLEZ, A. 1988. Estudio agronómico de 21 ecotipos de *Brachiaria*. I. Adaptación y rendimiento de forraje. In: Pizarro, E.A. (ed). 1a Reunión de la RIEPT-CAC. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.

INIFAP-CIAT. Veracruz, México.  
p.273-280.

VACCARO, L. de. 1987. Predomina el  
doble propósito. Carta Ganadera  
(Col.) 24:5-7.

WEAVER, D.B.; THURLOW, D.L.;  
PATTERSON, R.M. 1983.  
Stability parameters of soybean  
cultivars in maturity groups VI, VII  
and VIII. Crop Science (EE.UU.)  
23:569-571.