

Modelo de regresión para es los componentes genéticos aditivos en vacas mestizas lecheras

REGRESSION MODEL TO ESTIMATE ADDITIVE GENETIC COMPONENT CROSSBREED COWS.

EDMUNDO J. RINCON U.¹

¹. Profesor Titular I.I.A. Postgrado de Producción Animal. Apartado 15205. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo.

RESUMEN

Se estudiaron los registros de producción de leche en la finca "La Esperanza" (n=566, 1977-1983); con finalidad de evaluar una técnica de análisis que permitiera estimar el efecto genético directo aditivo de las diferentes razas involucradas en las cruces de dicha finca. Se realizaron análisis de varianza-covarianza por el método de los cuadrados mínimos considerando dos modelos: Modelo 1, el cual incluye los efectos del año de parto, la época de parto, el número de partos, los grupos raciales, las, interacciones de ellos y el efecto lineal del período vacío. En el Modelo 2 se incluyeron los mismos efectos señalados anteriormente, excepto el componente fijo de cruces o grupos raciales fue considerado como la regresión lineal del efecto genético directo aditivo de las diferentes razas. Los resultados basados sobre el efecto fijo de grupos raciales señalaron que los cruces con 50% o más de predominancia de Holstein y Pardo Suizo, superaron significativamente ($P<0.05$) a los cruces con predominancia Brahman en 69 y 28 días, 1016 y 777 Kg de leche y 484 y 386 Kg de leche, para la duración de la lactancia, la producción total de leche y la producción de leche corregida a 305 días, respectivamente. Los cruces con predominancia de raza Holstein superaron significativamente ($P<0.05$) a los cruces con predominancia Pardo Suizo en 532 y 591 Kg de leche, para la producción total de leche y la producción corregida a 305 días, respectivamente. Los resultados en la finca "La Esperanza" sobre la base del análisis del modelo de regresión lineal para estimar los componentes genéticos directos aditivos, señalan para la duración de la lactancia que la contribución del 100% del efecto aditivo de las razas Pardo Suizo, Holstein e Indefinido superaron significativamente ($P< 0.05$) a la raza Brahman en 85.0, 143.2 y 48.5 días;, respectivamente. Para la producción total de leche y la producción corregida a 305 días dicha contribución fue de 1267.6 y 850.1 Kg ($P< 0.01$); 2052.8 y 1615.6 Kg ($P< 0.01$) y 436.4 y 209.3 Kg ($P< 0.05$), respectivamente. Al comparar los análisis de los modelos de grupos raciales; (Modelo 1) y los de la regresión lineal para estimar los componentes genéticos directos aditivos (Modelo 2), los resultados señalaron que la reducción debida a los efectos genéticos no aditivos resultó ser significativa ($P<0.05$).

Palabras claves: Regresión, componentes genéticos, aditivos, mestizas y lecheras.

ABSTRACT

Milk production records of "La Esperanza" farm (n= 566, 1977-1983) were subjected to linear regression analysis to estimate the

additive direct genetic effect of the different breeds crosses involved in that farm. Analysis of variance-covariance by the least squares method considered two models: Model 1 included the effects of calving year, calving season, number of Calvin's, breed groups, and all possible interactions and the linear regression of open days. Model 2 included, the same effects except that breed group as a fixed component, was considered to be the linear regression of the additive direct genetic effect for the different breeds. Results based on breed group as a fixed effect indicated that crosses with 50% or higher inheritance of Holstein and Brown Swiss performed significantly better ($P < 0.05$) to Brahman crosses. Corresponding advantage in 69 and 28 days, 1016 and 777 Kg of milk and 484 and 386 Kg of milk for lactation length, milk yield and 305 days milk production; were detected. Holsteins crossbred yielded higher ($P < 0.05$) than Brown Swiss crossbred in 532 and 591 Kg for milk and 305 days milk production. Data analysis based on the linear regression model indicated that in "La Esperanza" farm the contribution of 100% of additive direct genetic effect on lactation length on Brown Swiss, Holstein and indeterminate breed was significantly higher ($P < 0.05$) than Brahman breed in 85.0, 143.2 and 48.5 days, respectively. For milk yield and 305 days milk production, this contribution reached 267.6 and 850.1 Kg ($P < 0.01$), 2052.8 and 1615.6 Kg ($P < 0.05$) and 4366.4 and 209.3 Kg, ($P < 0.05$) respectively. Comparing the analysis of breed group models (Model 1) and the linear regression to estimate direct genetic additive components (Model 2), the results indicate that reduction due to non additive genetic effects, were significant ($P < 0.05$)

Key words: Regression, additive genetic, milk, crossbred cows

INTRODUCCION

El desarrollo de un tipo de animal lechero, capaz de ser buen productor de leche y al mismo tiempo tener una excelente habilidad para adaptarse a las condiciones inclementes de los trópicos, representa el principal problema de la ganadería de esta zona.

Durante las últimas décadas, las explotaciones lecheras en las zonas tropicales, en su afán por mejorar la calidad de sus rebaños, han venido realizando una serie de cruzamientos entre las razas europeas (Holstein y Pardo Suizo) y las razas cebuínas o nativas, tratando de combinar las bondades del alto potencial genético para producir leche que ofrecen las primeras, con la excelente adaptabilidad a las condiciones desfavorables del trópico, de las segundas, originando un ganado de leche, que comúnmente conocemos como mestizo, el cual carece de uniformidad, en lo referente a su color, tamaño, tipo, capacidad productiva y reproductiva.

En Venezuela normalmente estos cruces se han realizado en forma alterna, procurando mantener un tipo de animal, el cual en la primera generación (F1), presente un genotipo más o menos equilibrado entre las razas europeas y las cebuínas y/o las nativas.

Hasta la pasada década, la metodología utilizada para evaluar el comportamiento productivo de los cruces de diferentes razas lecheras, tanto en las zonas templadas como en el trópico, se realizó exclusivamente, mediante modelos estadísticos, los cuales incluyeron los efectos fijos ambientales, de manejo y el tipo o grupo racial, representando este último la fracción o componente genético: efectos directos aditivos de las razas, heterocigosis e interacción no alélica (epistasia, dominancia, sobredominancia y otros) y el efecto directo aditivo maternal.

Ahora bien, dado que el interés debe centrarse primordialmente en cuanto mayor o menor cantidad de leche esperamos obtener a las nuevas generaciones, al introducir genes de una u otra raza en proporciones iguales o diferentes, sería conveniente desarrollar nuevas técnicas, las cuales nos permitan cuantificar la contribución aditiva de cada uno de los componentes de su genotipo.

En tal sentido, los objetivos de la presente investigación, están orientados a:

1. Probar un modelo de regresión lineal aditivo que permita estimar la cantidad de aumento o disminución en la producción de leche, al cruzar dos o más razas puras o tipos raciales basados en el programa de apareamientos utilizados en el Sistema de Producción tipo Perijá.
2. Cuantificar la magnitud e importancia del efecto genético directo aditivo de las diferentes razas o tipos raciales presentes en el plan de cruzamiento de la finca "La Esperanza".
3. Estudiar la presencia o la ausencia, en el cruce de dos o más razas o tipos raciales, de otros componentes genéticos diferentes a los efectos genéticos aditivos, tales como: heterosis, maternal y otros.

REVISION DE LITERATURA

Todas las revisiones realizadas hasta la pasada década, relacionadas con la evaluación de los Programas de Cruzamiento de Ganado de leche, tanto en las zonas templadas (2, 3, 5, 7, 9, 11, 15, 23, 33), como en el trópico (4, 8, 13, 17, 18, 19, 24, 28, 30, 34), han utilizado el criterio de estimar el comportamiento productivo de los cruces resultantes, incluyendo el efecto de tipo o grupo racial

utilizado el efecto de estirpe y el comportamiento productivo de los cruces resultantes, incluyendo el efecto de tipo o grupo racial, como un componente fijo dentro del modelo estudiado. En este caso, la media estimada para cada grupo de cruce, no separa los diferentes componentes genéticos que la forman, sino que engloba dentro del mismo, los efectos genéticos aditivos, heterozigosis, interacciones no alélicas (dominancia, epistasis, sobredominancia) y otros.

Los programas de cruzamiento de las zonas templadas, (3, 5, 6, 9, 15) evaluaron el comportamiento de los cruces resultantes entre las razas Holstein, Pardo Suizo, Guernsey y Ayrshire y todos coincidieron en incluir en los modelos estadísticos analizados, los efectos fijos de factores ambientales, generación y grupos raciales, resultantes de los planes de cruzamiento establecidos para cada caso, sin prestarle atención a los componentes genéticos que integran o conforman estos últimos.

A partir del año 1975, comienza a desarrollarse una nueva técnica para evaluar los resultados de los programas de cruzamiento en el ganado lechero. Rincón (23), usando la información del proyecto de cruzamiento del Departamento de Agricultura (U.S.D.A.) en Beltsville, U.S.A., utilizó el principio de Regresión lineal Múltiple, para poder descomponer el efecto fijo de los grupos raciales, en los componentes genéticos directos aditivos, de las razas Holstein, Pardo Suizo y Ayrshire; heterozigosis (efectos genéticos no aditivos) y efectos directos aditivos maternos de las mismas razas. Robinson y colaboradores (26) y Ruvuna y colaboradores (29), dentro del mismo proyecto de cruzamiento; Madgwick y Goddard (12) dentro del proyecto de mejoramiento genético en Victoria, Australia y Martínez y colaboradores (14) en Brasil; utilizaron la misma técnica de Regresión Lineal para descomponer los efectos genéticos en aditivos, heterozigóticos y maternos.

Con anterioridad, Parekh (20), Parekh Touchberry (21) y Taneja y Bhat (32), utilizaron una técnica parecida, pero menos compleja, ya que no descomponen el efecto fijo de grupo racial, en todos sus componentes genéticos.

Ruvuna y colaboradores (29), utilizando la técnica de Regresión lineal para descomponer el efecto fijo de grupo racial o cruce en efecto genético directo aditivo de la raza y la heterozigosis (interacción alélica), evaluaron el comportamiento productivo de 719 registros en la primera lactancia de las razas puras Holstein (H), Pardo Suizo (P), Jersey (J) y sus cruces, en cuatro Estaciones Experimentales en la parte sur-este de los Estados Unidos (U.S.A.): Beltsville, Clemson, Jeanerette y Redsville. En cuanto a la producción de la leche los resultados señalaron que el 100% del efecto genético directo aditivo de las razas P y J expresadas como desviaciones de H, fueron significativas ($P < 0.01$): -815 y -1342 Kg de leche, respectivamente. El efecto de heterozigosis para el 100% de la recombinación alélica de HxB, HxJ y BxJ, resultó ser significativa ($P < 0.01$) para los dos primeros cruces, siendo sus estimadores: 302, 221 y 184 Kg de leche, respectivamente.

Martínez y colaboradores (14), analizaron 6482 registros resultantes del cruce de Holstein x Cebú en Brasil, utilizando la misma técnica de Regresión lineal para estudiar los efectos genéticos aditivos y heterozigóticos. Ellos reportaron un incremento en la producción de la leche por cada por ciento de genes Holstein en el cruce de 12.15 Kg y de 3.9 Kg de leche por cada por ciento de heterozigosis y estimaron que del efecto genético total, el 99% es atribuible a los efectos aditivos de las razas y heterozigóticos. Igualmente señalaron que en condiciones tropicales el cruce no debe exceder al 50% de genes Holstein, por cuanto por encima del mismo los problemas de manejo, alimentación y reproducción se hacen evidentes.

Madgwick y Goddard (12), utilizando la técnica de Regresión Lineal evaluaron el comportamiento, productivo entre los cruces de razas Holstein-Friesian (HF), Jersey (J), Guernsey (G) y Ayrshire (A). Los mismos encontraron que los efectos genéticos directos aditivos de la raza pura HF superaron al de J, Ay G en 1109 ± 14 , 175 ± 81 , 929 ± 97 y 306 ± 15 lbs de leche respectivamente. Para los efectos directos aditivos maternos las razas J y G superaron a la HF en 261 ± 13 y 128 ± 91 lbs de leche, mientras la raza A estuvo por debajo en 141 ± 83 lbs de leche. La heterosis para el 100% de la recombinación alélica del cruce de dos razas fue significativa ($P < 0.01$) y en el orden del 3%, equivalente ésta en promedio a 115 ± 7 lbs de leche

MATERIALES Y METODOS

Fuente de los Datos.

La información utilizada en la presente investigación para evaluar el Modelo Aditivo lineal, fue recopilada en la finca "La Esperanza", entre los años 1977 y 1983, ubicada en el Distrito Perijá del Estado Zulia. Se acumuló un total de 566 lactancias y sólo se incluyeron registros normales, entendiéndose por tales, aquellas lactancias que no representaron ninguna irregularidad, durante el transcurso de la misma, tales como: muerte del becerro, enfermedades, lesiones y abortos.

Cada registro comprende la siguiente información: tipo racial, fracción aditiva de la raza que la constituye, número de parto, año y

época de parto, duración de la lactancia, producción total y producción ajustada a 305 días. También se contó con el peso al parto.

En la Tabla 1, se presenta la distribución de los datos por año y grupo racial.

TABLA 1. Distribución de los datos para años y grupos raciales para la Finca La Esperanza GRUPO RACIALES

| AÑOS | P _x (BxI) | PxI | Bx(PxBxl) | Bx(PxI) | P(PxI) | Hx(BxI) | HxI | Bx(HxBxl) | Bx(HxI) | BxI | Bx(BxI) |
|-------|----------------------|-----|-----------|---------|--------|---------|-----|-----------|---------|-----|---------|
| 77 | 1 | 2 | - | - | - | 1 | - | - | - | 45 | 1 |
| 78 | 6 | 7 | - | - | - | 2 | - | - | - | 54 | - |
| 79 | 15 | 10 | - | - | - | 7 | 1 | - | - | 34 | 3 |
| 80 | 22 | 14 | 1 | - | - | 17 | 6 | - | - | 25 | 4 |
| 81 | 29 | 19 | 2 | - | 1 | 12 | 3 | - | - | 8 | - |
| 82 | 27 | 26 | 3 | - | 3 | 34 | 6 | 2 | 1 | 7 | 1 |
| 83 | 30 | 20 | 6 | 3 | 1 | 29 | 6 | 3 | 3 | 3 | - |
| TOTAL | 130 | 98 | 12 | 3 | 5 | 102 | 22 | 5 | 4 | 176 | 9 |

H: Holstein P: Pardo Suizo B: Brahman I: Mestizo indefinido

El tipo de animal que se ha desarrollado en la finca bajo estudio, es el mismo tipo lechero denominado Indefinido (Mosaico), característico de la zona de Perijá y el mismo es el resultado de cruces alternos y continuos entre animales de origen nativo (Criollo lechero), europeos (Holstein y Pardo Suizo) e indio (Brahman). En consecuencia, el genotipo de este tipo de animal está constituido por diferentes grados de combinación de genes de la raza Holstein, Pardo Suizo, Brahman y Nativa, lo que determina una gran variabilidad genética y por consiguiente, de fenotipo. Por esa razón, los animales carecen de uniformidad a su color, tamaño, conformación, capacidad productiva y comportamiento reproductivo.

La finca ha procurado mantener a través de las generaciones, un tipo de animal con una proporción de 5/8 de razas europeas y 3/8 de Brahman o nativas.

El rebaño ha sido mejorado genéticamente, bien por la vía de selección, por el nivel de producción de las vacas o por la escogencia de sementales probados, de alto valor genético, usados mediante inseminación artificial. La presión de selección ha sido intensa, lo que ha permitido hoy en día disponer de un rebaño con una producción diaria promedio de 11 Kg de leche.

En el presente estudio, de acuerdo al genotipo de las razas paternas y maternas, se consideraron los siguientes grupos raciales: P_x(BxI), PxI, P_x(PxI), Hx(xI), HxI, Bx(PxBI), Bx(PxI), Bx(HxBI), Bx(HxI), BxI, Bx(BxI); donde H=Holstein, P=Pardo Suizo, B=Brahman, I=Indefinido y el primer componente del cruce corresponde a la raza paterna.

El mestizo indefinido, es considerado al igual que el Holstein, el Pardo Suizo y Brahman, como una raza lechera, a pesar de que su genotipo está constituido por la combinación de las mismas, en proporciones más o menos equilibradas, lo cual determina, que el aporte genético aditivo del indefinido, intrínsecamente involucro a las razas Holstein, Pardo Suizo y Brahman. Sin embargo, dado que en la presente investigación, lo que se pretende es probar un método o un procedimiento que permita estimar los componentes aditivos, a través de un modelo lineal; se asume, que el mestizo representa un tipo racial lechero definido.

La "Esperanza", al igual que las fincas de la zona, son explotaciones lecheras de doble propósito del tipo semi- intensivo. El manejo de los rebaños es el mismo que tradicionalmente se utiliza en la mayoría de las fincas lecheras del Estado Zulia. La monta fue dirigida, bien por vía de la Inseminación Artificial o por la Monta Natural Controlada. Los animales se ordeñaron mecánicamente dos veces por día sin apoyo del becerro en vaqueras techadas y con piso de concreto, a intervalos de 10 y 14 horas de AM a PM y de PM a AM, respectivamente.

La alimentación de las vacas en producción se basó fundamentalmente sobre el consumo de pastos en potreros entre 4 y 15 ha de Guinea (*Panicum maximum*), más una suplementación con un alimento concentrado comercial con 18 a 20% de proteína cruda a razón de 2 a 2.5 Kg por animal. Durante la /época seca, adicionalmente se lea suministró heno de pasto Guinea.

Durante todo el año se les ofreció melaza a los animales (aproximadamente 1 Kg/animal/día) y sales minerales a voluntad.

Análisis Estadísticos

Los datos recopilados fueron estudiados a través de un análisis de varianza-covarianza usando el método de cuadrados mínimos, considerando como variables discretas independientes: los efectos de año, época, N° de partos, grupos raciales y las interacciones entre ellos (Modelo 1). como variables continuas independientes se incluyeron los efectos lineales de la fracción o la porción aditiva de la raza en el cruce (Modelo 2) y el peso al parto y el periodo vacío (Modelo 1 y 2). Las variables dependientes estudiadas fueron: los días en lactancia, la producción de leche total y la producción de leche a 305 días.

Modelo 1 ó de Grupos Raciales

Este modelo ha sido utilizado tradicionalmente en casi todas las investigaciones (1, 2, 8, 12, 16, 17, 18, 23, 24, 25). Con él lo que se desea es determinar cuánto de la expresión fenotípica es atribuible exclusivamente al componente genético y para ello se asume que

el efecto fijo de los grupos raciales estima) representa toda la porción genética posible; esto es, los efectos genéticos directos aditivos, el efecto de la heterosis (interacción alélica), la epistasis (interacción no alélica), el efecto directo aditivo maternal y otros.

El modelo de grupos raciales lo describiremos de la siguiente manera:

$$Y_{ijklm} = u + A_i + E_j + P_k + R_l + (AxE)_{iJ} + (ExR)_{j1} + b_4 (X_1 - \bar{X}_1) + b_5 (X_2 - \bar{X}_2) + e_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = Duración de la lactancia, producción de leche total o producción de leche a 305 días de la m-ésima vaca perteneciente al l-ésimo grupo racial dentro del k-ésimo parto, en la j-ésima época de parto dentro del j-ésimo año de parto.

u = Media de la población

A_i = Efecto del i-ésimo año de parto (donde $i = 77, 78, \dots, 83$)

E_j = Efecto de la j-ésima época de parto

(donde $J = 1$: Enero-Abril; 2 : mayo- agosto; 3 : septiembre-diciembre)

P_k = Efecto del k-ésimo Número de parto (donde $k = 1, \dots, 6$)

R_l = Efecto del l-ésimo grupo racial

(donde $l = P \times l, P \times (B \times l), P \times (P \times l, H \times l, \dots B \times (H \times (B \times l))$)

$(AxE)_{iJ}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo año por la j-ésima época de parto

$(ExR)_{j1}$ = Efecto de la interacción de la j-ésima época de parto por el l-ésimo grupo racial

b_4 y b_5 = Coeficientes de Regresión lineal

\bar{X}_1 = Peso de la vaca al parto

X_1 = Peso promedio de la vaca

X_2 = Período vacío de la vaca

\bar{X}_2 = Período vacío promedio

e_{ijklm} = Error experimental

Modelo 2 o Regresión lineal para describir los componentes genéticos directos aditivos de los diferentes Grupos Raciales.

Con este modelo lo que se persigue es descomponer el efecto fijo de grupo racial a grupos descritos anteriormente (Modelo 1) en los

Con este modelo lo que se persigue es descomponer el efecto ligo de grupo racial o cruce, descrito anteriormente (Modelo 1), en los diferentes componentes genéticos que ellos representan. Dado a los planes de cruzamientos e inconsistencia de los datos, sólo se consideró el efecto genético directo aditivo de las diferentes razas involucradas en los cruces. Los efectos de heterozigosis (Interacción alélica), directo aditivo maternales y otros se consideraron en conjunto al comparar por diferencias, el modelo de los grupos raciales o cruces con el de regresión lineal múltiple que inscribiremos a continuación:

$$Y_{ijklm} = u + A_i + E_j + P_k + (AxE)_{ij} + b_1(G_1) + b_2(G_2) + b_3(G_3) + b_4(x_1 - x_1) + b_5(X_2 - X_2) + e_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} , u , A_i , E_j , P_k , $(AxE)_{ij}$, b_4 , b_5 , X_1 , X_1 , X_2 , X_2 , y e_{ijklm} , igual a los definidos en el Modelo 1.

b_1 , b_2 , b_3 = Coeficientes parciales de regresión de Y_{ijkl} sobre A_1 , A_2 y A_3 ; respectivamente.

G_1 , G_2 , G_3 = Fracción del efecto genético directo aditivo de las razas 1: Pardo Suizo, 2: Holstein, 3: Brahman expresados como desviación del grupo racial 4: Indefinido.

En el caso del Modelo 2, se trata de probar una técnica de Regresión lineal con los fines de poder estimar la contribución del efecto genético directo aditivo sobre el cruce de diferentes razas lecheras. Este componente se conoció como la fracción del efecto genético directo aditivo de las razas Pardo Suizo, Holstein y Brahman, expresado como desviación del mestizo indefinido. en la Tabla N ° 2, se presentan las fracciones de los efectos genéticos directos aditivos para los diferentes grupos raciales.

TABLA 2, Coeficientes para las fracciones de los efectos genéticos aditivos de las razas para los diferentes cruces en la finca "La esperanza"

| Grupos raciales ^a | H | P | B | I |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| .PxI</ | 0 | 1/2 | 0 | 1/2 |
| .Px(PxI) | 0 | 1/2 | 1/4 | 1/4 |
| .Px(PxI) | 0 | 3/4 | 0 | 1/4 |
| .HxI | 1/2 | 0 | 0 | 1/2 |
| .Hx(BxI) | 1/2 | 0 | 1/4 | 1/4 |
| .BxI | 0 | 0 | 1/2 | 1/2 |
| .Bx(PxI) | 0 | 1/4 | 1/2 | 1/4 |
| .Bx(HxI) | 1/4 | 0 | 1/2 | 1/4 |
| .Bx(BxI) | 0 | 0 | 3/4 | 1/4 |
| .Bx[Px(BxI)I] | 0 | 1/4 | 5/8 | 1/8 |
| .Bx[Hx(BxI)] | 1/4 | 0 | 5/8 | 1/8 |

El padre está identificado por el primer símbolo del cruce

H: Holstein P: Pardo Suizo B: Brahman I: Indefinido

En el presente análisis se ha establecido como premisa, que el mestizo indefinido se considere como una raza establecida cuando en realidad no lo es, pudiéndose esperar ciertas segregación genética cuando se cruza con otras razas, por cuanto dicho mestizo es el resultado del cruce indiscriminado de las razas mencionadas anteriormente, incluyendo al criollo o nativo mejorado; sin embargo el objetivo central de la presente investigación es probar una nueva técnica o metodología, la cual permita estimar los componentes genéticos aditivos sobre la base de un análisis de regresión lineal múltiple. Igualmente se establece que los componentes directos genéticos no auditivos, están representados por la reducción debida a los componentes genéticos diferentes al aditivo; y el mismo se estima por diferencia al comparar la suma de cuadrado y grado de libertad del Modelo de los cruces o Grupos Raciales (Modelo 1) con la de Regresión lineal Múltiple (Modelo 2). Este componente genético incluye los efectos de heterosis (interacción alélica) epistasis, maternal, y otros.

La prueba de rangos múltiples de Duncan fue realizada para aquellos efectos que resultaron ser significativamente diferentes ($P < 0.05$) en los análisis de varianza-covarianza estudiados para los diferentes variables dependientes consideradas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Modelo de Grupo Raciales:

En la tabla 3 se presentan respectivamente los promedios y errores del standard para la duración de la lactancia, la producción total de leche y la corregida a 305 días en los diferentes cruces.

El análisis de varianza-covarianza realizado (Modelo I) para estudiar la duración de la lactancia reveló que los efectos que resultaron ser significativos fueron: año de parto ($P < 0.01$), número de partes ($P < 0.01$), grupo racial o cruce ($P < 0.01$), la interacción año de parto x número de parto ($P < 0.05$) y el período vacío ($P < 0.01$). Para la producción total de la leche y la producción de leche corregida a 305 días los efectos que resultaron ser significativos fueron: año de parto ($P < 0.01$), época de parto ($P < 0.05$), número de parto ($P < 0.01$), cruce o grupo racial ($P < 0.01$), la interacción de año de parto x número de parto y la covariable de peso al parir ($P < 0.05$) y período vacío ($P < 0.01$).

Para la duración de la lactancia se nota que los cruces con predominancia de las razas Holstein y Pardo Suizo (al menos 50% de origen paterno), superaron en promedio a los de la Brahman en 69 días ($P < 0.05$) y 28 días respectivamente. Entre las primeras, la diferencia promedio obtenida fue de 41 días ($P < 0.05$) en favor de los cruces con predominancia de Holstein.

TABLA 3. Promedio y errores standard (cuadrado mínimo) para la duración de la lactancia, la producción total de leche y la producción de leche corregida a 305 días en los diferentes cruces de la finca "La Esperanza"

| Grupo racial | obs | Duración lactancia (días) | Produccion total (kg) | Produccion de leche a 305 días (kg) |
|--------------|-----|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| PxI | 97 | 333.4 ± 5.8 bc | 2910.8 ± 191.2 b | 2725.9 ± 60.3 b |
| Px(Bxl) | 128 | 327.5 ± 5.2 be | 2966.9 ± 66.11 b | 2803.7 ± 54.7 b |
| Px(Pxl) | 5 | 303.6 ± 22.3 abc | 2552.3 ± 284.2 ab | 2386.8 ± 233.8 ab |
| HxI | 22 | 370.0 ± 1.2 d | 3439.4 ± 142.5 c | 3058.8 ± 117.2 c |
| Hx(Bxl) | 101 | 350.6 ± 6.0 cd | 3244.7 ± 75.8 c | 2999.8 ± 62.3 c |
| BxI | 175 | 290.4 ± 5.2 ab | 2395.7 ± 66.6 a | 2308.7 ± 54.8 a |
| Bx(Pxl) | 3 | 299.4 ± 29.7 abc | 2582.7 ± 378.4 ab | 2457.1 ± 311.4 ab |
| Bx(Hxl) | 4 | 289.4 ± 25.1 ab | 2277.8 ± 319.7 a | 2232.6 ± 263.1 a |
| Bx(Bxl) | 9 | 283.6 ± 16.8 a | 2241.9 ± 213.7 a | 2191.1 ± 175.8 a |
| Bx[Px(Bxl)I] | 12 | 294.3 ± 15.0 ab | 2115.2 ± 119.2 a | 2030.5 ± 151.2 a |
| Bx(Hx(Bxl)] | 5 | 308.3 ± 22.9 abc | 2345.1 ± 291.6 a | 2300.2 ± 239.8 a |

NOTA. Los promedios señalados con letras distintas resultaron significativamente diferentes ($P < 0.05$)

H: Holstein P: Pardo Suizo B: Brahman I: Indefinido

1 El padre está representado por el primer símbolo del cruce.

Para la producción total de leche y la producción de leche corregida a 305 días, los cruces con un 50% o más de predominancia de las razas Holstein Pardo Suizo, superaron significativamente ($P < 0.05$) a los de la raza Brahman en 1016 y 777 Kg de leche, 484 y 386 Kg de leche, respectivamente. Las diferencias entre los cruces de las dos primeras razas, resultó también significativa ($P < 0.05$) en favor de las mestizas Holstein y fue de 532 y 391 Kg de leche. Estos resultados se corresponden con los reportados, también bajo condiciones tropicales (1, 8, 17, 18, 19, 24, 27, 28).

Bajo condiciones templadas (9, 10) dentro del proyecto de cruzamiento de la estación experimental de Jeanerette, Louisiana, ubicado en la región sur-este de Norteamérica, se cruzaron las razas *Bos taurus*: Holstein (H), Pardo Suizo (P) y Jersey (J) y de la *Bos indicus*: Red Shindi (R). Los resultados también indicaron que a medida que se incremento el porcentaje de genes de las razas europeas en el cruce, la producción de leche aumenta: 3976 y 4378 Kg de leche para SxJ y HxJ vs 3602 y 3630 Kg de leche para SxRJ, respectivamente.

Modelo de Regresión lineal para estimar los componentes genéticos directos aditivos.

En la tabla No 4 se presentan los promedios y los errores standard de las desviaciones genéticas directas aditivas de las razas Pardo Suizo, Brahman y Holstein en relación con el tipo de Indefinido para la duración de la lactancia, la producción total de leche y la corregida a 305 días, respectivamente. El análisis de varianza-covarianza (Modelo 2) para la duración de la lactancia reveló diferencias significativas para los efectos de: año de parto ($P < 0.01$), número de parto ($P < 0.01$), la regresión lineal del período vacío ($P < 0.01$) y las regresiones lineales de la desviación de los efectos genéticos directos aditivos de la raza Holstein ($P < 0.01$) y Brahman ($P < 0,01$) en relación al tipo Indefinido.

TABLA 4 Constantes de cuadrado mínimo, errores standard y prueba de significancia para la desviación debida al efecto genético aditivo para la duración de la lactancia, la producción total de leche y la producción de leche corregida a 305 en los diferentes cruces de la finca "La Esperanza" (Modelo 2)

| componente genético ¹ aditivo | duracion lactancia (días) | produccion total de leche (kg) | produccion de leche a 305 días (kg) |
|---|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| P | 36.5±21.8 | 831.2 ± 278.9** | 641.8 + 230.1** |
| B | -48.5 ± 20.3** | -436.4 ± 258.9* | -209.3±213.6 |
| H | 94.7 ± 21.5** | 1616.4 ± 275.3** | 1406.3 ± 227.1** |

NOTA: P: Pardo Suizo B: Brahman H: Holstein

1 Cambio correspondiente al efecto al 100% del efecto genético aditivo de las razas P, B y H expresado como desviación del grupo Indefinido i.e. la raza puro pardo Suizo expresó producción a 305 días superior a la del grupo Indefinido en 641.8 Kg.

** $P < 0.01$

* $P < 0.05$

En cuanto a la producción total de leche y la corregida 305 días los efectos que resultaron ser significativos fueron: año de parto ($P < 0.01$), época de parto ($P < 0.05$), número de parto ($P < 0.01$), la regresión lineal del período vacío ($P < 0.01$) y las regresiones lineales de la desviación de las razas Holstein y Pardo Suizo ($P < 0.01$) en relación al tipo Indefinido. La regresión lineal de la desviación de la raza Brahman vs. Indefinido resultó ser significativa ($P < 0.05$) sólo para la producción total de leche.

Para la duración de la lactancia el 100% de la contribución del efecto genético directo aditivo de las razas Pardo Suizo, Brahman y Holstein resultaron significativamente diferentes del tipo Indefinido en 36.5, -48.5 ($P < 0.01$) y 94.7 ($P < 0.01$) días, respectivamente. Al expresar los resultados como desviación de la raza Brahman, las diferencias encontradas fueron de 85.0, 143.2 y 48.5 días para la raza Pardo Suizo ($P < 0.01$), Holstein ($P < 0.01$) e Indefinido ($P < 0.05$), respectivamente.

Para la producción total de leche y la corregida a 305 días (Tabla N° 4) las desviaciones promedio encontradas entre las razas Pardo Suizo, Brahman y Holstein al compararlas con el tipo Indefinido fueron de 831.2 y 641.8 Kg de leche ($P < 0.01$); -436.4 y -209.3 Kg de leche ($P < 0.05$) y 1616.4 y 1406.3 Kg de leche ($P < 0.01$), respectivamente. Al expresar estos valores como desviación de la raza Brahman, la contribución del 100% del efecto genético directo aditivo de las razas Holstein y Pardo Suizo fueron de 2052.8 y 1267,6 Kg de leche y 1616.6 y 851.1 Kg de leche, para la producción ' total de leche ($P < 0.01$) y la corregida a 305 días ($P < 0.01$), respectivamente.

La magnitud de los resultados obtenidos en la presente investigación superó a los valores reportados por Rincón (23), Robinson y colaboradores (26), Ruvuna y colaboradores (29), Martínez y colaboradores (14) y Madgwick y Goddard (12). Sin embargo, es conveniente señalar que los modelos utilizados en estas investigaciones fueron más completos y complejos, lo que permitió, por un lado controlar mejor los efectos no genéticos (ambientales y fisiológicos), y por otra fraccionar el componente genético en: efecto genético directo aditivo, heterosis (interacción alélica) y efecto directo aditivo maternal.

Al comparar los análisis para la duración de la lactancia de los modelos de grupos (Modelo 1) y de regresión lineal para estimar los componentes genéticos aditivos (Modelo 2), nos encontramos que la reducción debida a los efectos diferentes al genético directo aditivo, tales como la heterosis, la epistasis, otros y el efecto directo aditivo maternal, no fueron significativos, indicándonos así que los mismos no son importantes (Tabla N° 5).

TABLA 5 Prueba de significancia para los efectos genéticos no aditivos (Heterosis, Maternal y otros) para LA

DURACION DE LA LACTANCIA en los diferentes cruces para la finca "LA ESPERANZA"

| MODELOS | g. de l | S.C. | C.M. | F |
|--|---------|---------|------|---------|
| Modelo 2 (Aditivo) | 518 | 1186620 | - | - |
| Modelo 1 ^a (Grupo racial= Aditivo + Heterosis + Epistasia + Maternal + otros) | 510 | 1159163 | - | - |
| Reducción debida a los efectos no aditivos | 8 | 27457 | 3432 | 1.5 ns. |
| Modelo 1 (Grupo Racial) | 510 | 1159163 | 2273 | - |

a Modelo 1 estima constantes para los diferentes cruces e incluye todos los componentes genéticos posibles

Contrariamente, para la producción total de leche y la corregida a 305 días (Tablas No 6 y 7), la reducción debida a los efectos genéticos no aditivos resultó ser significativa ($P < 0.05$). Estos resultados nos obligan a utilizar modelos de análisis más complejos que además de incluir el efecto genético directo aditivo, consideren los efectos genéticos resultantes de la interacción génica alélica (heterosis), no alélica (epistasia), efecto directo aditivo maternal; permitiéndonos así obtener una estimación más completa y confiable del componente genético o sea de su genotipo.

TABLA 6, Prueba de significancia para los efectos genéticos no aditivos (Heterosis, maternal y otros) para la Producción Total de leche en los diferentes cruces para la finca "La Esperanza"

| Modelos | g. de l | S.C. | C.M. | F |
|--|---------|-----------|--------|-------|
| Modelo 2 (Aditivos) | 518 | 194084055 | - | - |
| Modelo 1 ^a (Grupo racial= Aditivo + Heterosis + Epistasia + Maternal + otros) | 510 | 187856111 | - | - |
| Reducción debida a los efectos no aditivos | 8 | 6227944 | 778493 | 2.11* |
| Modelo 1 (Grupo racial) | 510 | 187856111 | 368343 | - |

* $P < 0.05$

a Modelo 1 estima las constantes para los diferentes cruces e incluye todos los componentes genéticos posibles.

TABLA 7, Prueba de significancia para los efectos genéticos no aditivos (Heterosis, maternal y otros) para la producción de leche corregida a 305 días a los diferentes cruces para la finca "La Esperanza"

| Modelos | g. de l. | S.C. | C.M. | F |
|--|----------|-----------|--------|-----|
| Modelo 2 (Aditivo) | 518 | 132063522 | - | - |
| Modelo 1 ^a (grupo racial= Aditivo + Heterosis + Epistasia + maternal + otros) | 510 | 127155747 | - | - |
| Reducción debida a los efectos no aditivos | 8 | 4907775 | 613472 | 2.5 |
| Modelo 1 (Grupo racial) | 510 | 127155747 | 249325 | - |

** $P < 0.01$

a Modelo 1 las constantes para los diferentes cruces e incluye todos los componentes genéticos posibles.

Rincón (23), Robinson y colaboradores (26), Ruvuna y colaboradores (29), Martínez y colaboradores (14) y Madgwick y Goddard (12), en sus investigaciones, analizaron los resultados utilizando modelos en donde el componente genético lo dividen en efecto genético directo aditivo, heterozigosis (interacción génica alélica) y efecto directo aditivo maternal.

CONCLUSIONES.

De los resultados de la presente investigación podemos hacer las siguientes conclusiones:

1. La Regresión lineal como técnica de análisis para evaluar el comportamiento productivo de cualquier programa de cruzamiento permite estimar satisfactoriamente el aporte del efecto genético directo aditivo de las razas involucradas en los cruces.
2. En la medida que se incremento en el cruce la proporción de las razas Holstein y Pardo Suizo, el comportamiento productivo de los mismos supera significativamente ($P < 0.05$) al de los cruces con predominancia de la raza Brahman y la del tipo Indefinido.
3. Al estimar el componente genético, además de incluir el efecto genético directo aditivo, se hace necesario considerar el efecto genético de la interacción alélica o sea la heterosis (dominancia, sobredominancia, etc).
4. En el futuro, será necesario organizar y planificar los esquemas o programas de cruzamiento, a fin de poder establecer a través de las generaciones los cruces que sean necesarios para hacer las comparaciones apropiadas y valederas con las razas involucradas en el mismo. Así mismo, el tener consistencia en los datos o registros recopilados facilita el uso de modelos de análisis mucho más confiables y completos, permitiéndose así desagregar el componente genético en: efecto genético directo aditivo, efecto de heterosis (dominancia, sobredominancia) y efecto directo aditivo maternal de las diferentes razas involucradas.

LITERATURA CITADA

1. AIDAR DE QUEIROZ, S., M.A. GIANNONI, A.A. RAMOS y H. TONHATI. 1987. Environmental effects on the variation of productive traits in Holstein-Friesian x Zebu crossbred cattle in the Region of Sao Paulo, Brasil. I. Milk Yield. Rev. Brasil. Genet. X. L: 63-73.
2. BATRA, T.R., H.W. NORTON y R.W. TOUCHBERRY. 1969. Genetic study of milk constituents in purebred and crossbred dairy cattle. J. Animal Sci. 29: 671-677.
3. BERESKIN, B. y R.W TOUCHBERRY. 1966. Crossbreeding dairy cattle. In. First lactation production. J. Dairy Sci. 49: 659- 667.
4. BODISCO, Y, M. HERRERA, A. VALLE y E. GARCIA- 1974. Comportamiento productivo del ganado mestizo en la región de Carora en los años 1971-1972. Agronomía Tropical. 21(6):549-563.
5. BRANDT, G.W, C.C. BRANNON, W.R. HARVEY y R.E. McDOWELL. 1966. Effects of crossbreeding on production traits in dairy cattle. J. Dairy Sci. 49: 1249-1253.
6. BRANDT, G.W, C.C. BRANNON, y W.E. JOHNSTON. 1974. Production of milk and milk constituents by Brown-Swiss, Holstein and Their crossbreeds. J. Dairy Sci. 54:1388 - 1393.
7. BRANTON, C., R.E. McDOWELL y M.A. BROWN. 1966. Zebu-European crossbreeding as a basis of dairy cattle improvement in the U.S.A South Coop. Ser. Bull. 114, Louisiana State University, Baton Rouge.
8. CONTRERAS, R. 1977. Breed and environmental factors influencing the performance of crossbred cattle for milk production in a tropical environmental. M.S. Thesis. Texas A & M University Station U.S.A.
9. HOLLON, B.F., C. BRANTON y R.E. McDOWELL. 1969. Performance of Holstein and Crossbred dairy cattle in Louisiana. I. First lactation Production. J. Dairy Sci. 52:498-506.
10. HOLLON, B.F. and C. BRANTON. 1973. Comparative variability in the performance traits of crossbred and purebred sires in a Louisiana herd. J. Dairy Sci. 56: 313-318.
11. JOHNSON, J.C., R.D. JONHSON, R.E. McDOWELL, R.P. LEHMAN y B.L. SOUTHWELL. 1965. A study of the comparative performance of purebred and crossbred dairy cattle under southern conditions. Georgia Agricultural Experimental Station. (Mimeo). Ser. N.S. 240. Julio.
12. MADWICK, P.A. y M.E. GODDARD. 1989. Comparison of purebred dairy cattle for Victoria: estimation of genetic effects for yield. Australian Journal of Experimental Agriculture. Victoria, Australia. 29: 1-7.
13. MAHADEVAN, P. 1966. Breeding for milk production in tropical cattle. Commonwealth Agriculture Bureaux. Technical Communication N' 17. 154 p.p.
14. MARTINEZ, M.L., A.J. LEE y C.V LIN. 1988. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects of lactation performance and reproduction in Brasil. J. of Dairy Sci. 71: 800-808.
15. McDOWELL, R.E. y B.T. McDANIEL. 1968. Interbreed matings in dairy cattle. I. Yeild traits, feed efficiency, type and rate of milking J. Dairy. Sci. 51(5): 767-777.
16. McDOWELL, K.E. 1982. Crossbreeding as a system of meting for dairy production. Southern Cooperative Series. Bulletin N' 259. Louisiana Agric. Exp.Stat. Baton Rouge. U.S.A. 71 p.p.
17. McDOWELL, R.E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on mid, I health, and fitness. J. Dairy Sci. 68: 2418-2435.
18. OCANDO, A. 1971. Comportamiento del ganado "Mosaico" en la hacienda "La Esperanza" de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia 41 p p

- UNIVERSIDAD DEL ZULIA. 11 p.p.
19. OCANDO, A. 1973. Diversos aspectos productivos del ganado media sangre Pardo Suizo en el Distrito Perijá. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. 61 p.p.
 20. PAREKH, H.K.B. 1973. Estimation of heterosis among crossbreeds by the least squares technique. *Indian J. of Dairy Sci.* 26: 176-182.
 21. PAREKH, H.K.B. y R.W. TOUCHBERRY. 1974. Comparative performance of purebreds and crossbreeds in respect to reproductive traits: first parity record of a four generation crossbreeding experiment. *First World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Vol. III: 601-606. Madrid.
 22. PONCE, P. y L. BELL. 1985. Lactancias de vacas Holstein Friesian, 3/4 Holstein X 1/4 Cebú y 5/8 Holstein x 3/8 Cebú. I. Efecto del grupo racial y la interacción de Rebaño-Raza sobre la producción de leche. *Revista de Salud Animal*. La Habana, Cuba. 7: 333-338.
 23. RINCON, E.J. 1975. Comparative first lactation production traits of purebred and crossbred dairy cattle. M.S. Thesis. North Carolina State University. Raleigh. U.S.A.
 24. RINCON, E.J. 1979. Comportamiento productivo y estimación del índice de constancia para la producción de leche en vacas mestizas de la región del Distrito Perijá, Estado Zulia. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. 92 p.p.
 25. RINCON, E.J., E.C. SCHERMERHARN, R.E. McDOWELL y B.T. McDANIEL. 1982. Estimation of genetic effects of milk yield and constituents traits in crossbred dairy cattle. *J. of Dairy Sci.* 65: 848-856.
 26. ROBINSON, O.W., B.T. McDANIEL y E.J. RINCON. 1981. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experiments in animals. *J. Animal Sci.* 52:44-50.
 27. RODRIGUEZ, C.J. y E.J. RINCON. 1971. Producción de leche de vacas mestizas de Criollo x Pardo Suizo y Holstein mantenidas en potreros en el Estado Zulia. *Agronomía Tropical*. 21: 205- 213.
 28. RODRIGUEZ, A., V. BODISCO, M. RAMIREZ y E. GARCIA. 1974. Comportamiento productivo del ganado lechero mestizo en el Sur del lago de Maracaibo, durante el año 1973. *Agronomía Tropical*. 24:201-217.
 29. RUVUNA, F., R.E. McDOWELL, T.C. CARTWRIGHT y B.T. McDANIEL. 1986. Growth and reproduction characteristics of purebred and crossbred dairy cattle in first lactation. *J. of Dairy Sci.* 69:782-793.
 30. STONAKER, H.H., O.P. ARGAWALA y D.S. SUNDARESAN. 1953. Production characteristics of crossbreeds backcrosses and purebred Red Sindhi cattle in the Gangetic Plains Region. *J. Dairy Sci.* 36: 678.
 31. SYRSTAD, O. 1988. Crossbreeding for increased milk production in the tropics. *Norway J. Agric. Sci.* 2: 179-185.
 32. TANEJA, Y.K. y P.N. BRAT. 1974. Estimation of additive and non-additive effects in Sahiwal x Friesian crossbreeds. *First World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*. Vol. II: 611-615. Madrid.
 33. TOUCHBERRY, R.W. 1970. A Comparison of the general merits of purebred and crossbreeds dairy cattle resulting from twenty years (four generations) of crossbreeding. 19th Annual Session, National Breeders Roundtable. Kansas City. Missouri, U.S.A.
 34. WIJERATNE, W.S. 1970. Crossbreeding Sinhala cattle with Jersey and Friesian in Ceylan. *Animal Production*. 12:473.