

ASOCIACIONES FENOTIPICAS DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN ACHIOTE, *Bixa orellana* L. *

Por: Franco Alirio Vallejo C *
Lyda Cárdenas Gil **
Román Hernán Rojas O **

COMPENDIO

En la colección de Achiote, *Bixa orellana* L. de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, se realizó un estudio con el fin de estimar el grado de asociación entre el rendimiento y sus componentes y a la vez determinar índices de selección para este carácter. Se utilizaron 37 materiales pertenecientes a 14 introducciones en las cuales se evaluó el rendimiento y todos los posibles caracteres cuantitativos que directa o indirectamente inciden sobre él.

Se definieron y evaluaron tres modelos de descomposición del rendimiento: Modelo 1: Rendimiento (Y) descompuesto en peso promedio de semilla (X_1) y número de semillas por planta (X_2). Modelo 2: Rendimiento (Y) descompuesto en peso de semillas por cápsula (X_1) y número de cápsulas por planta (X_2). Modelo 3: Rendimiento (Y) descompuesto en número de panículas por planta (X_1) y peso de semillas por panícula (X_2).

Los caracteres fueron analizados tanto en escala aritmética como en escala logarítmica, encontrándose que esta última explica mejor los cambios en el rendimiento. Desde el punto de vista matemático, las variaciones de los componentes, para los tres modelos, explican satisfactoriamente las variaciones en el rendimiento. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, el modelo 3 resulta de gran utilidad porque sus componentes (número de panículas por planta y peso de semillas por panícula) por ser caracteres fácilmente detectables y cuantificables, pueden escogerse como índices de selección apropiados con miras a mejorar el rendimiento. Se detectaron los siguientes materiales como superiores para el carácter rendimiento: B-Col-9, B-Col-12, B-Col-12A, B-Col-12B, y B-Col-8.

* Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia - Palmira.

** Estudiante de pre-grado de la Universidad Nacional de Colombia - Palmira.

ABSTRACT

Associations (correlations and regressions) between yield and its components, usable to determine a selection index for yield in Achiote, were estimated on a tree collection existing at the Facultad de Ciencias Agropecuarias in Palmira.

Thirty seven trees from 14 introductions were evaluated for yield and for phenotypic characters possibly related with it.

Three yield models were evaluated Model 1: Yield (Y) as a function of mean seed weight (X_1) and number of seeds per plant (X_2). Model 2: Yield (Y) as a function of seed weight per pod (X_1) and number of pods per plant (X_2): Model 3: Yield (Y) as a function of number of panicles per plant (X_1) and seed weight per panicle (X_2).

Characters were analyzed both in arithmetic and logarithmic scales, the latter explaining better yield variances.

Mathematically the three models explain satisfactorily yield variances but model 3 is of practical utility for its components are easily measurable and can be used as proper selection indexes for yield improvement. Collections B-Col-9, B-Col-12, B-Col-12A, B-Col-12B and B-Col-8 were detected as having superior yields.

1. INTRODUCCION

El achiote, *Bixa orellana* L. es un arbusto originario de América Tropical poco conocido a nivel biológico, agronómico e industrial. De su semilla se obtiene un colorante de grandes perspectivas en los mercados internacionales por los innumerables usos que se le dan actualmente.

La mayoría de los países desarrollados utilizan este colorante en la industria de los derivados lácteos, cárnicos, grasas, helados y cosméticos. Los países en vía de desarrollo lo utilizan en la industria de los condimentos, cerámica, pintura, barnices, lacas para teñir sedas o algodón, en la alimentación de aves, en muchas actividades del arte culinario y en la medicina. En la actualidad cobra gran importancia debido a las restricciones existentes en el uso de colorantes sintéticos, especialmente en los productos alimenticios.

Ante la potencialidad económica y la falta de conocimiento de esta especie, la unidad de Fitomejoramiento de la Universidad Nacional Sede de Palmira con el apoyo parcial del Fondo Colombiano de Investigaciones científicas y proyectos especiales "Francisco José de Caldas"- Colciencias, viene trabajando desde 1977 en un programa de mejoramiento genético en el cual se da gran importancia a los estudios básicos que conduzcan al incremento del rendimiento. Salvo algunos datos escasos y aislados, basados en observaciones de agricultores, no se cuenta ningún estudio que identifique los caracteres que influyen en el rendimiento y su aporte en la producción total. El empleo de la correlación en el mejoramiento de plantas ha sido diverso y de gran utilidad, especialmente cuando el carácter deseable es difícil de seleccionar ya sea por problemas de identificación, medición o baja heredabilidad.

La presente investigación tuvo como principal objetivo determinar los componentes del rendimiento del achiote y estimar el grado de asociación entre ellos con miras a escoger los índices de selección más apropiados para el carácter rendimiento.

2. PROCEDIMIENTO

El estudio se realizó en la Colección de Achiote de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, entre Abril de 1979 y Junio de 1980. Se utilizó la primera cosecha de treinta y siete materiales pertenecientes a catorce introducciones procedentes de Colombia, Costa Rica y Puerto Rico.

Se evaluó el rendimiento y los posibles caracteres cuantitativos que directa o indirectamente inciden sobre él: número de panículas por planta,

de cápsulas por panícula, de cápsulas por planta y de semillas por cápsula, peso de semillas por cápsula y de cien semillas, y número de semillas por planta.

Se definieron los componentes primarios y secundarios del rendimiento tal como aparecen en los tres modelos propuestos para descomponer el rendimiento.

Las correlaciones y regresiones simples estudiadas fueron:

Modelo 1.

Rendimiento (Y) Vs.

1. Peso promedio de semilla (X_1)
2. Número de semillas por planta (X_2)

Número de semillas por planta (X_2) Vs.

3. Peso promedio de semilla (X_1)
4. Número de semillas por cápsula (X_3)
5. Número de cápsulas por panícula (X_4)
6. Número de panículas por planta (X_5)

Número de semillas por cápsula (X_2) Vs.

7. Número de cápsulas por panícula (X_4)
8. Número de panículas por planta (X_5)

Número de cápsulas por panícula (X_4) Vs.

9. Número de panículas por planta (X_5)

Modelo 2

Rendimiento (Y) Vs.

10. Peso de semillas por cápsula (X_1)
11. Número de cápsulas por planta (X_2)

Peso de semilla por cápsula (X_1) Vs.

12. Número de cápsulas por planta (X_2)
13. Peso promedio de semilla (X_3)
14. Número de semillas por cápsula (X_4)

Peso promedio de semilla (X_3) Vs.

15. Número de semillas por cápsula (X_4)

Número de cápsulas por planta (X_2) Vs.

16. Número de cápsulas por panícula (X_5)

17. Número de panículas por planta (X_6)

Número de cápsulas por panícula (X_5) Vs.

18. Número de panículas por planta (X_6)

Modelo 3.

Rendimiento (Y) Vs.

19. Número de panículas por planta (X_1)

20. Peso de semilla por panícula (X_2)

Número de panículas por planta (X_1) Vs.

21. Peso de semilla por panícula (X_2)

Peso de semilla por panícula (X_2) Vs.

22. Peso de semilla por cápsula (X_3)

23. Número de cápsulas por panícula (X_4)

Peso de semilla por cápsula (X_3) Vs.

24. Número de cápsulas por panícula (X_4)

Las correlaciones se efectuaron en escala aritmética y logarítmica. En base al coeficiente de determinación (R^2) se seleccionó la escala más adecuada.

Las correlaciones y regresiones múltiples estudiadas fueron:

Modelo 1.

Rendimiento (Y) Vs.

1. Número de semillas por planta (X_1) y peso promedio de semilla (X_2).

Modelo 2.

Rendimiento (Y) Vs.

2. Peso de semillas por cápsulas (X_1) y número de cápsulas por planta (X_2).

Modelo 3.

Rendimiento (Y) Vs.

3. Número de panículas por planta (X_1) y peso de semillas por panícula (X_2).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

El mayor valor del coeficiente de determinación para la mayoría de las variables se presentó en escala logarítmica (Cuadro 1), indicando que los cambios en la variable dependiente (rendimiento) se pueden explicar mejor por los cambios que suceden en las variables independientes (componentes primarias) en escala logarítmica; por consiguiente los resultados se presentarán en ésta escala.

3.1. Asociación de las variables para el modelo 1.

Entre las variables rendimiento y peso promedio de semilla no se encontró asociación simple significativa (fig 1), lo cual a primera vista no tiene una clara interpretación biológica. Ahora, a fin de estudiar el efecto real del peso promedio de semilla sobre el rendimiento se investigó la relación entre estas dos variables permaneciendo constante el otro componente primario: número de semillas por planta. El coeficiente de correlación parcial, $r_{Y \cdot X_2 \cdot X_1} = 0.600^{**}$ (Cuadro 2), indica que las variaciones en el rendimiento en un 36 o/o explican las variaciones en el peso promedio de semilla cuando el número de semillas por planta permanece constante.

El grado de asociación simple entre el rendimiento y el número de semillas por planta, 0.950^{**} (fig 2), indica que al incrementar o disminuir el número de semillas por planta se incrementa o se disminuye el rendimiento. El coeficiente de correlación parcial, $r_{Y \cdot X_2 \cdot X_1} = 0.787^{**}$ (Cuadro 2), indica que las variaciones en el rendimiento en un 61.93 o/o son explicadas por las variaciones en el número de semillas por planta cuando el peso promedio de semilla permanece constante.

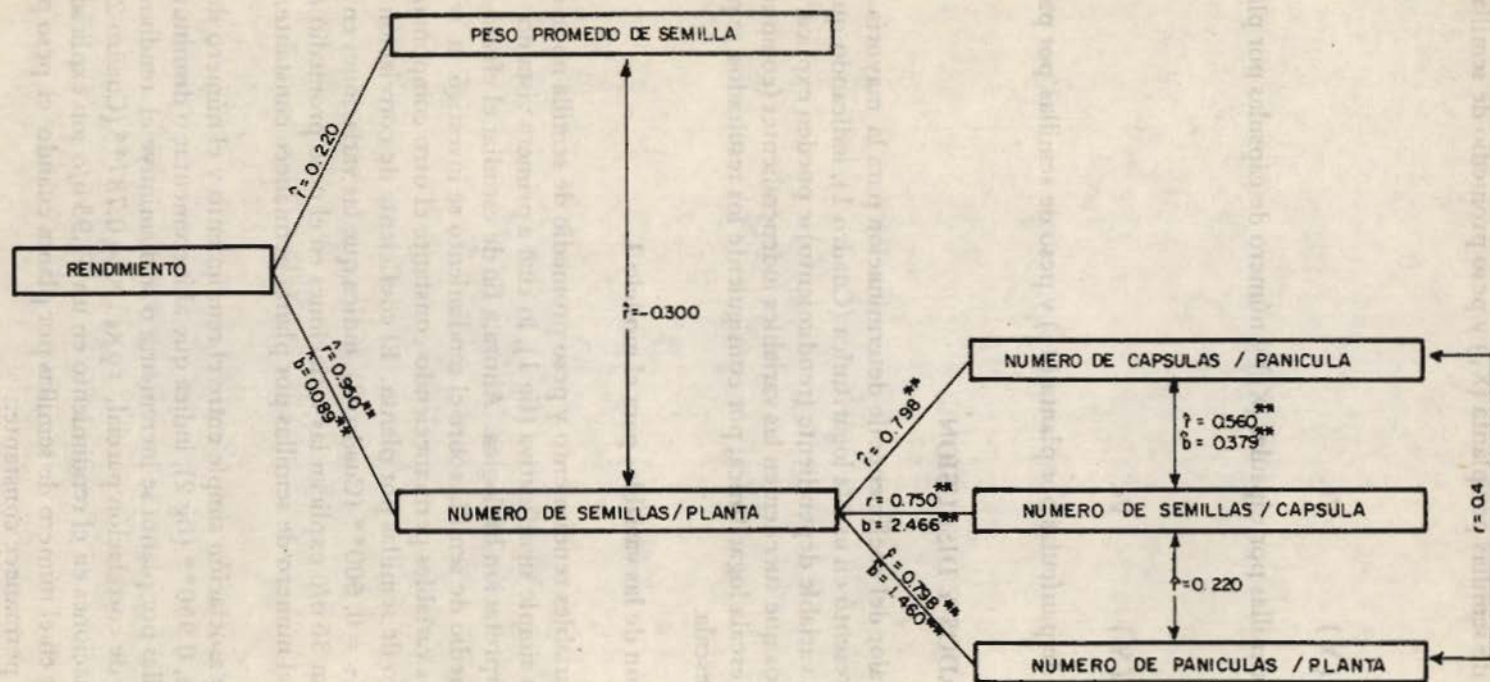


FIG. 1 Coeficientes de correlación (\hat{r}) y regresión (\hat{b}) simples en escala logarítmica para el modelo - 1.

LOGARITMO DEL RENDIMIENTO

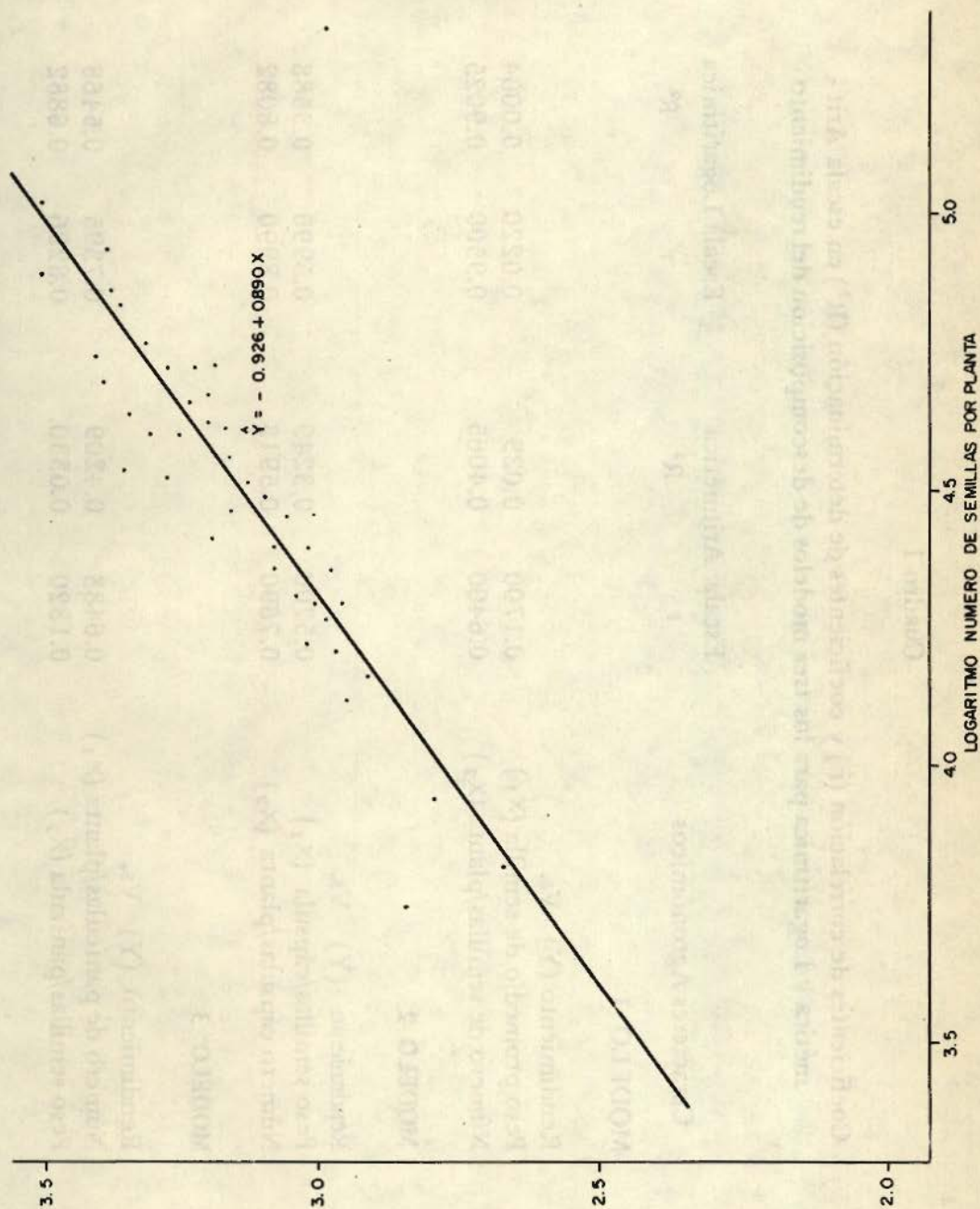


FIG. 2 Relación entre logaritmo del rendimiento y el logaritmo del número de semillas por planta.

Cuadro 1

Coefficientes de correlación (\hat{r}) y coeficientes de determinación (R^2) en escala Aritmética y Logarítmica para los tres modelos de descomposición del rendimiento

Caracteres Agronómicos	Escala Aritmética		Escala Logarítmica	
	\hat{r}	R^2	\hat{r}	R^2
MODELO 1				
Rendimiento (Y) Vs.				
Peso promedio de semilla (X_1)	0.1700	0.029	0.0220	0.0004
Número de semillas/planta (X_2)	0.6400	0.4065	0.9500	0.9025
MODELO 2				
Rendimiento (Y) Vs.				
Peso semillas/cápsula (X_1)	0.5700	0.3249	0.5990	0.3588
Número cápsulas/planta (X_2)	0.7690	0.5913	0.8990	0.8082
MODELO 3				
Rendimiento (Y) Vs.				
Número de panículas/planta (X_1)	0.6488	0.4209	0.7395	0.5468
Peso semillas/panícula (X_2)	0.1820	0.0330	0.8296	0.6882

El coeficiente de correlación múltiple entre el rendimiento y peso promedio de semilla y el número de semillas por planta, $R_{Y \cdot X_1 X_2} = 0.790^{**}$ (Cuadro 2), indica que la relación conjunta de éstas dos variables en un 62.41 o/o explica las variaciones en el rendimiento. Se encontró la siguiente ecuación de regresión:

$$\hat{Y} = 325.940 + 6511.340 X_1 + 0.036 X_2$$

El rendimiento (Y) aumenta en 6511.340 g en promedio por cada gramo de incremento en el peso promedio de semilla (X_1) y en 0.036 g en promedio al incrementar en una unidad el número de semillas (X_2).

Entre los componentes primarios: peso promedio de semilla y número de semillas por planta no se encontró asociación simple significativa 0.300.

Desde el punto de vista del mejoramiento genético del achote se puede decir que las variaciones en el rendimiento se pueden explicar mejor por

Cuadro 2

Coeficientes de correlación múltiple ($R_{Y \cdot X_1 X_2}$) y coeficientes de correlaciones parciales ($r_{Y X_1 \cdot X_2}$ y $r_{Y X_2 \cdot X_1}$) entre el rendimiento y sus componentes primarios, para los tres modelos.

Caracteres Agronómicos	$R_{Y \cdot X_1 X_2}$	$r_{Y X_1 \cdot X_2}$	$r_{Y X_2 \cdot X_1}$
MODELO 1			
Rendimiento (Y) Vs.			
Peso promedio de semilla (X_1)			
Número de semillas/planta (X_2)	0.790**	0.600**	0.787**
MODELO 2			
Rendimiento (Y) Vs.			
Peso de semillas/cápsula (X_1)			
Numero de cápsulas/planta (X_2)	0.928**	0.790**	0.960**
MODELO 3			
Rendimiento (Y) Vs.			
Número de panículas/planta (X_1)			
Peso de semillas/panícula (X_2)	0.935**	0.773**	0.885**

las variaciones en el número de semillas por planta que por el peso promedio de semilla. Sin embargo no debe olvidarse que un cambio leve en el peso promedio de semilla causa un cambio grande en el rendimiento del achiotte. Por tanto, en un programa de selección se debe procurar combinar alto peso promedio de semilla y alto número de semillas por planta con miras a incrementar el rendimiento.

3.2. Asociación de las variables para el modelo 2.

Las asociaciones simples entre el rendimiento y sus componentes primarios fueron positivas y altamente significativas (fig 3, 4). El valor del coeficiente de correlación simple entre el rendimiento y el peso de semillas por cápsula fué de 0.599**; mientras que entre rendimiento y el número de cápsulas por planta fué de 0.899** lo cual indica que este último carácter explica en un 80.82 o/o la variación en el rendimiento, mientras que el carácter peso de semilla por cápsula explica en un 35.38 o/o la variación en el rendimiento.

No se encontró asociación significativa entre los dos componentes primarios del rendimiento: peso de semillas por cápsulas y número de cápsulas por planta (fig 3).

El coeficiente de correlación múltiple entre el rendimiento y sus dos componentes primarios, $R_{y \cdot X_1 X_2} = 0.928^{**}$ (Cuadro 2), indica que la relación conjunta peso de semillas por cápsula y número de cápsulas por planta explican en un 86.11 o/o la variación en el rendimiento.

Los coeficientes de correlación parcial entre el rendimiento y sus componentes primarios o peso de semillas por cápsula y número de cápsulas por planta fueron $r_{y \cdot X_1 \cdot X_2} = 0.790^{**}$ y $r_{y \cdot X_2 \cdot X_1} = 0.960^{**}$ respectivamente (Cuadro 2). El valor de éste último coeficiente fué más alto que el coeficiente de correlación múltiple, debido posiblemente al efecto del peso de semilla por cápsula que al presentar un grado de asociación menor hace que la relación total disminuya. Se encontró la siguiente ecuación de regresión:

$$\hat{Y} = 1806.871 + 1435.922 X_1 + 0.029 X_2$$

De acuerdo a la ecuación anterior puede verse que de los dos componentes primarios el peso de semilla por cápsula es el carácter que más afecta al rendimiento, al cambiar una unidad.

Si se tiene en cuenta el modelo 2 en un programa de selección de achiotte por rendimiento se deben considerar los dos componentes primarios por-

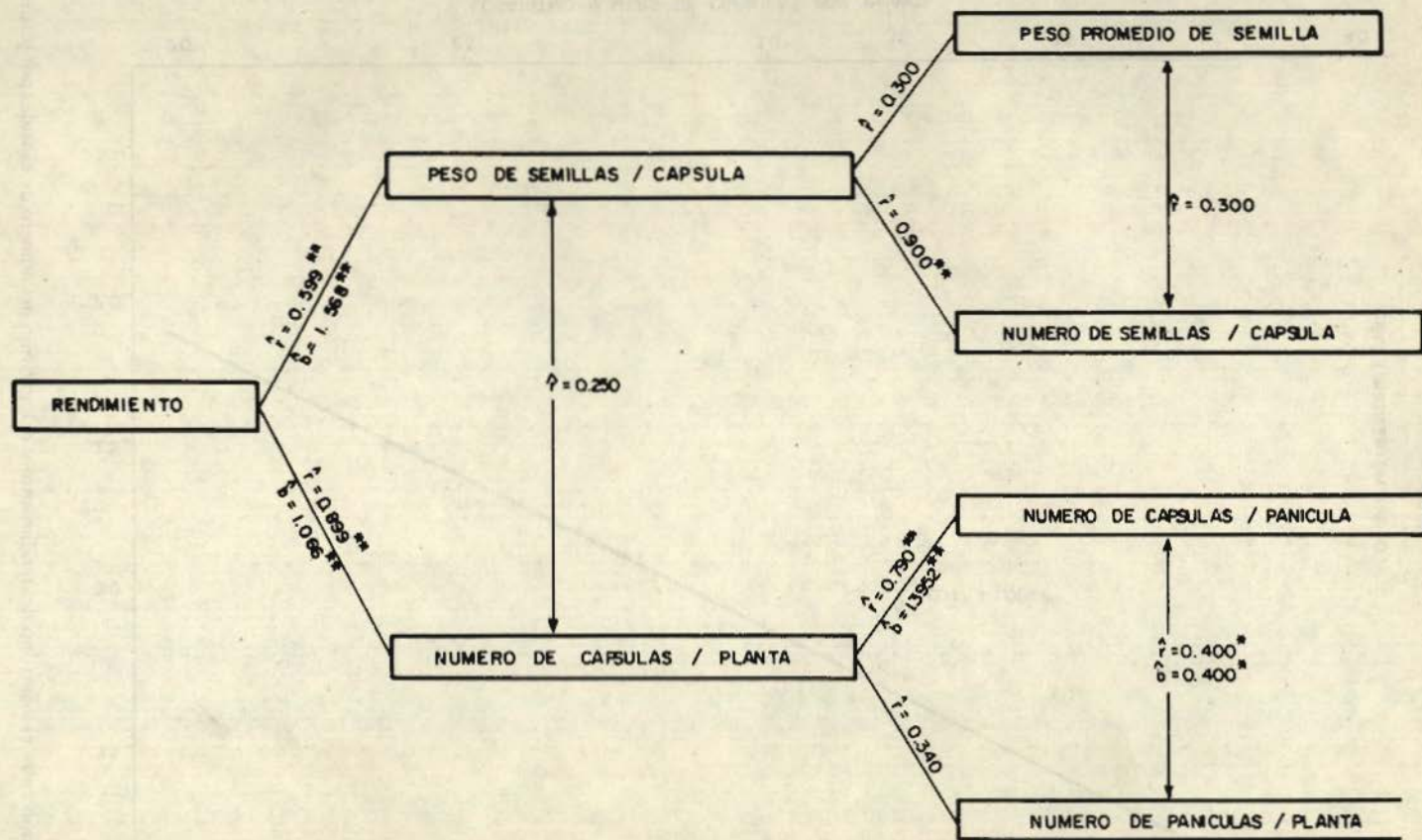


FIG. 3 Coeficiente de correlación (\hat{r}) y regresión (\hat{b}) simples en escala logarítmica para el modelo-2.

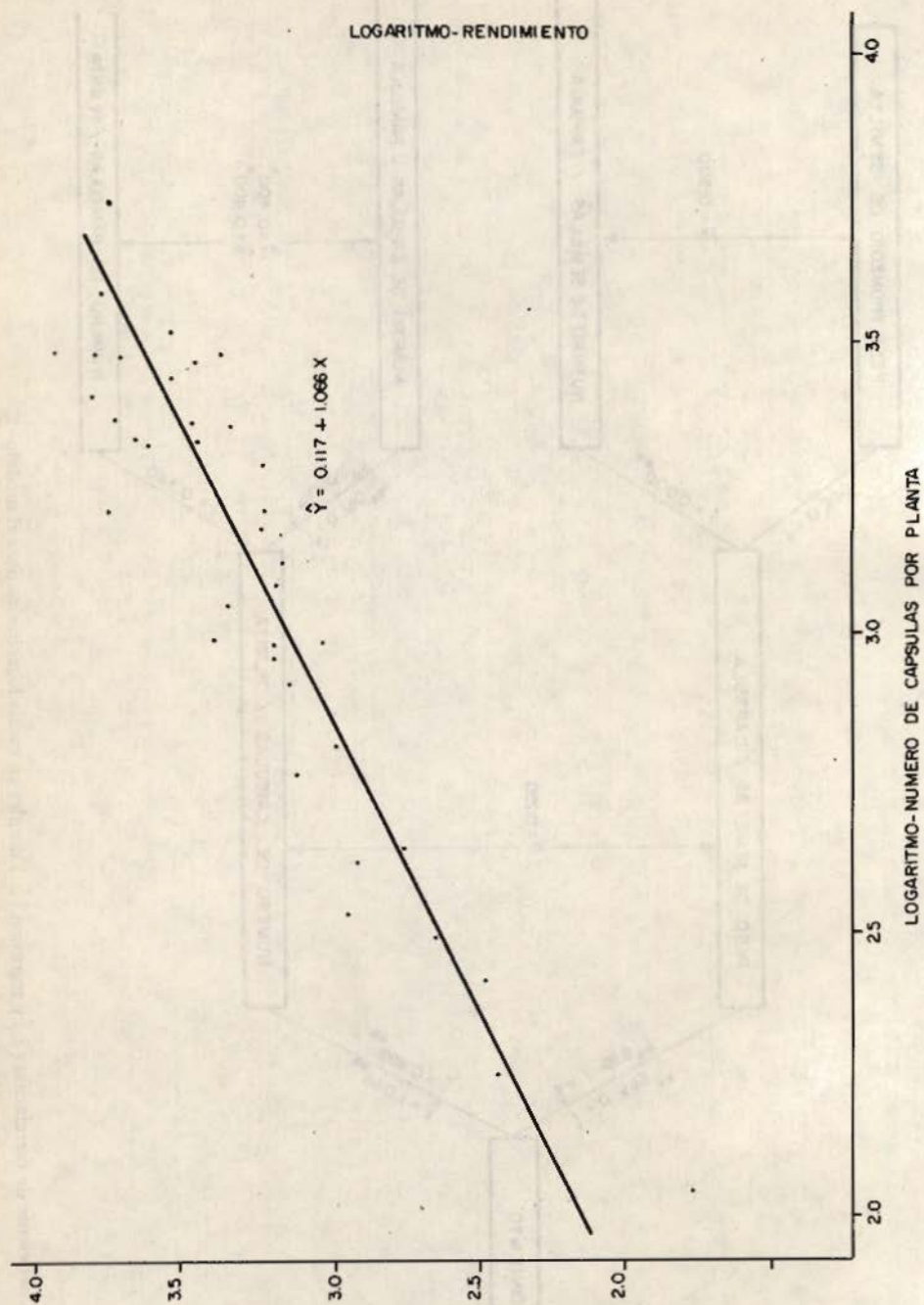


FIG. 4 Relación entre el logaritmo del rendimiento y el logaritmo del número de cápsulas por planta.

que el número de semilla por cápsula presenta la mayor asociación con el rendimiento, pero no se debe olvidar que un cambio, por leve que sea, en el peso de semilla por cápsula causa un cambio grande en el rendimiento.

3.3. Asociación de las variables para el modelo 3.

Las asociaciones simples entre el rendimiento y sus componentes primarios fueron positivas y altamente significativas (fig 5, 6, 7). El valor del coeficiente de correlación simple entre el rendimiento y el número de panículas por planta fué de 0.739**; mientras que entre rendimiento y el peso de semillas por panícula fué 0.829**, lo cual indica que éste último carácter explica en un 68.72 o/o las variaciones en el rendimiento y el número de panículas lo hace en un 53.29 o/o. No se encontró asociación significativa entre el número de panículas por planta y peso de semillas por panícula.

El coeficiente de correlación múltiple entre el rendimiento y sus componentes primarios, $R_{y \cdot X_1 X_2} = 0.935^{**}$ (Cuadro 2), indica que la relación conjunta número de panículas por planta y peso de semillas por panícula explica en un 87.40 o/o los cambios ocurridos en el rendimiento.

El coeficiente de correlación parcial entre el rendimiento y el número de panículas por planta fué $r_{y \cdot X_1 \cdot X_2} = 0.773^{**}$ y entre el rendimiento y el peso de semillas por panícula fué $r_{y \cdot X_2 \cdot X_1} = 0.885^{**}$ (Cuadro 2). Como puede verse, el coeficiente de correlación múltiple fué mayor que cualquiera de los coeficientes parciales, indicando que el efecto conjunto de los componentes primarios explican mejor el rendimiento. Se encontró la siguiente ecuación de regresión:

$$\hat{Y} = 361.960 + 67.380 X_1 + 6.295 X_2$$

Según la ecuación, de los dos componentes primarios el número de panículas por planta es el carácter que más afecta el rendimiento al presentar un cambio de unidad.

Si en un programa de selección de achote por rendimiento se tiene en cuenta el modelo 3, se deben considerar sus dos componentes primarios ya que el peso de semillas por panícula presenta la mayor asociación con el rendimiento, pero los mayores cambios por unidad de variación los causa el número de panículas.

Desde el punto de vista matemático, los componentes primarios del rendimiento de achote en los tres modelos, pueden considerarse como buenos índices de selección. Sin embargo, desde el punto de vista práctico

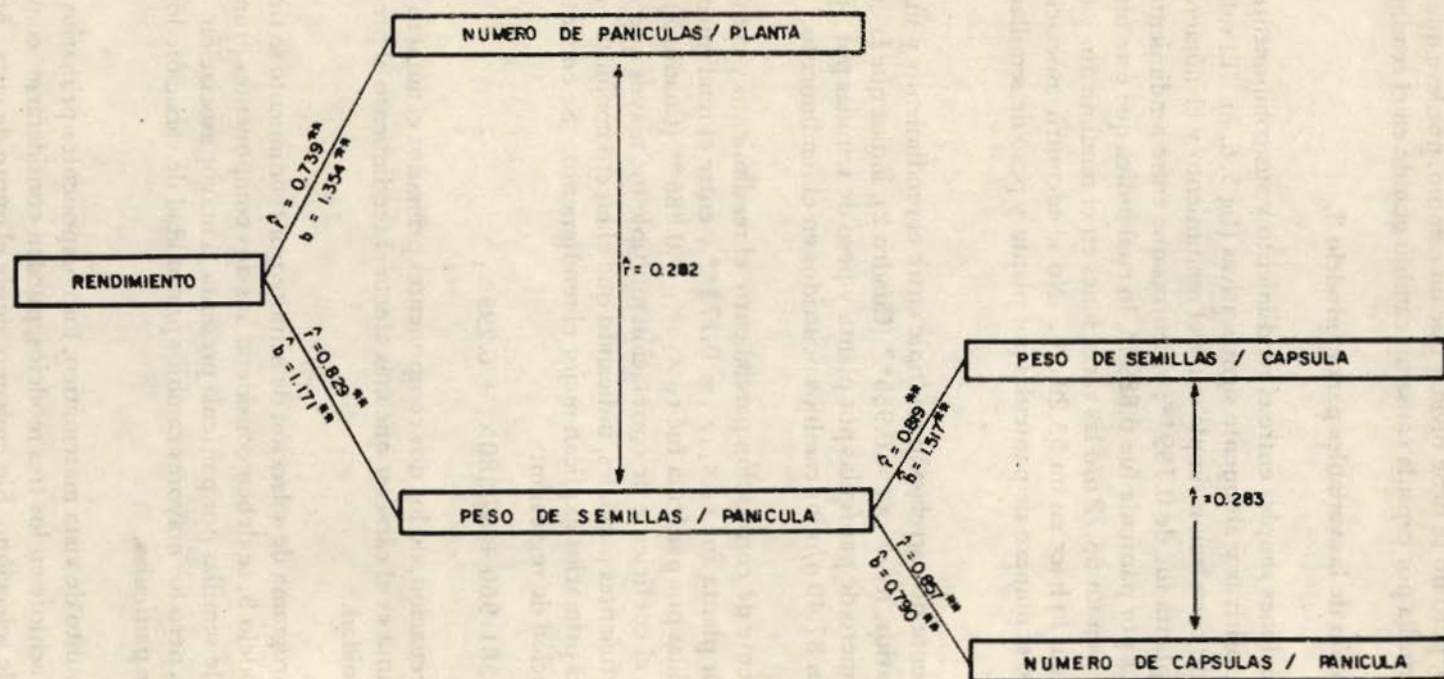


FIG. 5 Coeficiente de correlación (\hat{r}) y regresión (\hat{b}) simples en escala logarítmica para el modelo 3.

LOGARITMO DE RENDIMIENTO

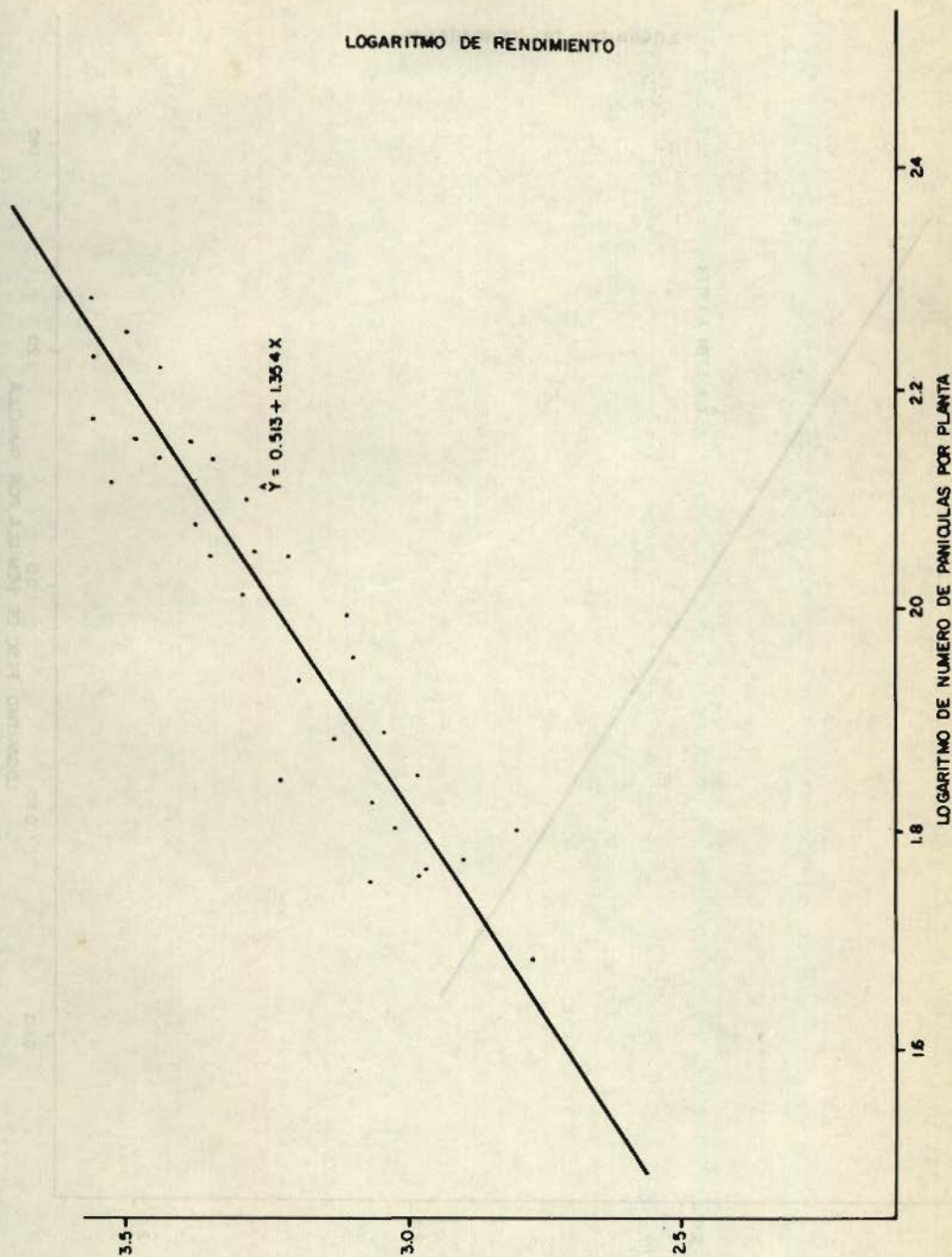


FIG. 6 Relación entre el logaritmo del rendimiento y el logaritmo de número de panículas por planta.

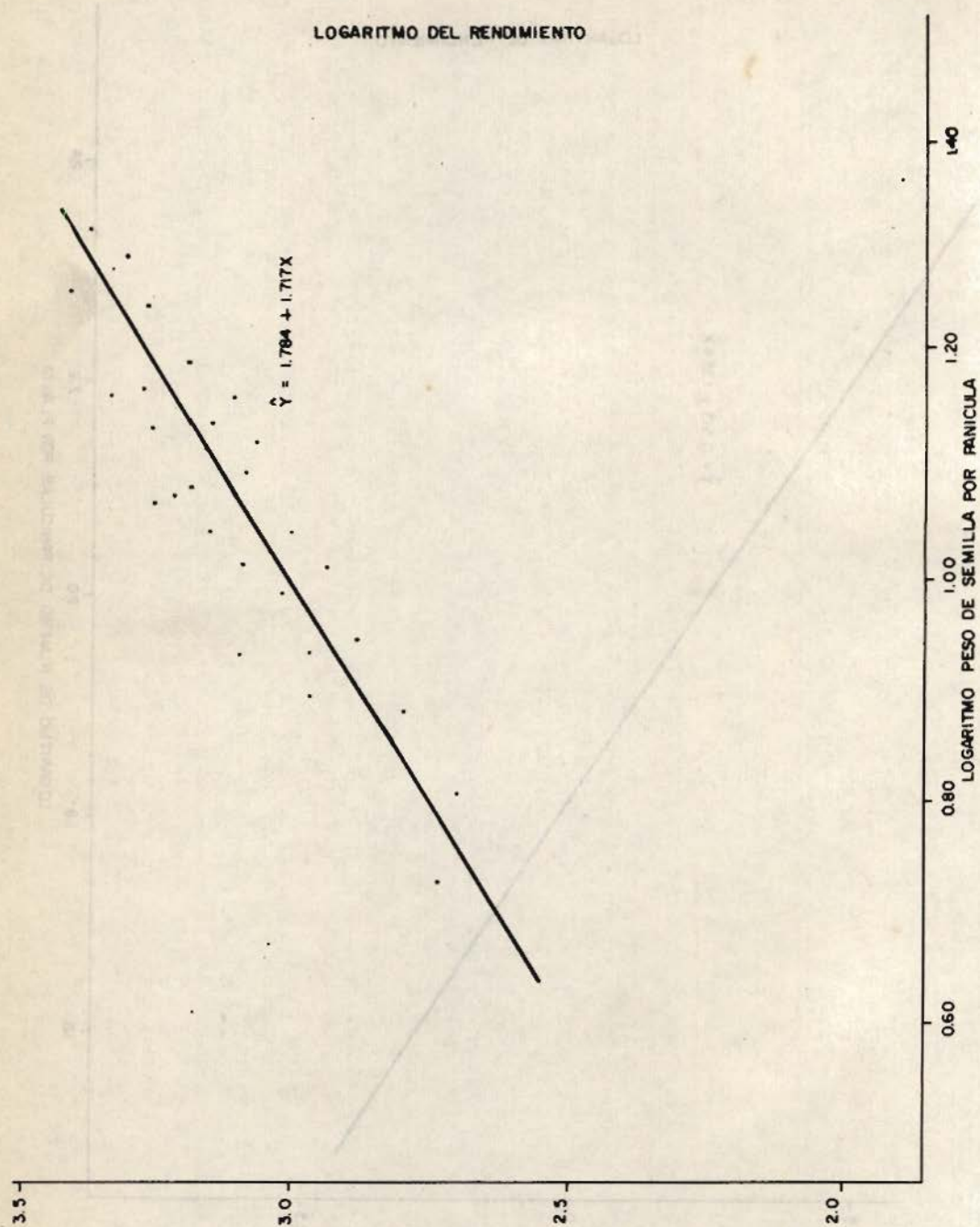
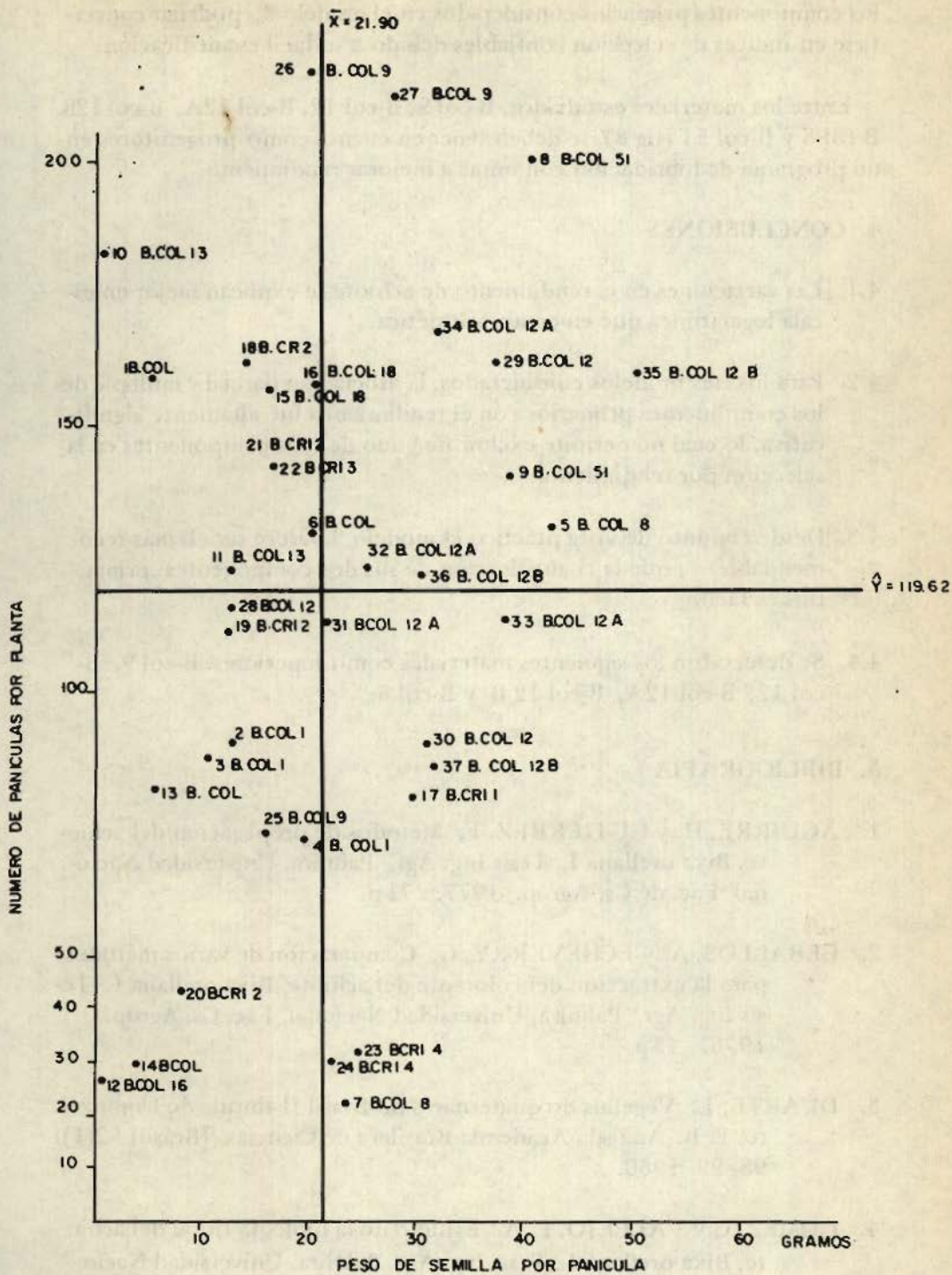


FIG. 7 Relación entre el logaritmo del rendimiento y el logaritmo del peso de semillas por panícula.



asificación de los 37 materiales de achote por el carácter rendimiento para el modelo 3.

los componentes primarios considerados en el modelo 3, podrían convertirse en índices de selección confiables debido a su fácil cuantificación.

Entre los materiales estudiados, B-col 9, B-col 12, B-col 12A, B-col 12B B-col 8 y B-col 51 (fig 8), se deben tener en cuenta como progenitores en un programa de hibridación con miras a mejorar rendimiento.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. Las variaciones en el rendimiento de achiote se explican mejor en escala logarítmica que en escala aritmética.
- 4.2. Para los tres modelos considerados, la asociación parcial y múltiple de los componentes primarios con el rendimiento fué altamente significativa, lo cual no permite excluir ninguno de esos componentes en la selección por rendimiento.
- 4.3. Desde el punto de vista práctico el modelo 3 parece ser el más recomendable ya que la cuantificación de sus dos componentes primarios es fácil.
- 4.4. Se detectaron los siguientes materiales como superiores: B-col 9, B-col 12, B-col 12A, B-col 12 B y B-col 8.

5. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, H. y GUTIERREZ, F. Métodos de propagación del achiote, *Bixa orellana* L. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Fac. de Cs. Agrop. 1977. 71 p.
2. CEBALLOS, A. y ECHEVERRY, G. Comparación de varios métodos para la extracción del colorante del achiote, *Bixa orellana* L. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Fac. Cs. Agrop. 1976. 43 p.
3. DUARTE, L. Vegetais do quaternario do Brasil II florula de Umbuzeiro. P. B. Anaisda Academia Brasileira de Ciencias. (Brasil) 52(1): 98- 99. 1980.
4. GOMEZ, C y VALLEJO, F. A. Estudio de la biología floral del achiote, *Bixa orellana* L. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Fac. Cs. Agrop. 1980. 79 p.

5. INSTITUTO AGROPECUARIO NACIONAL DE GUATEMALA. El achiote. Revista cafetalera (Guatemala). (76- 77): 23- 27, 30- 35. 1967/68.
6. INGRAM, J. The annatto tree (*Bixa orellana* L.) a guide to its ocurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Sciences. (11): 97- 102. 1969.
7. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, (Costa Rica), IICA 1968. 480 p.
8. MARTINEZ, CLAURE, C. F. Investigaciones sobre variedades de achiote. Colonias y Forestas (Perú). 12(13): 43- 48. 1955.
9. MORTON, J. Can annatto (*Bixa orellana* L.), an old somce of food color, meet new needs for or safe dye. Florida state Horticultural Society. 73: 301- 309. 1961.
10. MONGE, A. Factibilidad industrial del achiote (*Bixa orellana* L.). Escuela Politécnica Nacional (Perú). 1(1): 39- 46. 1967.
11. OHLER, J. Annatto (*Bixa orellana* L.). Tropical Abstracts. 24(7): 409- 413. 1968.
12. RIBERA, R. El achiote o bija es planta que tiene muchos usos. La Hacienda. 68(5): 26- 29. 1973.
13. SANCHEZ, R. El achiote. Agricultura tropical (Colombia). 24(4): 224- 227. 1965.
14. URQUIZA, G. y ESTRADA, L. Algunos aspectos económicos del achiote (*Bixa orellana* L.) como colorante vegetal en Colombia. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Fac. Cs. Agrop. 1977. 91 p.