

ESTIMACIÓN TEMPRANA DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO EN CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VAR. BRAMÓN I

José Bustamante¹, Anabel Casanova¹, Numa Román¹ y Carmen Monterrey¹

RESUMEN

El mejoramiento genético del cafeto a través de estrategias tradicionales es un proceso lento debido a un período juvenil largo. También involucra altos presupuestos porque se requiere de la evaluación de un gran número de líneas y la selección de las más promisorias para lograr nuevas variedades estables en el tiempo. Con el presente estudio se pretende desarrollar un índice eficiente basado en el propuesto por Walyaro y Van Der Vossen, con el fin de seleccionar en edades tempranas de desarrollo plantas deseables con alto potencial de rendimiento. Se seleccionaron plantas individuales de 20 líneas de *Coffea arabica*, var. Bramón I, las cuales fueron estudiadas durante seis años. Al segundo año de edad se determinó el diámetro de la base del tallo y durante los cuatro últimos se evaluó la producción de café cereza por planta, estimándose en café oro por hectárea. Los resultados mostraron una correlación entre el diámetro de la base del tallo y la producción del segundo y tercer año. Por tal motivo, estos parámetros pueden ser usados para predecir el potencial de rendimiento de líneas de café. Se desarrolló la siguiente ecuación que incluye el diámetro de la base del tallo y la producción del segundo y tercer año: $Y = 0,20\varnothing + 0,44 P_{2,3} + 0,60$ ($R^2 = 0,91^{**}$). Este índice tuvo alta relación con la producción promedio de cuatro años y puede permitir la selección de progenies promisorias cuando se pretende realizar una selección de alta intensidad en café.

Palabras clave adicionales: Mejoramiento, producción, índice de selección

ABSTRACT

Early estimation of potential yield in coffee (*Coffea arabica* L.) var. Bramón I

Genetic improvement in coffee by conventional breeding strategies is a slow process because of the long pre bearing period and also requires high budgets as it involves the evaluation of a large number of generations for obtaining stable varieties. Hence, the present study is aimed at developing an efficient selection index in coffee to select the desirable plants with consistent yield potential, in the early stages of plant life. Individual plants of 20 breeding lines of *Coffea arabica* var. Bramón I were selected, and at the second year of age the stem diameter at base was determined. Initial production of these plants was recorded for four consecutive years and evaluated the production of cherry beans per plant and estimated the yield of green coffee per hectare. The results showed that there was a correlation between the diameter of the stem base and clean coffee yield and hence this parameter could be indirectly used for predicting the yield potential of a line. An equation was formulated by including the diameter of the stem base and the production of second and third year ($Y = 0.20\varnothing + 0.44 P_{2,3} + 0.60$ ($R^2 = 0.91^{**}$)). This new index had strong correlation with the average production levels of four years and may allow the selection of promising plant types, facilitating for high intensity selection in coffee.

Additional key words: Plant breeding, yield, selection index

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es un cultivo que mundialmente reviste gran importancia y en Venezuela es la base de subsistencia de gran parte de pequeños productores. Además es un cultivo conservacionista, ya que mediante un manejo racional evita la erosión del suelo en zonas con pendiente elevada.

La producción de café se ha visto limitada en

muchas zonas de piso bajo en Venezuela por el ataque severo de la roya. Esto debido a la alta susceptibilidad al patógeno que presentan las principales variedades comerciales cultivadas (Bustamante et al., 2001), además de la poca variabilidad genética existente en esta especie (Bustamante y Polanco, 1999; Anthony et al., 2001; Prakash et al., 2002).

En la búsqueda de germoplasma de menor susceptibilidad se recurre a programas de

Recibido: Octubre 1, 2002

Aceptado: Noviembre 20, 2003

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Táchira. Bramón, estado Táchira. CP 5030. email: jbustamante@inia.gov.ve

mejoramiento genético, pero éstos son relativamente largos, ya que se requiere el estudio de muchas generaciones. Se estima que para la selección de progenies se requiere de por lo menos 8 cosechas comerciales de café, o sea alrededor de 11 años, por lo que la correlación entre caracteres juveniles y maduros se ha estudiado con gran interés en la búsqueda de la reducción del tiempo de duración de los ciclos de mejoramiento.

Walyaro y Van Der Vossen (1979) determinaron una correlación entre el rendimiento acumulado de dos cosechas con plantas de café de 5-6 años, siendo la heredabilidad para el rendimiento de 0,29 para el primer año y 0,72 para el acumulado de los dos primeros años. Desarrollaron además un índice de selección el cual utiliza el diámetro de la base del tallo y el rendimiento de los dos primeros años. Moncada et al. (1993) seleccionaron progenies al usar el rendimiento acumulado durante los tres primeros años. Cilas et al. (1998) encontraron una correlación positiva entre caracteres morfológicos, como diámetro de la base del tallo, altura y número de ramas primarias, con el rendimiento acumulado de cuatro años de evaluación.

En Venezuela, previo al ingreso de la roya al país, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) realizó introducciones de germoplasma resistente a la roya y en el año 1995 lanzó la variedad Bramón I, pero, en ella se ha observado una segregación, fundamentalmente en el porte o altura de las plantas entre descendencias de las líneas y por lo tanto se estimó como bajo nivel de homocigosis en los diferentes materiales. Por tal motivo, es necesario seleccionar las mejores progenies de cada una de las líneas que componen la variedad. Para ello se planteó el siguiente trabajo con el objetivo de desarrollar un índice de selección eficiente para estimar el potencial genético de las líneas de café en edades tempranas de desarrollo y evaluar la efectividad del mismo al compararlo con otro índice de uso común.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo experimental de El Trompillo, del INIA-Táchira, en Bramón estado Táchira, Venezuela (7° 39' N y 72° 23' W, 1105 msnm, 1350 mm de precipitación y 21 °C de

temperatura media).

Con las selecciones realizadas de un material vegetal introducido de la Universidad Federal de Vicosa en Brasil se conformó la variedad multilínea Bramón I, compuesta por un grupo de líneas de porte bajo, de alto potencial de producción de café cereza y tolerantes a la roya.

Este conjunto de líneas fue evaluado en parcelas individuales, a una distancia de 2,0 m entre hileras y 1,0 m entre plantas con una densidad de siembra de 5.000 plantas por hectárea. De acuerdo a evaluaciones fenotípicas realizadas a las líneas con problemas de segregación, se seleccionaron ocho plantas individuales de cada una de ellas, todas de porte bajo. En total se marcaron 160 plantas individuales, para seleccionar las 32 mejores (una intensidad de selección del 20 %).

Al segundo año de edad de la plantación se registró el valor del diámetro de la base del tallo a 10 cm del nivel del suelo, y durante cuatro años consecutivos se evaluó la producción de café cereza por planta y el porcentaje de granos vanos. Para esto se tomaron 100 cerezas por cosecha, se sumergieron en agua y se contaron las que flotaban. Una muestra de café cereza de cada progenie fue beneficiada por vía húmeda y secada hasta un 12% de humedad; con este último valor se estimó la producción de café oro por planta, y con la densidad de siembra, se estimó la producción por hectárea y por año.

Los valores fueron introducidos en la siguiente ecuación de Walyaro y Van Der Vossen (1979) con la finalidad de seleccionar las plantas de mayor potencial:

$$IS = 0,14 \text{ } \varnothing + 0,28 P(1,2)$$

Donde IS: índice de selección

$\varnothing$: diámetro del tallo (cm)

P(1,2): producción promedio de café cereza en los años 1 y 2 (kg/planta)

Con los valores del diámetro de la base del tallo de cada progenie y el promedio de producción de café cereza por planta durante el segundo y tercer año, se desarrolló un nuevo índice de selección. Para ello se realizó un análisis de regresión múltiple así como una correlación entre estas variables y la producción por planta durante cuatro años.

Adicionalmente, se calculó la efectividad del índice de selección obtenido en el presente trabajo al comparar la estimación de la producción con la

producción real durante cuatro años consecutivos. Los análisis se realizaron a través del paquete estadístico Statistix 1.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de regresión indica que existió una relación entre la producción promedio de café cereza del segundo y/o tercer año, así como del diámetro de la base del tallo, y el promedio de producción durante cuatro años. Las diferentes ecuaciones obtenidas, en las que participan el diámetro y las producciones en forma individual o combinados, se muestran en el Cuadro 1, donde Y corresponde al promedio de producción de café cereza por planta durante cuatro años (kg), Ø es el diámetro de la base del tallo en el segundo año (cm), y P2 y P3 es la producción de café cereza por planta al segundo y tercer año, respectivamente.

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión para estimar la producción en líneas de café

$Y = 0,867 \text{ Ø} - 1,2532$	$R^2 = 0,67^*$
$Y = 0,381 \text{ P2} + 1,887$	$R^2 = 0,31^*$
$Y = 0,349 \text{ P3} + 2,651$	$R^2 = 0,81^{**}$
$Y = 0,560 \text{ P23} + 1,366$	$R^2 = 0,86^{**}$
$Y = 0,740 \text{ Ø} + 0,215 \text{ P2} - 1,647$	$R^2 = 0,69^*$
$Y = 0,253 \text{ Ø} + 0,282 \text{ P3} + 1,385$	$R^2 = 0,83^{**}$
$Y = 0,20 \text{ Ø} + 0,44 \text{ P2,3} + 0,60$	$R^2 = 0,91^{**}$

La última ecuación, con mayor coeficiente de determinación, fue la que mejor estimó la producción en líneas promisorias. En tal sentido, se utilizó esta ecuación, que representa una variante de la original de Walyaro y Vander Der Vossen (1979), para realizar nuevos estimados de producción.

El Cuadro 2 muestra la producción de café cereza por planta promedio de los cuatro primeros años de cosecha comercial. Se indican también el valor de los índices de selección obtenidos en este trabajo para las mejores progenies seleccionadas. Sólo las líneas que durante cuatro años mostraron rendimiento promedio superior a 2,5 kilogramos de café cereza por planta y un valor de 1,71 kilogramos de café cereza por planta según el índice de Walyaro y Van Der Vossen (1979) fueron escogidas, siendo éste el valor límite de referencia para realizar una selección del 20% de las mejores progenies. Las progenies

seleccionadas por ambos métodos concuerdan en un 90% y sólo algunas son aceptadas por un método y rechazadas por el otro, lo que demuestra la similitud de ambos índices en la selección temprana de progenies con alto potencial genético de rendimiento.

Es importante enfatizar el potencial observado en las progenies de la línea 17, ya que 7 de las 32 mejores presentaron un valor de índice de selección mayor a 1,90 y 3,525 kg/planta ($75 \text{ qq} \cdot \text{ha}^{-1}$) en promedio de cuatro años. Destacan además progenies de las líneas 15 ($15^{4/6}$), 9 ($9^{3/6}$, $9^{5/3}$), 16 ($16^{5/10}$; $16^{5/3}$ y $16^{5/7}$) y 17 ($17^{4/7}$; $17^{6/10}$, $17^{5/6}$); con rendimientos superiores a 4,700 kg/planta ($100 \text{ qq} \cdot \text{ha}^{-1}$) y con muy bajo porcentaje de granos vanos. De igual manera, se debe destacar la progenie $3^{2/8}$, con rendimiento promedio de 4,483 kg/planta, muestra cierta estabilidad ya que se aprecia en menor grado la bianualidad de la producción (alta producción de un año, seguida de una baja al año siguiente). En ella la diferencia entre un año y otro no alcanzó 0,800 kg de café cereza por planta (Figura 1).

El índice de selección propuesto indica una efectividad de un 80% para unas progenies muy productivas a casi 99%, con un promedio de 94% en las otras. Progenies de la línea 9 ($9^{3/6}$; $9^{4/8}$ y $9^{5/3}$), el índice original las ubica en la posición 23, 21 y 18, mientras que al aplicar el índice propuesto, ellas ascienden al número 3, 12 y 7, respectivamente, lo cual concuerda mejor con los valores de producción promedio de las cuatro primeras cosechas.

El Cuadro 4 muestra los valores de correlación entre el diámetro de la base del tallo y el rendimiento promedio durante los cuatro primeros años. Se observa que la característica del diámetro de la base del tallo tuvo una gran importancia para estas progenies, mientras que hubo una baja correlación entre esta característica y la producción de los dos primeros años, en contraste con la del segundo y tercer año.

Los resultados de la presente investigación ratifican la importancia del valor del diámetro de la base del tallo en la selección preliminar de líneas altamente rendidoras. Ello concuerda con el índice de selección original, aunque aparentemente con una importancia relativa mayor ya que estimó una producción más ajustada al promedio real de café cereza por planta durante

las cuatro primeras cosechas. Sin embargo, su aplicación requeriría de un año adicional de mediciones ya que utiliza los valores de producción hasta el tercer año.

Cuadro 2. Resumen de la producción de café cereza por planta promedio de diferentes años así como la producción esperada aplicando el índice de selección de Walyaro y Van Der Vossen original y modificado

Progenie	Diámetro de la base del tallo (cm)	Promedio años 1 y 2 (kg/planta)	Promedio años 2 y 3 (kg/planta)	Promedio cuatro años (kg/planta)	Producción estimada (kg/planta)		% Granos vanos
					Índice de selección Walyaro y Van Der Vossen (1979)	Índice de selección modificado	
L15 4/6	9,0	5,125	10,150	7,750	2,695	6,866	1
L17 6/10	8,0	6,913	9,813	7,208	3,056	6,518	1
L9 3/6	7,8	3,550	9,120	6,747	2,086	6,173	1
L16 5/10	7,6	5,450	9,440	6,693	2,590	6,274	2
L17 4/7	7,0	4,650	9,100	6,633	2,282	6,004	1
L19 1/8	7,0	6,088	6,763	5,908	2,685	4,976	4
L9 5/3	9,1	2,775	7,295	5,530	2,051	5,630	1
L9 3/5	7,3	3,175	7,985	5,757	1,905	5,565	6
L16 5/3	6,4	3,913	7,275	5,392	1,989	5,077	7
L16 5/7	7,2	3,963	6,850	5,225	2,115	5,050	4
L10 3/5	6,8	2,900	5,940	4,627	1,760	4,568	4
L9 4/8	7,0	3,675	5,810	4,590	2,009	4,556	4
L15 1/4	5,6	4,625	5,850	4,567	2,076	4,290	1
L7 2/1	5,9	5,138	3,103	4,485	2,260	3,139	4
L3 2/8	5,2	4,685	4,490	4,483	2,034	3,608	5
L8 2/1	5,6	5,975	5,075	4,317	2,454	3,949	4
L3 3/6	7,4	3,850	6,340	4,627	2,120	4,878	5
L15 4/7	6,3	3,100	5,125	4,017	1,754	4,121	1
L17 5/6	7,6	5,510	4,025	4,340	2,607	3,891	2
L3 1/1	6,3	3,625	4,900	3,933	1,891	4,008	2
L17 6/3	5,0	5,350	4,850	3,900	2,198	3,734	1
L6 2/2	7,4	5,050	3,900	3,700	2,456	3,804	1
L17 1/4	7,6	4,300	4,525	3,683	2,269	4,113	2
L17 5/4	6,7	3,475	4,525	3,683	1,905	3,923	1
L1 1/4	4,3	4,075	2,565	3,677	1,749	2,597	2
L1 2/5	6,0	4,825	2,200	3,550	2,191	2,768	1
L16 2/1	7,0	4,263	4,213	3,475	2,171	3,850	3
L17 1/8	5,1	4,900	4,900	3,800	2,089	3,780	3
L18 6/3	5,1	4,875	2,350	3,733	2,079	2,654	2
L16 1/8	5,7	3,563	3,863	3,242	1,798	3,444	1
L8 6/1	5,8	4,100	3,500	3,067	1,954	3,292	4
L15 3/9	4,2	4,000	3,500	3,000	1,714	2,988	1

Walyaro y Van Der Vossen (1979) publicaron su ecuación, estimando la producción sólo en una línea o en una variedad homogénea, pero en nuestro caso, el estudio se llevó a cabo con una variedad multilínea (variedad compuesta por varias

líneas de origen genético diferente). Por tal motivo, consideramos que la modificación propuesta en el presente trabajo, puede tener una mayor adaptabilidad, y estimar mejor la producción cuando se evalúa material de amplia base genética.

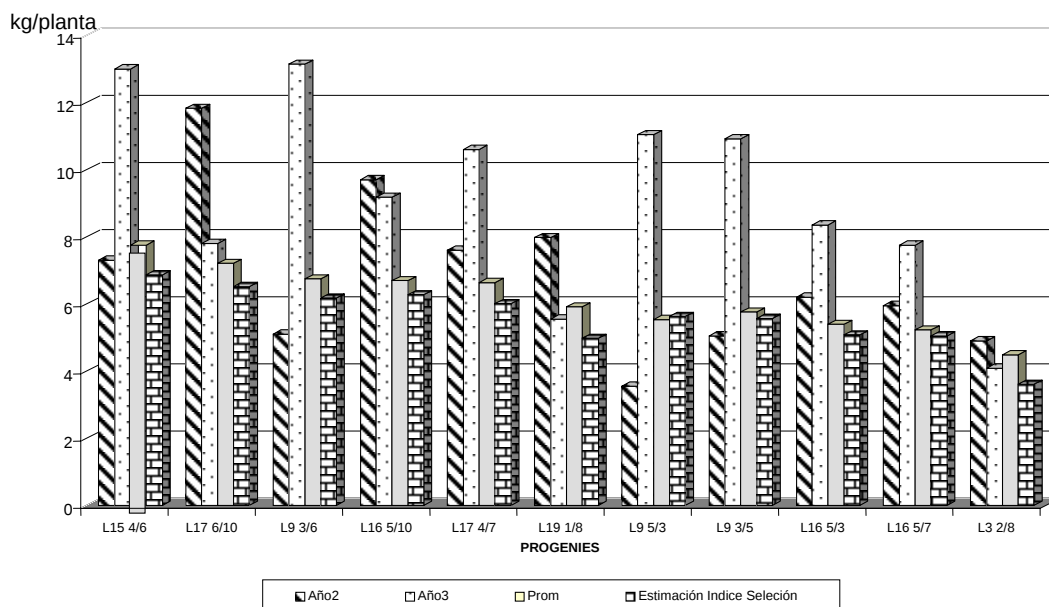


Figura 1. Producción de café cereza por planta al segundo y tercer año, promedio durante los cuatro primeros años y la estimación de la producción de acuerdo al índice de selección propuesta en las mejores progenies de la variedad Bramón I

La primera cosecha comercial no presentó ninguna relación con el promedio general, y tal como sucedió con varias líneas, el mayor potencial de rendimiento lo poseen a partir de la tercera cosecha. Sería recomendable incorporar en el futuro caracteres morfológicos y de vigor que

incluyan la apariencia fenotípica como caracteres cualitativos, con lo que se podría aumentar la eficiencia de selección en edades tempranas del desarrollo de la plantación y producir en menor tiempo nuevas variedades de café con alta capacidad de rendimiento.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación (r) entre el diámetro de la base del tallo (cm) a los dos años de edad y la producción promedio de café cereza (kg/planta) durante cuatro años en progenies de café Variedad Bramón I

	Años 1 y 2	Años 2 y 3	Años 1, 2 y 3	Años 1, 2, 3 y 4
Años 1, 2, 3 y 4	0,38	0,77	0,80	0,83
	0,52	0,95	0,96	1,00

CONCLUSIONES

Se ratificó que el valor del diámetro de la base del tallo es una característica morfológica muy importante para en la selección preliminar de líneas de café.

Se propone una variante al índice de selección original de Walyaro y Van Der Voseen, la cual utiliza el rendimiento promedio de la producción de café cereza de la segunda y tercera cosecha:

$$Y = 0,20 \text{ Ø} + 0,44 \text{ P}(2,3) + 0,60.$$
 Esta ecuación

probó ser más sensible para detectar progenies con alto potencial de rendimiento a partir de este período, aunque requiere de un año adicional de mediciones previo a su aplicación.

AGRADECIMIENTO

Al personal obrero del Campo Experimental El Trompillo del CIAE-Táchira, en Bramón, por su constancia en la evaluación de cosecha y beneficiado por vía húmeda de las progenies.

LITERATURA CITADA

1. Anthony F., B. Bertrand, O. Quiros, A. Wilches, P. Lashermes, J. Berthaud y A. Charrier. 2001. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. *Euphytica* 118(1): 53-65.
2. Bustamante J. y D. Polanco-Loaiza. 1999. Caracterización molecular de genotipos de café (*Coffea arabica* L.). *Anales de Botánica* 66:21-28.
3. Bustamante, J., A. Sarmiento, A. Casanova, E. Contreras, C. Yáñez, C. Romero, I. Peña, A. Verenzuela, N. Morales, J. Garnica y N de Colmenares. 2001. Caracterización de Resistencia Incompleta a *Hemileia vastatrix* en genotipos de café (*Coffea arabica* L.) variedad Bramón I. *Bioagro* 13(2): 65-70.
4. Cilas, C., P. Bouharmont, M. Boccara, A.B. Eskes y P. Baradat. 1998. Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. *Euphytica* 104(1): 49-59.
5. Moncada, P., M. Casler y M. Clayton. 1993. An approach to reduce the time required for bean yield evaluation in coffee breeding. *Crop Science* 33: 448-452.
6. Prakash, N.S., M.C. Combes, N. Somanna y P. Lashermes. 2002. AFLP analysis of introgression in coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) derived from a natural interspecific hybrid. *Euphytica* 124(3): 265-271.
7. Walyaro, D. y H. Van Der Vossen. 1979. Early determination of yield potential in arabica coffee by applying index selection. *Euphytica* 28: 465-472.