

Evaluación de la estabilidad genotípica de cultivares precomerciales cubanos de café (*Coffea arabica* L.) mediante las representaciones Biplots¹

José Lacerra-Espino,* Merardo Ferrer-Viva,* María Esther González-Vega,** Yojana Rodríguez-Benito*** y Pedro Manuel Miranda-Bermúdez*

Resumen

Con el objetivo de estimar la estabilidad genotípica en cultivares cubanos de café mediante el empleo del método Biplot, en una localidad típica de montaña del macizo Guamuha, a una altitud de 340 msnm, se desarrolló un ensayo integrado por 18 materiales y dos testigos (cv. Caturra Rojo y Villalobos). Los cafetos fueron plantados en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Se evaluó el descriptor peso de las bayas por árbol (kg^{-1}) durante seis cosechas sucesivas. Se empleó un análisis de varianza genotipo-ambiente, donde se eliminó el efecto de las réplicas en los ambientes y se ajustó un modelo de Efectos Aditivos Principales e Interacción Multiplicativa (AMMI), consistente en ajustar un Biplot a la matriz de residuales de interacción del Modelo Lineal. Los cultivares CUBCC 0514, CUBCC 0522, CUBCC 0525 y CUBCC 0528 mostraron una estabilidad fenotípica por encima de la media, poca interacción con los ambientes y la media del rendimiento superó a los demás, para las condiciones de una tecnología de bajos insumos externos con base agroecológica. A su vez se puso de manifiesto la viabilidad del método estadístico AMMI, ya que permitió la estimación de la estabilidad genotípica en materiales de café en relación con la posición al origen de coordenadas, los cultivares responsables de la interacción significativa y la identificación de los mejores con vistas a su recomendación para las localidades.

Palabras clave: café, estabilidad genotípica, interacción, método estadístico, cultivares.

Abstract

With the objective to estimating the genotypic stability in Cuban cultivars of coffee across of the employment of the Biplot method, in a typical town of the solid mountains of Guamuha, at 340 msnm an integrated rehearsal was developed by 18 materials and 2 witnesses (cv. Red Caturra and Villalobos). The coffees were planted at randomized blocks design with four replicates. The describer weight of the berries was evaluated by tree (kg^{-1}) during six successive harvests. An analysis of genotype-ambient variance was used, where the effect of the replicates was eliminated in the atmospheres and it was adjusted a model of Effects Main Preservatives and Interaction Multiplicative (AMMI), consistent in adjusting a Biplot to the womb of residual of interaction of the Lineal Pattern. The cultivars CUBCC 0514, CUBCC 0522, CUBCC 0525 and CUBCC 0528 showed a phenotypical stability above the stocking, little interaction with the atmospheres and the stocking of the yield overcame to the other ones, for the conditions of a technology of low external inputs with agro ecological base. In turn it was showed the viability of the statistical method AMMI, since it allowed the estimate of the genotypic stability in materials of coffee in connection with the position to the origin of coordinated, the cultivars responsible for the significant interaction and the identification of the best with a view to their recommendation for the towns.

Key words: coffee, genotypic stability, interaction, statistical method, cultivars.

¹ Recibido: 17/9/2012

Aprobado: 23/1/2013

*Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, invcafe@eimavc.cu

**Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, esther@inca.edu.cu

***Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba, yrodriguez@ecicc.ciges.inf.cu

Introducción

El estudio de la interacción genotipo-ambiente (IGA) es un tema de importancia en la etapa final del mejoramiento genético debido a que los patrones de respuesta de los cultivares no son uniformes a través de los diversos ambientes donde se evalúan. Generando dificultad en la selección de los mejores cultivares en los casos donde la variación en el conjunto de datos es alta, la media general no es suficiente para explicar la heterogeneidad de respuestas de cada material en los ambientes evaluados (Varela y Castillo, 2005).

Se han empleado diferentes modelos para medir la estabilidad en los cultivos (González, 2003); pero nuevos diseños más integrales han sido aplicados por los investigadores. Tal es el caso del modelo AMMI, que genera un gráfico de dos dimensiones (Biplot), en el que se pueden observar las diferencias entre ambientes, el grado de interacción de los genotipos con el ambiente,

la estabilidad y las adaptaciones específicas de algunos genotipos a determinados ambientes (Análisis de la Estabilidad Genética, 2009), por lo que este trabajo tiene el objetivo de medir la estabilidad genotípica en cultivares cubanos de café mediante el empleo del método Biplot.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el macizo Guamuhaya, localidad de Rincón Naranjo perteneciente a la UCTB Jibacoa, ubicada en los 22° 02' de latitud norte y 79° 50' de longitud oeste, a una altitud de 340 msnm, municipio de Manicaragua, provincia de Villa Clara. Los cafetos se establecieron en un suelo Fersialítico Pardo con una pendiente de 1-2 % y sombra predominante de *Leucaena leucocephala* (Lam de Wit.), *Samanea saman* (Merr.) y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Standl. a un marco de plantación de 1 m x 2 m, en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y 20 tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1. Genotipos evaluados y su origen

No.	Genotipos	Origen genético
1	CUBCC 0520	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/2 (H. de Timor)
2	CUBCC 0514	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/2 (H. de Timor)
3	CUBCC 0215	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
4	CUBCC 0223	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
5	CUBCC 0522	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
6	CUBCC 0523	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
7	CUBCC 0510	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/2 (H. de Timor)
8	CUBCC 0511	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
9	CUBCC 0515	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/2 (H. de Timor)
10	CUBCC 0521	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
11	CUBCC 0512	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/2 (H. de Timor)
12	CUBCC 0524	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
13	CUBCC 0526	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
14	CUBCC 0527	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
15	CUBCC 0525	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
16	CUBCC 0528	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
17	CUBCC 0529	19/1 Caturra rojo x CIFC 832/1 (H. de Timor)
18	CUBCC0 491 (test.)	Mutación del cultivar Bourbon
19	CUBCC 0545 (test.)	Mutación del cultivar Typica Cramer
20	CUBCC 0513	Cafetos silvestres de Etiopía(Cultivar F5)

La agrotecnia empleada en el ensayo fue de bajos insumos. Se evaluó el peso de bayas por árbol (kg/planta) mediante el pesaje de las mismas durante seis cosechas.

A excepción de los cultivares Caturra Rojo y Villalobos (18 y 19), empleados como testigo, los genotipos se obtuvieron a partir de materiales foráneos con genes de resistencia a la roya (derivados del Híbrido de Timor), sometidos a dos selecciones genealógicas de autofecundación, hasta alcanzar la séptima generación filial (F7).

La matriz de datos se procesó a través del ANOVA clasificación simple y doble con estructura factorial. *A posteriori* se realizó la prueba de Duncan. Para medir la estabilidad de los genotipos se ajustó un modelo de Efectos Aditivos Principales e Interacción Multiplicativa (AMMI), o sea, se aplicó un Biplot a la matriz de las interacciones (Varela, 2002).

Resultados y discusión

Las pruebas realizadas para corroborar las premisas del ANOVA confirmaron que la matriz de datos manifestó una distribución normal y las varianzas de los rendimientos para los ambientes o años son homogéneas.

En la *tabla 2* aparecen los resultados del análisis de varianza factorial para el descriptor peso bayas/árbol. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) y altamente significativas ($p < 0,01$) entre la fuente de variación, años, genotipos e interacción genotipos ambiente.

El comportamiento diferencial de los genotipos para el carácter rendimiento en los años de estudio conllevó a la existencia de interacción genotipo por año y manifestó la gran influencia que ejerce el ambiente sobre el rendimiento (Méndez, 1994).

Tabla 2. Análisis de varianza para el rendimiento (kg) peso bayas/árbol durante seis cosechas sucesivas

Fuente de variación	Grado de libertad	Cuadrado medio
Genotipo (G)	19	0,1635 (0,0003)
Ambiente (A)	5	3,9318 (0,0000)
GxA	95	0,1928 (0,0000)
Error	285	0,06
X ± ES		1,06 ± 0,01

Al analizar el comportamiento de las medias para el rendimiento peso bayas/árbol de los cuatro mejores materiales y el testigo se encontró que CUBCC 0528 y CUBCC 0525 se destacaron al obtener al menos en cuatro generaciones valores superiores al testigo, que solo incluyó tres (*Tabla 3*).

Tabla 3. Comportamiento de las medias para el rendimiento peso bayas/árbol de los cuatro mejores genotipos y el testigo

No.	Designación	Años	Rendimiento peso bayas/árbol (kg)	
1	CUBCC 0514	A1	1,02b	X = 1,14
		A2	1,02b	
		A3	1,19ab	
		A4	0,60c	
		A5	1,46a	
		A6	1,54a	
2	CUBCC 0522	A1	0,92b	X = 1,10
		A2	0,92b	
		A3	1,13b	
		A4	0,87b	
		A5	1,24ab	
		A6	1,54a	
3	CUBCC 0525	A1	1,15ab	X = 1,11
		A2	0,91b	
		A3	1,34a	
		A4	0,83b	
		A5	1,08ab	
		A6	1,34a	
4	CUBCC 0528	A1	1,19ab	X = 1,23
		A2	1,19ab	
		A3	1,34ab	
		A4	0,96b	
		A5	1,48a	
		A6	1,20ab	
5	CUBCC 0491 (testigo)	A1	0,75b	X = 1,05
		A2	0,75b	
		A3	1,15ab	
		A4	1,39a	
		A5	0,90b	
		A6	1,49a	

*Significación para un 0,05

$Y_2 = 1,05$

Y_2 : Representa la media general de cada genotipo en todos los ambientes

Una vez conocida la presencia de interacción genotipo ambiente en los años, se practicó el análisis de estabilidad genotípica a través de la representación Biplot, mediante una gráfica conjunta en dimensiones reducidas de los residuales de las interacciones de segundo orden correspondiente al análisis de varianza (Amaro, 2001).

Al analizar la representación Biplot (Fig. 1), se detectó que una vez realizada la descomposición de la suma de los cuadrados de las interacciones, los valores propios asociados a los primeros ejes del Biplot eran significativos en la explicación de la variabilidad de la interacción, acumulando entre ambos el 99,63 % de la variabilidad total. El eje 1 refleja una equidistancia de los genotipos CUBCC 0491 (18), CUBCC 0545 (19) y CUBCC 0527 (14) respecto al CUBCC 0515 (9) y CUBCC 0520 (1).

Los genotipos CUBCC 0491 (18), CUBCC 0545 (19) y CUBCC 0527 (14) se caracterizaron por presentar un comportamiento algo similar, al mostrar interacción positiva, es decir, rendimientos altos en los ambientes III, IV y VI; sin embargo, en los años I, II y V tuvieron un rendimiento negativo. Por otra parte, se observa que el genotipo CUBCC 0520 mostró un rendimiento alto en todos los ambientes con excepción del año III, donde

expresó un rendimiento negativo, en tanto el genotipo CUBCC 0515 interactuó negativamente en los ambientes III y VI, con un rendimiento adecuado en los demás.

El eje 2 expresa un comportamiento negativo del genotipo CUBCC 0529 (17) y CUBCC 0526 (13) específicamente en el ambiente III en el primer caso, y el ambiente VI en el otro; sin embargo, en los restantes años manifestaron interacción positiva.

Finalmente se destacan como genotipos más estables el CUBCC 0223 (4), CUBCC 0523 (6), CUBCC 0514 (2), CUBCC 0525 (15), CUBCC 0511 (8), CUBCC 0524 (12), CUBCC 0515 (11), CUBCC 0521 (10), CUBCC 0510 (7), CUBCC 0513 (20), CUBCC 0522 (5), CUBCC 0215 (3) y CUBCC 0528 (16) por ubicarse más próximos al origen de las coordenadas.

En cuanto al rendimiento promedio de los cuatro mejores genotipos, exceptuando al testigo, todos superaron el índice ambiental ($Y_2 = 1,05$), lo que indica que tienen una mayor adaptabilidad general, es decir, no basta que los materiales clasifiquen como estables; deberán observarse otros criterios, tales como la cuantía del rendimiento, a propósito de constituir uno de los fines supremos del mejoramiento.

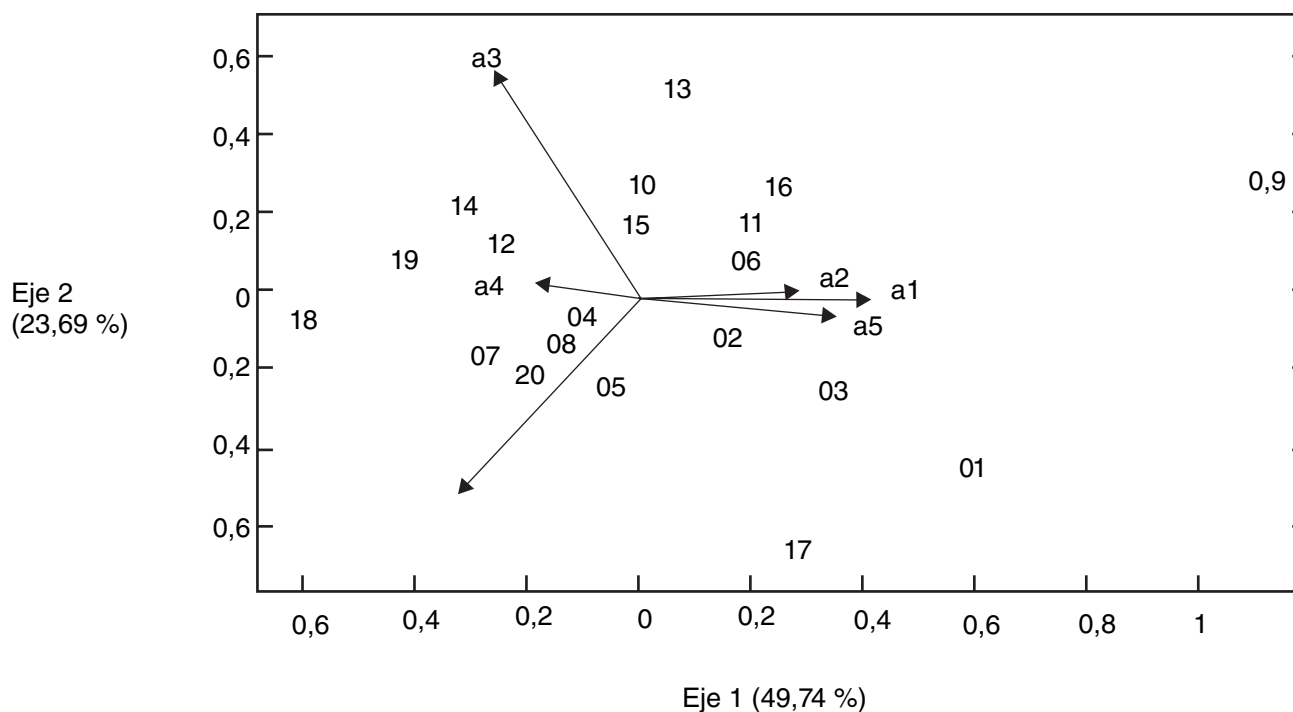


Fig. 1. Representación gráfica de los genotipos y años.

Se destacaron con un mayor rendimiento promedio el CUBCC 0528 (16), CUBCC 0514 (2), CUBCC 0525 (15) y CUBCC 0522 (5) con 1,23; 1,14; 1,11 y 1,10 kg peso bayas/árbol, respectivamente. Este resultado nos informa que ostentan una mejor adaptabilidad al ambiente ensayado, así mismo pone de manifiesto la viabilidad del método estadístico AMMI, ya que permitió la estimación de la estabilidad en materiales de café, en relación con su posición al origen de las coordenadas, los genotipos responsables de la interacción significativa y la identificación de los cuatro mejores genotipos con vistas a su explotación en la localidad.

Conclusiones

- El método estadístico AMMI es viable para la evaluación de la interacción genotipo ambiente en cultivares de café.
- Los cultivares CUBCC 0514, CUBCC 0522, CUBCC 0525 y CUBCC 0528 mostraron una estabilidad fenotípica por encima de la media, poca interacción con los ambientes y la media de sus rendimientos superó a los demás, para las condiciones de una tecnología de bajos insumos externos con base agroecológica.
- El ambiente ejerció una marcada influencia en la expresión del carácter rendimiento.

Bibliografía

- Amaro, R. I.: "Modelo anova-biplot para un diseño con varios factores basados en modelos lineales generales multivariantes" [inédito], tesis de candidatura. Universidad de Salamanca. España, 2001.
- Análisis de la Estabilidad Genética, 2009 Disponible en: <http://74.125.77.132/www.dspace.espol.ed> [Consulta: agosto, 27 2009].
- González, María Esther: Análisis de la estabilidad genotípica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante las representaciones Biplots. *Cultivos Tropicales* 24 (1): 81-84, 2003.
- Méndez, A. N. G.: "Avaliação de metodologias empregadas na seleção de progenies do cafeeiro /*Coffea arabica*/ L. no Estado de Minas Gerais" [inédito], tesis de candidatura. Lavras, MG (Brasil), Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994.
- Varela, M.: "Los métodos Biplots como herramientas de análisis de interacción de orden superior en un Modelo Lineal/Bilineal" [inédito], tesis de candidatura. Universidad de Salamanca, España, 2002.
- Varela, M. y J. G. Castillo: Modelos con término multiplicativo. Aplicación en el análisis de la interacción genotipo ambiente, *Cultivos Tropicales*, 26 (3): 71-75, 2005.

