

Selección individual de plantas élitres o cabeza de serie en poblaciones de cacao híbrido¹

Felipe Martínez-Suárez*, Miguel Menéndez-Grenot**, Mario Varela-Nualles***, Carlos C. Moya-López*** y José Angel Hernández-Carrazana****

Resumen

Se desarrolló un experimento en áreas de la finca La Fidelina perteneciente a la Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, ubicada en el municipio de Baracoa, provincia de Guantánamo, Cuba, durante el período marzo de 1998-diciembre de 2004 y sobre un suelo Aluvial Húmico Gleysado, con el objetivo de seleccionar individuos élitres dentro de una población de genotipos usados como parte de un estudio de comportamiento de 12 descendencias de polinización aislada y controlada de *Theobroma cacao Lin.*, ubicados en el campo bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco réplicas. Fueron evaluadas durante dos cosechas las variables de selección: el número total de mazorcas, el rendimiento de cacao seco en $kg \cdot planta^{-1}$, el número promedio de semillas por mazorcas y la masa media de las mazorcas en kg. Con las plantas que manifestaron rendimiento superior al 25 % de la media poblacional y para los caracteres que mostraron interacción significativa se ajustó el modelo de efecto de interacción multiplicativo y efectos principales aditivos. Se identificaron como estables en la producción de mazorcas las selecciones Felca-10, Felca-8 y Felca-7 con valores superiores a las 58 mazorcas por año; las selecciones Felca-4 y Felca-10 para el rendimiento con promedio de 3,5 y 2,97 $kg \cdot planta^{-1}$; las selecciones Felca-11, Felca-4 y Felca-9 para el número de semillas por mazorcas con valores entre 42 y 45, y para la masa del fruto las selecciones Felca-4, Felca-5, Felca-11, Felca-10 y Felca-6; establecer jardines clonales de cacao donde se incluyan para su establecimiento las plantas seleccionadas Felca-4, Felca-7 y Felca-10.

Palabras clave: cacao, selección, estabilidad, híbridos.

¹ Recibido: 06/01/2010

Aprobado: 19/01/2010

* Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba. dirección@tercerfrente.inaf.co.cu

** Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, Guantánamo.

***Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba.

**** Sede Universitaria Municipal Tercer Frente.

Abstract

An experiment was developed in areas of the property La Fidelina belonging to the Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa located in the municipality of Baracoa, Guantánamo province, Cuba, during March of 1998 - December of the 2004 period and on an Alluvial Humic Gleyed soil, with the objective of selecting individuals elites inside at a genotypes population used as part of a study of behavior of 12 descendants of isolated and controlled pollination of *Theobroma cacao Lin.* located at random in the low field an experimental blocks design with five replicates. During two crops the selection variables: the total number of ears, the yield of dry cocoa in $kg \cdot planta^{-1}$, the number average of seeds for ears and the half mass of the ears in kg were evaluated. With the plants that manifested superior yield to 25 % of the populational half and for the characters that showed significant interaction it was adjusted the pattern of effect of interaction multiplicative and effects main preservatives. as stable in the production of ears the selections Felca-10, Felca-8 and Felca-7 with values superiors to the 58 ears per year; the selections Felca-4 and Felca-10 for the yield with average of 3,5 and 2,97 $kg \cdot planta^{-1}$; the selections Felca-11, Felca-4 and Felca-9 for the number of seeds for ears with values between 42 and 45 and for the mass of the fruit the selections Felca-4, Felca-5, Felca-11, Felca-10 and Felca-6. To establish cocoa clonal gardens where it be included for their establishment the selected plants Felca-4, Felca-7, and Felca-10.

Key words: cocoa, selection, stability, hybrid.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* Lin.) es originario de las florestas fluviales de América tropical, donde aún es encontrado en estado silvestre, desde la América del Sur (Amazonia) hasta la América del Norte (Sur de México) (Ferreira de Oliveira *et al.*, 2008). Este cultivo para su mejor desarrollo exige clima caliente y húmedo, con temperatura media de 25 °C (Engelbrecht y Harrington, 2005).

En el cultivo del cacao durante el proceso de selección para alto rendimiento es fundamental el conocimiento de los componentes de producción que mejor reflejen este carácter; si se considera que la producción de semillas es un carácter complejo, fuertemente influenciado por el ambiente y por tanto, de naturaleza cuantitativa y generado a partir de algunos componentes, es de esperar que estas limiten el desarrollar cultivares de alta productividad.

La exploración de la heterosis en cacao abrió las perspectivas de combinar caracteres favorables; en su máxima expresión genotípica en un único individuo "el híbrido", que representa la posibilidad de obtener genotipos superiores en corto plazo con la capitalización de las interacciones genéticas favorables y con la producción de semillas híbridas a gran escala (Días y Kageyama, 1995).

El mejoramiento por selección resulta de gran utilidad al trabajar poblaciones con suficiente variabilidad genética. Dicha variabilidad puede ser determinada por dos causas: efectos genéticos aditivos heredables de forma sistemática y efecto de la interacción entre los alelos o los genes.

A tales efectos la interacción genotipo ambiente asume un papel importante en el proceso de selección y recomendación de variedades, la cual ocurre cuando hay repuestas diferenciadas de los genotipos evaluados en diferentes ambientes, pudiendo ser reducida si durante el proceso de selección se utilizan genotipos específicos para cada ambiente o si se utilizan genotipos con alta adaptabilidad y buena estabilidad, así como al estratificar las regiones consideradas en subregiones con características ambientales semejantes, dentro de las cuales la interacción pasa a ser no significativa (Lemos de Carvalho *et al.*, 2008).

El efecto de la selección artificial será determinado fundamentalmente por cuatro factores: la intensidad de

la selección (o rigurosidad de la misma), el tipo de multiplicación, el tipo de los genotipos y la estructura genética del carácter seleccionado (monogénico o poligénico).

El presente trabajo tuvo como objetivo seleccionar plantas élites dentro de una población de híbridos de cacao para su utilización y recomendación al sistema productivo cacaotero nacional.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se desarrolló en áreas de la finca La Fidelina a los 20° 21' de latitud norte y 74° 29' de longitud oeste, perteneciente a la Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, ubicada en el municipio de Baracoa, provincia de Guantánamo, Cuba.

El experimento se realizó sobre un suelo Aluvial Húmico Gleysado (Minag, 1999), ubicado a una altura de 28 m sobre el nivel del mar. El período experimental estuvo comprendido entre marzo de 1998 y diciembre de 2004. Las labores culturales y fitosanitarias se realizaron según Instrucciones Técnicas para el Cultivo y Cosecha del Café y Cacao (Minag, 1987). Se utilizó la distancia de plantación de 3 m x 3 m, y la sombra permanente de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt.

El comportamiento del clima durante el período se muestra en las figuras 1 y 2, donde se dan los climogramas para 2003 y 2004. Estos se caracterizaron por una precipitación media anual de 2930 y 2292 mm, con pluviometría en los meses más secos alrededor de los 39 mm que provocaron período seco en febrero, marzo, mayo y junio en 2003, y en febrero, junio y julio en 2004. Las temperaturas medias fueron semejantes: 25,4 °C y 25,3 °C.

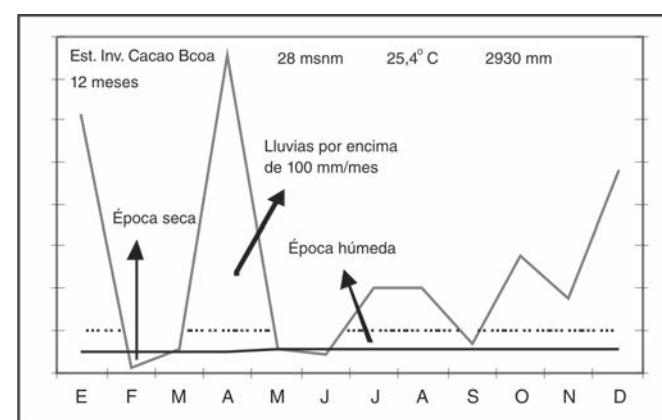


Fig. 1. Climograma de Baracoa (2003).

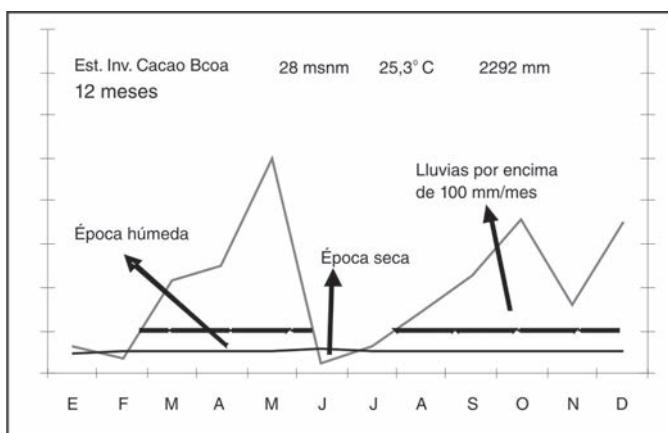


Fig. 2. Climograma de Baracoa (2004).

Con el objetivo de seleccionar plantas éliticas de cacao, se escogió una parcela perteneciente a un estudio de prueba de comportamiento de descendencias de la polinización aislada controlada de *Theobroma cacao* Lin. formada por 12 híbridos, en el que estaban las descendencias de los progenitores: UF-29 x IMC-67 (1); UF-221 x IMC-67 (2); UF-613 x UF-296 (3); UF-650 x Pound-7 (4); UF-650 x Pound-12 (5)-(Testigo); UF-654 x Pound-7 (6); UF-667 x Sca-6 (7); UF-668 x Pound-12 (8); UF-676 x Pound-12 (9); UF-677 x IMC-67 (10); EET-400 x Sca-12 (11) e ICS-8 x Pound-12 (12), ubicados en campo bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco réplicas.

Se evaluaron durante dos cosechas las variables: número total de mazorcas (NM), rendimiento de cacao seco (RCC) en $\text{kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, número promedio de semillas por mazorca (NS) y masa media de las mazorcas (MMM) en kg. Se utilizó como criterio para la selección el establecido por Eskes, Engels y Lass (2000) y Ramos y col.

(2001), que permitió se efectuara un ciclo de selección individual por planta sobre indicadores productivos que originó la selección de las plantas a considerar como éliticas, teniendo como principal indicador el mostrar para cada indicador un incremento superior al 25 % sobre la media de la población.

A partir de los resultados de estas selecciones codificadas como Felca y para los caracteres que mostraron interacción significativa, se ajustó el modelo de efecto de interacción multiplicativo y efectos principales aditivos (Valera, 2002), se aplicó un Biplot a la matriz de interacción, en la que cada fila correspondió a un genotipo y cada columna a un año que permitió determinar su estabilidad para cada indicador de selección y su interacción con cada año evaluado; para el análisis se utilizaron como individuos las selecciones Felca y como variables los años.

Resultados y discusión

El comportamiento promedio de los caracteres para el conjunto de plantas seleccionadas a partir de la población base (12 progenies híbridas) durante los dos años de evaluación se muestra en la tabla 1, donde se observa que el 54 % de las selecciones para el carácter número de mazorcas (NM), el 36 % para rendimiento por planta (RCS), el 54 % para el número de semillas por mazorca (NS) y el 45 % para la masa media de la mazorca (MMM), se presentaron como superiores al valor promedio del conjunto de plantas seleccionadas. Los valores de los efectos de interacción multiplicativos y efectos principales aditivos permitieron obtener los diferentes patrones de interacción entre ambos factores, como se muestra en las figuras que describen estos procesos.

Tabla 1. Media de los caracteres cuantitativos de las plantas seleccionadas de cacao

Denominación de la selección	Procedencia de la planta seleccionada	NM (U)	RCS $\text{kg} \cdot \text{planta}^{-1}$	NS (U)	MMM (kg)
Felca-1	UF-221 x IMC-67	37	1,28	41	0,340
Felca-2	UF-650 x Pound-12	35	1,34	39	0,377
Felca-3	EET-400 x Sca-12	56	1,64	29	0,285
Felca-4	UF-677 x IMC-67	55	3,50	43	0,607
Felca-5	UF-668 x Pound-12	41	1,96	37	0,543
Felca-6	EET-400 x Sca-12	70	1,79	36	0,246
Felca-7	UF-654 x Pound-7	58	2,64	38	0,465
Felca-8	UF-613 x UF-296	68	2,21	39	0,338
Felca-9	UF-668 x Pound-12	36	1,40	42	0,433
Felca-10	UF-654 x Pound-7	73	2,97	36	0,355
Felca-11	UF-654 x Pound-7	35	1,92	45	0,465
Promedio		51	2,05	38	0,404

En la figura 3 se presentan las medias del rendimiento y las puntuaciones en el eje de componente principal. Se aprecia que los mayores rendimientos se alcanzaron en las selecciones Felca-4, Felca-7 y Felca-10 con valores de 3,5; 2,69 y 2,97 kg • planta⁻¹, respectivamente, las cuales son superiores a la media general de 2,05 kg • planta⁻¹. Para el año 1 (2003) las mayores interacciones se presentaron en las selecciones Felca-7 y Felca-8;

para el año 2 (2004) lo hicieron la Felca-3 y Felca-6. Este carácter, pero en término de peso de cacao húmedo por mazorca o por planta, es considerado, según Díaz *et al.* (1998), como el componente más frecuentemente empleado en la evaluación indirecta de la producción de cacao, de ahí la importancia que asumen estas tres selecciones para su posible inclusión en la lista oficial de variedades comerciales de este cultivo en el país.

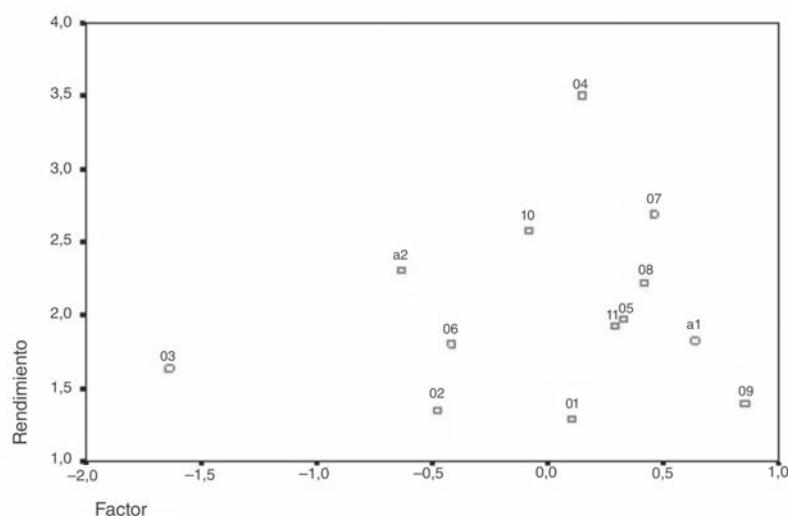


Fig. 3. Rendimiento de plantas seleccionadas durante dos cosechas.

Las selecciones que presentaron mayor estabilidad en ambos años y valores cercanos a cero fueron Felca-4, Felca-10 y Felca-1, la primera y última con una interacción débil y positiva, y la segunda igualmente débil pero negativa. Las selecciones Felca-4 y Felca-10 además mostraron rendimiento superior al testigo en el orden del 161 % y 122 %, respectivamente, por lo que se consideran las más adecuadas selecciones para este carácter.

Los valores medios del número de semillas por mazorca y las puntuaciones en el eje de componente principal se muestran en la figura 4, donde la selección Felca-1 tuvo una alta interacción con el año 1 lo que le permitió expresar el más alto potencial para estas condiciones entre los materiales estudiados (41 semillas por mazorca). Las selecciones que mostraron menor interacción fueron la Felca-11, Felca-4 y Felca-9, que alcanzaron valores cercanos a cero, por lo que se consideraron estables y con alta producción de semillas, evidenciado en

sus valores promedios de 45, 43 y 42 respectivamente, considerados como muy buenos.

El número de mazorcas está entre los más importantes componentes de la producción, representando un criterio confiable para estimar el potencial productivo de cacaoteros candidatos a selección. La figura 5 muestra el comportamiento de este carácter y los valores de los efectos de interacción multiplicativos y efectos principales aditivos a nivel de años. El mismo en el año 1 (2003) presentó sus valores más altos en la selección Felca-4 con 53 mazorcas, y en el año 2 (2004) se destacaron las selecciones Felca-6 y Felca-3 con 92 y 99 mazorcas, respectivamente, expresando de esta manera una fuerte interacción de dichas selecciones con los años en cuestión. Almeida *et al.* (2001), en trabajos de selección de cultivares clonales superiores de cacao en Brasil, revelaron que este carácter varió entre 46,3 y 103,3 con valores más expresivos alrededor de 89 para las selecciones de la serie EEOP.

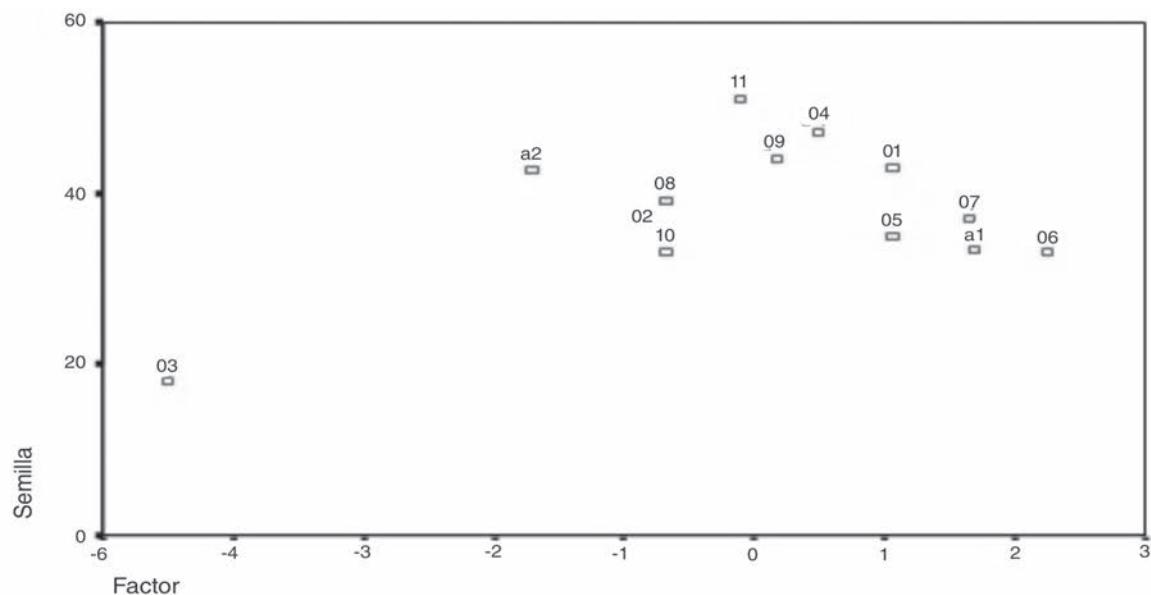


Fig. 4. Número de semillas por mazorca de plantas seleccionadas durante dos cosechas.

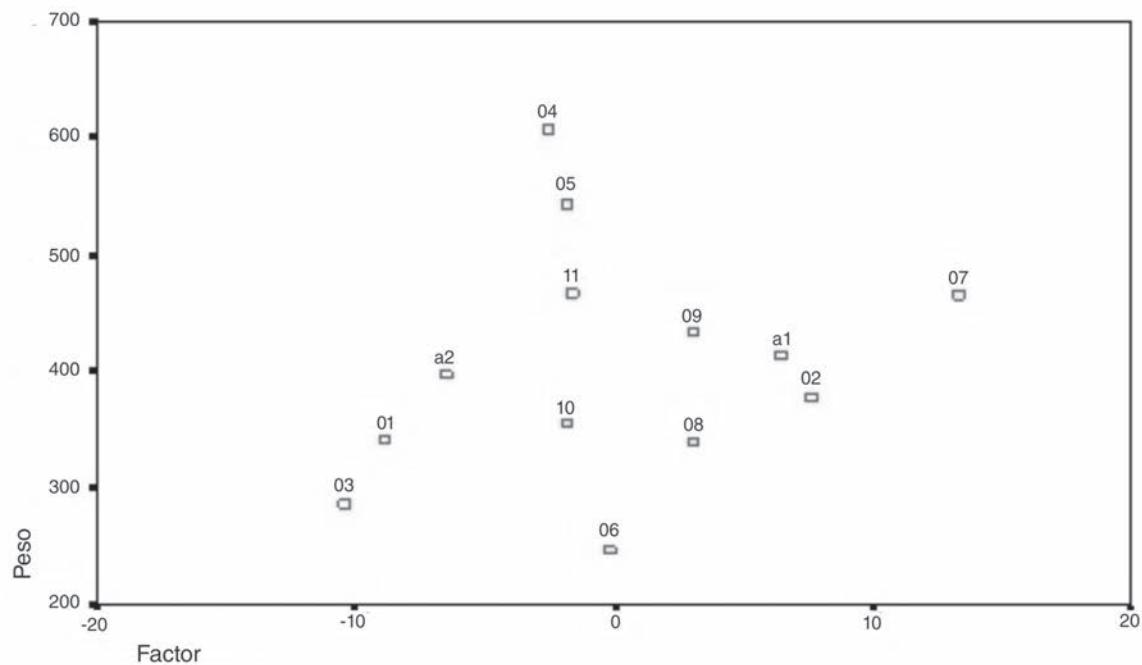


Fig. 5. Número de mazorca por plantas seleccionadas durante dos cosecha.

Las selecciones Felca-10 con 73 mazorcas, Felca-8 con 68, Felca-7 con 58 y la Felca-2 con 35 presentaron

un valor próximo a cero, expresando las tres primeras interacciones débiles y positivas, por lo cual se consi-

deraron como estables, superando al testigo en un rango del 65 % al 108 %. En cacao se ha comprobado que una planta con más de 54 mazorcas donde se combinan otras cualidades como números y peso de las semillas es capaz de producir rendimientos superiores a $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. La selección Felca-2 utilizada como testigo, aunque se comportó como estable su interacción, fue débil pero negativa. Ventura, González y Batista (2004) seleccionaron para las condiciones de República Dominicana plantas híbridas élitres con producción de entre 65 y 122 mazorcas.

En la figura 6 están representados los valores de la masa de la mazorca. En ella se observa cómo las selecciones Felca-7 y Felca-9 tienen una fuerte interacción con el año 1 (2003), al expresar su máxima potencialidad en cuanto a la masa promedio de mazorcas en este año. Las selecciones que presentaron mayor estabilidad en la expresión de este carácter fueron Felca-4, Felca-5, Felca-11, Felca-10 y Felca-6, todas con interacción débil y negativa; las tres primeras se mostraron superiores al testigo con valores de 0,607; 0,543 y 0,465 kg de masa.

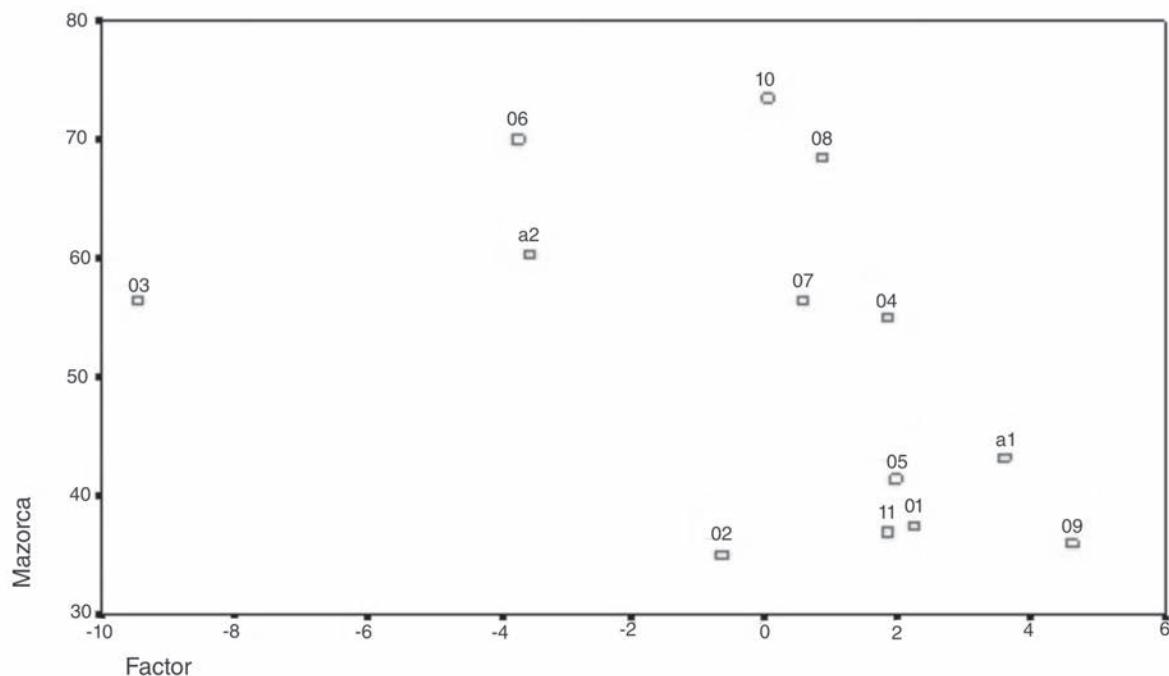


Fig. 6. Masa de mazorcas por plantas seleccionadas durante dos cosechas.

Conclusiones

- En la selección individual por planta se identificaron como estables en la producción de mazorcas las selecciones Felca-10, Felca-8 y Felca-7 con valores superiores a las 58 mazorcas por año.
- Las selecciones Felca-4 y Felca-10, con rendimientos promedio de 3,5 y $2,97 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, se

muestran como las de mejores resultados para este carácter.

- El número de semillas por mazorcas mostró a las selecciones Felca-11, Felca-4 y Felca-9 con valores entre 42 y 45 como la mejores.
- La masa del fruto las selecciones Felca-4, Felca-5, Felca-11, Felca-10 y Felca-6.

Recomendaciones

Establecer jardines clonales de cacao donde se incluyan para su establecimiento las plantas seleccionadas Felca-4, Felca-7 y Felca-10 descendientes de híbridos de UF-677 x IMC-67 y UF-654 x Pound-7.

Bibliografía

- Almeida, L. C.; Vasconcellos, C. M. A.; Días, L. A. S. e J. W. Silvas: Seleção de cultivares clonais superiores de cacaueiros para Rondonia, Brasil. *Agrotrópica*, 13 (1): 9 – 20, 2001.
- Dias, L. A. S. and P. Y. Kageyama: *Combining-ability for cacao (Theobroma cacao L.) yield components under southern Bahia conditions. Theoretical Applied Genetics*, 90: 534-541, 1995.
- Dias, L. A. S.; Souza, C. A. S.; Augusto, S. G.; Siqueira, P. R. and M. W. Müller: Performance and temporal stability analysis of cacao cultivars in Linhares, Brazil. *Plantations, Recherche, Développement*, 5: 343-355, 1998.
- Engelbrecht, C. J. B. and T. C. Harrington: Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. *Mycology*, 97(1): 57 – 69, 2005.
- Eskes, A. B.; J. M. Engels and R. Lass: Working procedures for cocoa germplasm evolution and selection, proceeding of the CFC/ICCO/IPGRI project workshop, 1–6 February 1998, Montpellier, France, International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italy. 2000.
- Ferreira de Oliveira, B.; Stela Dalva; Virginia, V. M.; Lindolfo, O. D. e P. dos Santos: Identificação de fonte de resistência a *Ceratocystis* cação funesta em mudas de cacaueiro. *Agrotrópica*, 21(1): 83 – 88, 2008.
- Lemos de Carvalho, H. W.; Cardoso, M. J.; Oliveira, P. E.; Patto, C. A.; Lira, M. A.; Taboso, J. N.; Ribeiro, S. S. e Vanice D. de Oliveira: Adaptação e estabilidades de cultivares de Milho no nordeste Brasileiro no ano agrícola de 2006. *Agrotrópica*, 21(1): 25 – 32, 2008.
- Minag, Ministerio de la Agricultura, Cuba: *Instrucciones técnicas para el cultivo y cosecha de café y cacao*, La Habana, CIDA, 176 pp., 1987.
- Minag, Ministerio de la Agricultura, Cuba: *Instituto de Suelo. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, La Habana, Agrinfor, 64 pp., 1999.
- Ramos, C. G.; Gómez, A.; La Cruz, C. y A. Azocar: Evaluación de una plantación de cacao Criollo Guasare. Relación entre la producción y parámetros de vigor. *Agronomía Tropical*, 15 (2): 175 – 186, 2001.
- Varela, N. M.: “Los métodos Biplot como herramienta de análisis de interacción de orden superior en un modelo lineal/bilineal” [inédito], tesis de candidatura, Universidad de Salamanca, España. 2002.
- Ventura, M. L.; González, A. H. y L. Batista: Selección de árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) nativos e híbridos de buena calidad y rendimiento. En: IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales) Resultados de Investigación en Cacao. Santo Domingo, DO., pp. 1 – 6, 2004.