

Descriptores mínimos para la caracterización morfoagronómica de cacao (*Theobroma cacao* Lin.)¹

Felipe Martínez-Suárez,* Miguel Menéndez-Grenot** y Martha Amelia Álvarez-Gil**

Resumen

*El presente trabajo se realizó con el objetivo de seleccionar los descriptores mínimos para la caracterización del germoplasma de cacao cubano. Para ello fueron seleccionados en campo 74 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* Lin.) de la colección base cubana existente en la Estación Experimental Agroforestal de Baracoa para constituir una colección de trabajo representativa de la diversidad, donde se incluyen los grupos genéticos y geográficos existentes en el país. La caracterización de la colección de trabajo se realizó en base a los descriptores propuestos por Engels (1983), que incluye uno de la hoja, diez de flor, once de semillas, quince de frutos o mazorcas, cuatro de producción, uno de autocompatibilidad, uno de enfermedades y seis de calidad. La matriz de datos de todos los caracteres se analizó por estadística simple descriptiva con promedio de variables cuantitativas y cualitativas. Los análisis de interpretación de la información se efectuaron mediante el paquete estadístico Statistica versión 6.00. Se encontró variabilidad fenotípica en el germoplasma de cacao, mientras que los descriptores mínimos identificados para la caracterización de la colección fueron la profundidad de los surcos primarios, la presencia de pigmentos antocianicos en el surco de los frutos maduros, la masa de semilla húmeda, el número medio de semillas por mazorca, el color de los cotiledones, la longitud de los sépalos, la longitud del ovario, la acidez del grano, el porcentaje de grasa de los granos y la autocompatibilidad de las plantas.*

Palabras clave: accesiones, mazorca, cacao, germoplasma de cacao.

Abstract

*The present work was carried out with the objective of selecting the minimum describers for the characterization of the germplasm of Cuban cocoa, where it were selected in field 74 agreements of cocoa (*Theobroma cacao* Lin.) of the collection it bases Cuban existent in the Estación Experimental Agroforestal de Baracoa, to constitute a representative work collection of the diversity, where the existent genetic and geographical groups are included in the country. The characterization of the work collection was carried out based on the describers proposed by Engels (1983) that includes one of the leaf, ten of flower, eleven of seeds, 15 of fruits or ears, four of production, one of car compatibility, one of illnesses and six of quality. The womb of data of all the characters was analyzed by descriptive simple statistic with average of quantitative and qualitative variables. The analyses of interpretation of the information were made by means of the package statistical Statistica version 6.00. Was found phenotypic variability in the cocoa germplasm, while the minimum describers identified for the characterization of the collection were: the depth of the primary furrows, the presence of pigments antocianics in the furrow of the mature fruits, the mass of humid seed, the half number of seeds for ear, the color of the cotyledons, the longitude of the sepals, the longitude of the ovary, the acidity of the grain, the percentage of fat of the grains and the car compatibility of the plants.*

Key words: agreements, ear, cocoa, germplasm of cocoa

¹ Recibido: 21-1-2012

Aprobado: mayo-2014

* Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente.direccion@tercerfrente.inaf.co.cu

**Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa. eeafbaracoa@forestales.co.cu

Introducción

El cacao es una planta alógama favorecida por la estructura misma de la flor y por sistemas de incompatibilidad presentes en las diferentes poblaciones (Córdoba, 2011). Por esta razón es de esperar una gran variabilidad de caracteres en una población de árboles provenientes de semillas. Esta alta variabilidad de caracteres en una población confiere una ventaja para los trabajos de selección, por cuanto el diferencial de selección es mayor, permitiendo aislar genotipos superiores y cambiar la frecuencia de ciertos genes mediante trabajos de selección e hibridación (Cárdenas, 2011).

El uso limitado de las colecciones de germoplasma de cacao se ha asociado a la escasa disponibilidad de información sobre el germoplasma conservado (Burlé *et al.*, 2003).

Engels (2002) cita que los descriptores empleados en cacao son, predominantemente taxonómicos y en número excesivo. Se estima que solo el 5 % de los genotipos de cacao están disponibles a nivel mundial y han sido evaluados y utilizados como padres para selección de cultivares más productivos (Eskes *et al.*, 1998).

Actualmente algunos trabajos se enfocan hacia la búsqueda de genes involucrados en caracteres morfológicos de arboles, frutos y almendras, lo cual denota hacia dónde se orientan las prioridades de la investigación en cacao.

En un programa de mejoramiento que incluya hibridaciones, es necesario disponer de informaciones con respecto al germoplasma que se utiliza, de sus potencialidades en cruzamientos, y parámetros genéticos intrínsecos a las características y poblaciones que serán mejoradas (Martínez y col., 2003 y Sánchez y col., 2007).

Durante las últimas cinco décadas se han hecho esfuerzos, consultas y un extenso análisis entre expertos para determinar la conveniencia de una lista corta para la caracterización rutinaria y asegurar que sea registrada la información más útil en la identificación, caracterización y evaluación de la diversidad. Durante el Taller Internacional de Conservación, Caracterización y Utilización de los Recursos Genéticos del Cacao celebrado en 1992 se llegó al consenso de que una lista corta de 10-15 des-

criptores taxonómicos era necesaria para facilitar la caracterización morfológica de varios centros (End *et al.*, 2000).

Muchos atributos pueden describir un material, pero los caracteres realmente útiles son aquellos que se pueden detectar a simple vista, registrar fácilmente, que tengan alta heredabilidad, alto valor taxonómico y agronómico (Jaramillo y Baena, 2000). Ese conjunto debe constituir la lista de descriptores de la especie en cuestión.

Se han efectuado intentos a fin de establecer un número limitado de descriptores para el cacao que faciliten la caracterización morfológica (García, 2010), por lo que este trabajo se realizó con el objetivo de seleccionar los descriptores mínimos para la caracterización del germoplasma de cacao cubano.

Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron en áreas de la finca Fidelina, perteneciente a la Estación Experimental Agro-Forestal de Baracoa, en la provincia de Guantánamo. Los estudios de campo se efectuaron sobre un suelo aluvial húmico gleysado (MINAG, 1999), durante el período marzo 1992 y diciembre 2003. Las labores culturales y fitosanitarias se realizaron según las Instrucciones Técnicas para el Cultivo y Cosecha del Café y Cacao (MINAG, 1987).

Durante el primer semestre de 1993 se seleccionaron en campo 74 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* Lin.) de la colección base cubana para constituir una colección de trabajo representativa de la diversidad, donde se incluyen los grupos genéticos y geográficos existentes en el país (Tabla 1). Las parcelas de campo se conformaron con diez plantas ubicadas en dos hileras.

La caracterización de la colección de trabajo se realizó en base a los descriptores propuestos por Engels (1983), que incluye uno de la hoja, diez de flor, once de semillas, quince de frutos o mazorcas, cuatro de producción, uno de autocompatibilidad, uno de enfermedades y seis de calidad, este último por la importancia que posee en los trabajos de caracterización, según señalan Petithuguenin (1998) y Eskes *et al.* (2000).

Tabla 1. Germoplasma de trabajo de cacao evaluado y caracterizado

<i>Genotipos</i>	<i>Procedencia</i>	<i>Genotipos</i>	<i>Procedencia</i>
UF-12	Costa Rica	EIC-85	Cuba
UF-29	Costa Rica	EICB-114	Cuba
UF-221	Costa Rica	GS-46	Granada
UF-296	Costa Rica	GS-57	Granada
UF-613	Costa Rica	GS-67	Granada
UF-650	Costa Rica	GS-36	Granada
UF-654	Costa Rica	GS-29	Granada
UF-667	Costa Rica	EICB-107	Cuba
UF-668	Costa Rica	EICB-124	Cuba
UF-676	Costa Rica	EICB-125	Cuba
UF-677	Costa Rica	EICB-84	Cuba
Pound-7	Perú	EICB-113	Cuba
IMC-67	Perú	SPA-9	Colombia
Pound12	Perú	EICB-106	Cuba
EICB-89	Cuba	EICB-30	Cuba
Matina	Costa Rica	EICB-37	Cuba
SCA-6	Ecuador	EET-162	Ecuador
SCA-12	Ecuador	EICB-146	Cuba
EICB-151	Cuba	EICB-86	Cuba
EICB-150	Cuba	EICB-180	Cuba
EICB-121	México	Catongo	Brasil
EICB-186	Cuba	EET-48	Ecuador
EICB-88	Cuba	EICB-126	México
EICB-181	Cuba	EICB-190	Cuba
EICB-189	Cuba	EICB-36	Cuba
EICB-109	Cuba	EICB-127	Cuba
EICB-108	Cuba	EICB-90	Cuba
EET-95	Ecuador	ICS-16	Trinidad
EET-64	Ecuador	EICB-290	Cuba
EET-62	Ecuador	EICB-289	Cuba
EET-399	Ecuador	EICB-288	Cuba
ICS-95	Trinidad	EICB-283	Cuba
EET-96	Ecuador	EICB-282	Cuba
ICS-8	Trinidad	EICB-281	Cuba
ICS-6	Trinidad	EICB-280	Cuba
EET-400	Ecuador	EICB-279	Cuba
EICB-91	Cuba	EICB-277	Cuba

Las variables y valores de los descriptores que se midieron en la colección fueron las siguientes:

Descriptores de la producción: índice de mazorca (IM), masa de una semilla seca (IS), número máximo de semillas (NMS) y masa de cacao pulpa por mazorca (MCP).

Descriptores de la semilla: masa húmeda de semilla (MHS), masa seca de semilla (MSS), relación masa seca/masa húmeda de semilla (MSS/MHS), número de semillas por mazorcas (NS), relación número promedio de semillas por mazorca/número máximo de semillas (NS/NMS), relación número promedio de semillas por mazorcas/masa total de la mazorca (NS/MF), longitud de la semilla (LS), ancho de la semilla (AS), relación entre

el ancho y longitud de la semilla (AS/LS), espesor de la semilla (ES) y color de los cotiledones (CC).

Descriptores de las mazorcas: longitud del fruto en mm (LF), ancho del fruto (AF), relación ancho del fruto/longitud del fruto (AF/LF), masa del fruto (MF), grosor de la cáscara de la mazorca sobre el lomo (GLF), grosor de la cáscara de la mazorca sobre el surco secundario (GSF), color básico de la superficie del fruto (CF), antocianina de frutos inmaduros en lomos y surcos (ACLFV) y (ACSFV), antocianina de frutos maduros, lomos y surcos (ACLFM) y (ACSFM), separación entre lomos (SL), profundidad de los surcos primarios (PSP), rugosidad de la superficie del fruto (RG), forma apical del fruto (FAF), constricción basal (CBF) y dureza del mesocarpio (D).

El manual de colores de Munsell (1996) se usó para la determinación de colores que se presentan como código en este trabajo. En este caso se dan solo cuatro categorías: 0, 3, 5 y 7.

Descriptores de la flor: Autocompatibilidad (AUIP): Se determinó mediante la utilización de las metodologías de Nariño y col. (2001). Se clasificaron como 1: autoincompatible, y 0: autocompatible.

Descriptores sobre resistencia a enfermedades: Resistencia a *Phytophthora palmivora* (RPP): Se utilizaron los resultados de las pruebas de resistencia (Matos y col., 2002) y otras referencias publicadas en revistas especializadas sobre la enfermedad pudrición parda de la mazorca.

Descriptores de calidad: Se utilizaron los resultados de Pérez y col. (1998), Oliveros y col. (2001) y Menéndez y col. (2002). Los indicadores analizados fueron rendimiento industrial (RI), porcentaje de testa (PTES), pH, acidez del grano (AG), índice de fermentación (IF) y porcentaje de grasa (PGR).

La matriz de datos de todos los caracteres se analizó por estadística simple descriptiva con promedio de variables cuantitativas y cualitativas. Aquellas variables que no mostraron diferencias significativas se eliminaron, así como las que provenían de relaciones funcionales de dos o más caracteres, que permitió disponer de una matriz con 38 caracteres, de ellos 29 cuantitativos y nueve cualitativos.

Para realizar el análisis multivariado era necesario que todos los caracteres tuviesen el mismo peso estadístico. Como los caracteres cualitativos evaluados permitían ser codificados de forma binaria, la matriz se transformó según la ecuación:

$$\frac{\text{Valor actual} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}}$$

Lo que permitió que los datos oscilaran entre 0 para el valor mínimo del carácter, y 1 para el valor máximo, y puntuaciones proporcionales a estos para los valores intermedios (Silva *et al.*, 1998).

Los análisis de interpretación de la información se efectuaron mediante el paquete estadístico Statistica versión 6.00 (Statistical Analysis Systems, 1998).

Resultados y discusión

Descripción de la colección por grupo de variables morfológicas

Los primeros 10 componentes principales expresan el 72 % de la variabilidad total para las 38 variables de las 74 accesiones del germoplasma de cacao (Tabla 2), según el criterio que existe para seleccionar el número de componentes a partir de los valores propios que sean mayores a uno y que extraigan más del 50 % de la variabilidad total (Martín y col., 2000).

Tabla 2. Vectores, valores propios y significación de las variables de mayor peso en los vectores asociados en los primeros diez componentes principales

Componentes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Valor propio	6,46	3,90	3,71	2,63	2,46	2,02	1,83	1,58	1,47	1,30
% varianza total	16,99	10,27	9,76	6,93	6,48	5,33	4,80	4,15	3,86	3,42
% acumulado	16,99	27,26	37,02	43,95	50,44	55,76	60,57	64,72	68,58	72,00
Vector propio										
IM	-0,76	-0,36	0,09	-0,27	0,04	0,09	0,04	-0,04	0,05	-0,11
IS	0,92	-0,13	0,00	0,11	0,09	-0,14	0,08	0,02	-0,04	0,06
NMS	0,07	0,78	0,04	-0,06	0,05	0,09	-0,06	0,25	0,09	0,19
MCP	0,94	-0,12	0,09	-0,02	0,12	-0,06	0,08	0,01	-0,07	0,05
NS	0,16	0,79	-0,01	0,20	-0,12	0,03	-0,21	0,03	-0,06	0,20
LS	0,76	0,14	-0,06	-0,02	-0,10	0,05	0,26	0,07	-0,24	-0,12

AS	0,74	0,08	-0,12	0,04	-0,28	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00
MF	0,67	0,19	0,25	-0,01	-0,10	0,02	0,51	-0,01	-0,06	-0,01
GLF	0,15	-0,22	-0,04	-0,10	0,05	-0,03	0,89	-0,05	-0,03	0,04
GSF	0,13	-0,27	-0,22	-0,02	0,08	0,00	0,78	-0,28	0,08	0,13
FAF	-0,03	-0,18	0,67	0,15	-0,13	0,12	0,12	0,03	0,32	-0,02
PSF	0,09	-0,02	-0,67	0,04	0,08	0,21	0,30	0,13	-0,01	-0,05
LOV	-0,08	0,01	0,27	-0,09	0,15	0,16	0,02	-0,20	0,74	0,02
AOV	-0,09	-0,04	-0,05	-0,10	0,13	0,81	0,06	0,16	0,02	0,00
LSEP	0,00	0,12	0,14	0,03	-0,16	0,79	-0,12	-0,15	0,11	-0,10
LPET	-0,16	-0,04	-0,07	-0,14	-0,04	-0,05	-0,11	0,19	0,68	-0,32
RI	-0,01	-0,03	-0,31	0,71	-0,10	-0,20	-0,09	-0,15	0,09	-0,04
pH	-0,11	-0,06	-0,21	0,13	-0,09	0,15	-0,02	-0,07	0,19	-0,72
AG	0,04	0,18	0,03	0,27	0,13	-0,02	0,04	0,26	-0,01	0,78
PGR	0,19	-0,10	0,09	0,80	-0,12	0,13	0,00	0,12	-0,16	-0,04
CC	0,02	0,09	0,67	-0,12	-0,30	0,23	-0,07	0,31	-0,15	0,12
ACLFM	-0,10	0,06	-0,17	0,07	0,87	-0,07	-0,03	0,10	0,06	0,10
ACSFM	0,06	-0,10	-0,03	-0,16	0,84	0,08	0,01	-0,13	-0,04	0,20
AUIP	-0,07	-0,14	0,01	0,00	-0,04	-0,01	0,16	-0,81	-0,01	-0,19

El primer eje o componente del elipsoide tiene una longitud 1,6 veces mayor que el segundo, 1,7 y 2,4 veces mayor que el tercero y cuarto, hasta llegar a ser 5,0 veces mayor que el décimo. Cada valor característico presenta un vector propio asociado, el cual contiene coeficientes que representan a los caracteres, de tal forma que la magnitud de estos permite relacionar las variables de mayor masa sintetizando la mayor variabilidad residual contenida en los datos (Silva *et al.*, 1998).

Las variables seleccionadas según su orden son: índice de mazorca, índice de semilla, número máximo de semillas por mazorcas, masa de cacao pulpa por mazorca, número medio de semillas por mazorcas, longitud de la semilla, ancho de la semilla, masa del fruto, grosor del lomo del fruto, grosor del surco del fruto, forma apical del fruto, profundidad del surco primario del fruto, longitud del ovario, ancho del ovario, longitud de los sépalos, longitud del pistilo, rendimiento industrial, pH, acidez del grano, porcentaje de grasa del grano, color de los cotiledones, antocianina en el surco del fruto maduro y la autocompatibilidad de las plantas, ubicadas en sus respectivos componentes con el valor acumulado (Tabla 2).

Esto permite reducir de 38 a 24 el número de descriptores iniciales, que equivale a un 37 % en esta primera discriminación. Se desarrollaron procedimientos estadísticos multivariados y lograron reducir el 50 % de los descriptores iniciales, sin pérdida significativa de informaciones y de la capacidad de discriminar las accesiones.

El primer y segundo componentes pueden considerarse más relacionados con los descriptores de semillas y producción, el cuarto y décimo con los caracteres de calidad, el tercero, quinto y séptimo con el fruto, el sexto y noveno con la flor y el octavo con la autocompatibilidad de las plantas.

Ordenamiento de las variables

Para evaluar las variables significativas con el propósito de eliminar las que fuesen redundantes, según establecen Ramos y col. (2001), se utilizaron los resultados de la matriz de correlación (Tabla 3) con 23 de las 24 variables, al ser excluido el índice de mazorca por considerarse una relación causal de la combinación de otros caracteres, como ha sido señalado por Caballero (2004, comun. pers.).

Tabla 3. Coeficientes de correlaciones fenotípicas entre 23 caracteres morfológicos para 74 accesiones de cacao en Baracoa

	IS	NMS	MCP	NS	LS	AS	MF	GLF	GSF	FAF	PSF	LOV	AOV	LSEP	LPET	RI	PH	AG	PGR	CC	ALFM	ASFM	AUIP	
IS	1,00																							
NMS	-0,05	1,00																						
MCP	0,96	-0,04	1,00																					
NS	-0,01	0,63	-0,02	1,00																				
LS	0,69	0,05	0,72	0,12	1,00																			
AS	0,62	0,09	0,63	0,14	0,65	1,00																		
MF	0,62	0,16	0,65	0,17	0,64	0,49	1,00																	
GLF	0,25	-0,20	0,25	-0,34	0,26	0,12	0,49	1,00																
GSF	0,20	-0,24	0,18	-0,32	0,16	0,13	0,33	0,79	1,00															
FAF	0,00	-0,16	0,02	-0,15	-0,08	-0,03	0,18	0,04	-0,04	1,00														
PSF	0,07	0,05	0,07	0,00	0,18	0,07	0,06	0,28	0,36	-0,31	1,00													
LOV	-0,10	0,03	-0,07	-0,09	-0,19	-0,12	-0,05	0,02	0,03	0,31	-0,15	1,00												
AOV	-0,16	0,07	-0,12	-0,03	-0,06	-0,04	-0,07	0,04	0,07	-0,01	0,16	0,13	1,00											
LSEP	-0,15	0,09	-0,09	0,09	0,09	0,04	0,03	-0,19	-0,16	0,18	-0,01	0,26	0,47	1,00										
LPET	-0,18	-0,04	-0,20	-0,19	-0,22	-0,09	-0,25	-0,16	-0,09	0,09	-0,04	0,33	0,15	0,00	1,00									
RI	0,16	-0,12	-0,08	0,11	-0,06	0,05	-0,12	-0,07	0,04	-0,03	0,08	-0,11	-0,21	-0,08	-0,02	1,00								
PH	-0,15	-0,14	-0,18	-0,22	-0,15	-0,01	-0,17	-0,03	-0,03	-0,02	0,11	0,07	0,06	0,17	0,29	0,16	1,00							
AG	0,14	0,29	0,11	0,30	0,02	0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,04	-0,08	-0,01	-0,01	-0,08	-0,27	0,11	-0,52	1,00						
PGR	0,23	-0,06	0,17	0,16	0,21	0,15	0,13	-0,04	-0,06	0,13	0,03	-0,17	-0,03	0,05	-0,17	0,38	0,08	0,18	1,00					
CC	-0,01	0,28	0,03	0,13	0,03	0,00	0,21	-0,10	-0,30	0,35	-0,38	0,03	0,09	0,29	-0,14	-0,26	-0,15	0,17	0,03	1,00				
ALFM	-0,03	0,07	-0,01	0,00	-0,16	-0,25	-0,19	-0,04	0,04	-0,18	0,19	0,07	0,01	-0,17	-0,02	0,00	-0,10	0,21	-0,11	-0,33	1,00			
ASFM	0,14	0,01	0,17	-0,13	-0,08	-0,24	-0,06	0,11	0,19	-0,11	0,07	0,05	0,15	-0,14	-0,06	-0,15	-0,18	0,17	-0,19	-0,22	0,66	1,00		
AUIP	-0,04	-0,33	-0,04	-0,19	-0,02	-0,02	0,06	0,15	0,33	-0,06	-0,07	0,12	-0,10	0,09	-0,04	0,08	0,15	-0,30	-0,06	-0,18	-0,09	0,07	1,00	

Para el primer plano de ordenamiento se excluyeron el índice de semilla, la longitud de semillas, ancho de semilla y la masa del fruto, que presentaron alto grado de correlación con la masa de cacao pulpa por fruto (MCP > IS > AS > LS > MF). Existe entre la masa de cacao pulpa y el índice de semilla una $r = 0,96$ que indica que esos caracteres están bajo el mismo control genético, el cual caracteriza un posible efecto pleiotrópico, o sea, que los genes que lo controlan estarán en un mismo cromosoma y no segregan independientemente, como señalan Neves *et al.* (2003) al trabajar en tomate.

Se eliminó el número máximo de semillas que se correlacionó positivamente con el número promedio de semillas por mazorcas (NS > NMS); el número de semillas presentó un efecto directo bajo y negativo con la producción de cacao pulpa y el índice de semilla (-0,02) y (-0,01), e indica su ineficiencia cuando se emplea para maximizar la producción. Almeida *et al.* (1994) informaron resultados similares al comparar este indicador con la producción por árbol.

Para los otros planos de ordenamiento se excluyó el grosor del lomo de la cáscara del fruto y el grosor del surco de la cáscara, los que se correlacionaron negativamente con el número de semillas. Esto significa que a mayor número de semilla menor será el grosor de la cáscara del fruto por el lomo y el surco, respectivamente. El conocimiento del valor positivo o negativo de las asociaciones entre caracteres como elemento fundamental en la obtención de genotipos superiores ha sido sugerido por Paterniani y Campos (1999) y Carpentieri-Pipolo *et al.* (2002).

Se eliminó la forma apical del fruto, la cual se correlacionó negativamente con la profundidad de los surcos primarios; la longitud del pistilo, que mostró alto grado de correlación con la longitud del ovario; el ancho del ovario, correlacionado con la longitud de los sépalos; el pH, que se correlacionó negativamente con la acidez del grano; el rendimiento industrial, que se correlacionó con el porcentaje de grasa; la presencia de pigmentos antociánicos en el lomo del fruto maduro, que a su vez se correlacionó con la presencia de este pero en el surco.

Se presentaron correlaciones absurdas entre el color de los cotiledones y la autocompatibilidad con la forma apical del fruto y la profundidad de los surcos primarios y el grosor del surco del fruto, por lo que estos últimos fueron eliminados. Ramos y col. (2001), al aplicar este

método en la caracterización de una población de cacao Criollo Guasare, excluyeron del análisis la altura total de la planta por presentar un alto grado de correlación positiva con el diámetro del tallo, siendo considerada redundante y fácilmente medible.

De los 38 descriptores morfológicos analizados a través de los componentes principales, se determinó que 10 fueron los más relevantes para la caracterización de las accesiones de cacao presentes en la colección de trabajo cubana, y siendo los siguientes:

Dos descriptores del fruto: profundidad del surco primario y presencia antociánica en el surco del fruto maduro.

Tres descriptores de semilla: masa de cacao pulpa por mazorca, número de semillas por mazorca y color de los cotiledones.

Dos descriptores de la flor: longitud de los sépalos y longitud del ovario.

Dos descriptores de calidad: acidez del grano y porcentaje de grasa de la semilla.

Un descriptor relacionado con la autocompatibilidad de las plantas: autocompatibilidad.

La utilización de pocos descriptores para la caracterización, unido a la expresiva variabilidad genética lograda entre progenies, posibilitan una mejor descripción de la colección (Silva, 1999).

Engels (1993) desarrolló un método estadístico que le permitió seleccionar diez de 39 descriptores, entre cualitativos y cuantitativos, teniendo criterios diversos como coeficiente de confiabilidad, valor discriminativo, importancia agronómica y taxonómica, facilidad de observación y de medición y correlaciones entre caracteres. Bekele *et al.* (1994) analizaron una lista de 65 descriptores que optimizaron a 12, y más recientemente Silva *et al.* (1998) lograron reducir en un 31 % los descriptores iniciales para el cultivo, sin pérdida significativa de información.

Conclusiones

- Se encontró variabilidad fenotípica en el germoplasma de cacao.
- Los descriptores mínimos para la caracterización de la colección son la profundidad de los surcos primarios, la presencia de pigmentos antociánicos en el surco de los frutos maduros, la masa de semilla húmeda, el número medio de semillas por mazorca, el color de los

cotiledones, la longitud de los sépalos, la longitud del ovario, la acidez del grano, el porcentaje de grasa de los granos y la autocompatibilidad de las plantas.

Bibliografía

- Almeida, C. M. V.; Cruz, R. C. D. and B. G. D. Bartley: Path analysis of yield components of cacao hybrids (*Theobroma cacao* L.). *Brazilian Journal of Genetics* 17: 181-186, 1994.
- Bekele, F. L.; Kennedy, A. J.; McDavid C. ; F. B. Lauckner and I. Bekele.: Numerical taxonomic studies on cacao (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. *Euphytica* 75: 231-240, 1994.
- Burle, M. L.; Cantero, C. M. T.; Fonseca, J. R.; Palmares de Melo, L. A. M.; Rosa de Belén, N. A. and T. A. Bolie: Characterization of germplasm according to environment conditions at the collecting site using GIS – two case studies from Brazil. *Plant Genetic Resources Newsletter* 135: 1-11, 2003.
- Cardena, Y.: Métodos de mejora genética en cacao (*Theobroma cacao* L.) <http://fitomejoramientofca2011.blogspot.com>, 2011.
- Carpentieri-Pipolo, V.; Takahashi, H. W.; Enda, R. N.; Petek, M. R. e A. L. Seifert: Correlacoes entre caracteres quantitativos em mihlo Pipoca. *Horticultura Brasileira* 20 (4): 551 – 554, 2002.
- Córdoba, C. T.: «Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto local, sobre las poblaciones de dípteros polinizadores del cacao y su relación con la producción en Bocas del Toro, Panamá» [inédito], tesis de candidatura. Turrialba, Costa Rica, 2011.
- Minag, Ministerio de la Agricultura, Cuba: Instrucciones técnicas para el cultivo y cosecha de café y cacao, CIDA, La Habana. 176 pp., 1987.
- Minag, Ministerio de la Agricultura, Cuba: Instituto de Suelo. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, Ciudad de la Habana; *Agrinfor*, 64 pp., 1999.
- End, M. J.; Ford, C. S.; Hadley, P. and R. M. Wadsworth: The role of ICGD in the CFC/ICCO/IPGRI project. In: Proc. CFC/ICCO/IPGRI project workshop, Montpellier, France, February 1998, pp. 49-51, 2000.
- Engels, J. M. M.: Genobank management: an essential activity to link conservation and plant breeding. *Plant Genetic Resources Newsletter* 129: 17-24, 2002.
- Engels, J. M. M.: The use of botanical descriptors – CATIE experiences. In: *Proc. Workshop on the Conservation Characterization and utilization of Cocoa Genetic Resources in the 21st century*, Port of Spain, Trinidad. The Cocoa Research Unit, pp. 69-76, 1993.
- Engels, J. M. M.: A systematic description of cacao clones. I. The discriminative value of quantitative characteristics. *Euphytica* 32: 377-385, 1983.
- Eskes, A. B.; Engels, J. M. and R. Lass: Le project CFC/ICCO/IPGRI: Une nouvelle initiative sur l'utilisation et la conservation du germplasma de cacaoyer. *Plantations, Recherche, Developpment* 5 (6): 418-422, 1998.
- Eskes, A. B.; Engels, J. M. 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.
- García, C. L. F.: Catálogo de cultivares de cacao del Perú. DIVIDE. Ministerio de la Agricultura, Perú. 108 pp., 2010.
- Jaramillo, S. y M. Baena: Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 210 pp., 2000.
- Martín, G. A.; Bonilla, D. S. C.; Ligoreeto, G. A. M. y D. A. Fajardo: Identificación y análisis de variabilidad morfológica de 59 cultivares de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk.). *Agronomía colombiana* 17: 49-60, 2000.
- Martínez, F.; Ramos, R.; Menéndez, M.; Nariño, A.; Gutiérrez, M.; López, C.; Cabrera, M.; Araño, L. y E. Téllez: Caracterización de frutos y semillas en progenies híbridas (F₁) de *Theobroma cacao* L. *Café Cacao* 4 (1): 13-18, 2003.
- Matos, G.; Lambertt, W.; Nariño, A.; Menéndez, M.; Selva, F.; Oliveros, A. y A. Columbie: Prueba de resistencia a *Phytophthora palmivora* (Blut) Blut de 81 clones de *Theobroma cacao* L. *Café Cacao* 3 (1): 82, 2002.
- Menéndez, M.; Lambertt, W.; Columbie, A.; Matos, G.; Oliveros, A.; Rodríguez, M. y E. Sánchez: Selección de clones de *Theobroma cacao* L. con alto potencial productivo y de calidad industrial. *Café Cacao* 3 (1): 64-66, 2002.
- Munsell, A. R.: *Munsell book of color*. New York: Kalmargen, Newborg, 2 vol. 105 pp., 1996.

- Neves, L. G.; Leal, N. R.; Rodríguez, R. e N. G. Pereira: Estimativa de parâmetros genéticos e correlação entre componentes de resistência a troca do tomateiro em progênies de *Lycopersicon esculentum* xl. *Hirsutum* f. *glabratum*. *Horticultura Brasileira* 21 (3): 458-461, 2003.
- Nariño, A.; Menéndez, M.; Matos, G.; Martínez, F. y P. Pérez: Determinación de la compatibilidad genética en 23 genotipos de *Theobroma cacao* L. *Café Cacao* 2 (2): 15-19, 2001.
- Oliveros, A.; Pérez, P. y R. A. Ramos: Algunas características de las mieles en cuatro cultivares de *Theobroma cacao* L. *Café Cacao* 2 (2): 7-9, 2001.
- Petithuquenin, P.: Les conditions naturelles de production du cacao en Cote d'Ivoire, au Ghana et en Indonesie. *Plantatiuns Recherche, Developpement*. 5(6): 393-405, 1998.
- Paterniani, E. e M. S. Campos: Melhoramento do milho. In: Boren, A. (Organizador). Melhoramento de especies cultivadas. Vcosa, (ed.) UFV. P. 429 -485, 1999.
- Pérez, P.; Olivares, A.; Menéndez, M.; Cabrera, M.; López, C. y G. Matos: Índices físicos y químicos de la calidad en cultivares de cacao en Cuba. *Café Cacao* 1 (2): 3-6, 1998.
- 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.
- Silva, C. R. S.; Venturieri, G. A. y A. Figueira: Estimativa da diversidade e relações genéticas entre espécies de *Theobroma* da Amazônia brasileira através de marcadores moleculares e bioquímicos. (supplement). *Genetics and Molecular Biology* 21: 205, 1998.
- Silva, F. C. O.: «Parâmetros genéticos e seleção em populações naturais de cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) da Amazônia brasileira» [inédito], tesis de candidatura. Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 1999.
- Statistical Analysis Systems (SAS): SAS / STAT user's guide. Release6. 132 edition. SAS Institute INC. Cary, NC., USA., p. 1028, 1998.
- Sánchez, I.; Zárate, L. A.; Gallego, G. y J. Tohme: Análisis de la diversidad genética de accesiones de *Theobroma cacao* L. del banco de conservación a cargo de Corpoica. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 8(2): 26-31, 2007.

