



RESULTADOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL *THEOBROMA CACAO* LIN EN CUBA

RESULTS OF THE PLANT BREEDING PROGRAM OF *THEOBROMA CACAO* LIN IN CUBA

M. MENÉNDEZ GRENOT^{1*}, M. RODRÍGUEZ TERRERO¹, W. LAMBERTT LOBAINA¹, Y. MATOS CUETO¹,
A. NARIÑO NARIÑO¹, F. MARTÍNEZ SUÁREZ², O. MIRANDA BARBIER¹

¹Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, Guantánamo, Cuba.

²Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente,
Santiago de Cuba, Cuba. E-mail: direccion@tercerfrente.inaf.co.cu

*Autor para correspondencia: menendez@inafbcoa.gtm.minag.cu

RESUMEN

El programa de mejoramiento genético del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Cuba, iniciado en 1991, buscó incrementar la productividad, resistencia a enfermedades y calidad del cultivo, ante la limitada información genética disponible y la necesidad de optimizar los recursos genéticos locales e introducidos. El objetivo fue identificar y seleccionar genotipos superiores mediante la introducción de clones foráneos, la prospección de materiales nacionales y la hibridación controlada. Se evaluaron más de 240 genotipos en términos de características morfológicas, agronómicas y de calidad, mediante descriptores cualitativos y cuantitativos. Los resultados mostraron variabilidad en el número de semillas por fruto, peso húmedo y color de cotiledones, identificándose genotipos con alto potencial productivo. Además, se clasificaron 173 genotipos según su resistencia a *Phytophthora palmivora*, destacándose 62 resistentes y 33 moderadamente resistentes. Los índices de fermentación superiores a 1,10 y porcentajes de grasa mayores al 45% confirmaron la calidad de los granos. Se identificaron 90 genotipos autocompatibles, esenciales para optimizar la producción. El programa logró comercializar semillas híbridas y clones mejorados, lo que contribuye a la sostenibilidad y competitividad del cacao cubano. Se concluyó que la selección genética es fundamental para mejorar la productividad y resistencia del cultivo.

Palabras clave: resistencia, hibridación, fermentación, autocompatibilidad, productividad

INTRODUCCIÓN

El cacao es una especie de gran importancia económica, con un potencial significativo para incrementar su producción, resistencia y calidad mediante el mejoramiento genético. Para el desarrollo adecuado de un programa

ABSTRACT

The plant breeding program for cacao (*Theobroma cacao* L.) in Cuba, initiated in 1991, sought to increase productivity, disease resistance and crop quality, given the limited genetic information available and the need to optimize local and introduced genetic resources. The objective was to identify and select superior genotypes through the introduction of foreign clones, the prospecting of national materials and controlled hybridization. More than 240 genotypes were evaluated in terms of morphological, agronomic and quality characteristics, using qualitative and quantitative descriptors. The results showed variability in the number of seeds per fruit, wet weight and cotyledon color, identifying genotypes with high productive potential. In addition, 173 genotypes were classified according to their resistance to *Phytophthora palmivora*, highlighting 62 resistant and 33 moderately resistant. Fermentation indices higher than 1.10 and fat percentages higher than 45% confirmed the quality of the beans. 90 self-compatible genotypes were identified, essential for optimizing production. The program managed to market hybrid seeds and improved clones, contributing to the sustainability and competitiveness of Cuban cocoa. It was concluded that genetic selection is essential to improve the productivity and resistance of the crop.

Keywords: resistance, hybridization, fermentation, self-compatibility, productivity

de obtención de variedades superiores, es esencial que los mejoradores cuenten con una amplia variabilidad genética. Esto requiere un trabajo continuo y sistemático que incluya la introducción, preservación, selección en experimentos y plantaciones comerciales, así como la prospección de genotipos promisorios.

Recibido: 05/4/2021

Aceptado: 27/5/2021

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



El aumento de los rendimientos constituye el principal objetivo de los programas de mejora de cultivos, como señalan (Martínez et al., 2010). Según Hitomi (2010), los recursos genéticos representan la base fundamental para el mejoramiento, ya que permiten detectar e incorporar genes que mejoran la productividad, la resistencia a plagas y la calidad organoléptica del cacao. Estos avances son cruciales para garantizar la sostenibilidad y competitividad del cultivo en el mercado global.

El área de domesticación y cultivo del cacao se ubica en Mesoamérica, y su expansión ha sido tan significativa que actualmente se cultiva en todos los países con condiciones tropicales y húmedas. Este cultivo tiene una relevancia económica y social considerable, lo que ha impulsado el desarrollo de diversas técnicas para aumentar su producción, entre las que destaca el uso de cultivares mejorados. Según (Wilkinson, 2000), el incremento de la productividad en la mayoría de los cultivos mundiales se debe, en gran medida, al mejoramiento genético.

En Cuba, las poblaciones de cacao están compuestas principalmente por el grupo Trinitario, que data del siglo XVIII, junto con algunos genotipos forasteros y criollos introducidos posteriormente. Esta mezcla genotípica de la especie *Theobroma cacao* L. representa el 100 % de la superficie sembrada en el país, con plantaciones de diferentes edades. Los continuos cruzamientos espontáneos, resultado de la siembra por semillas de polinización libre, generan numerosas segregaciones, lo que facilita el trabajo de selección, especialmente en la región de Baracoa, principal productora del país con el 55 % de las áreas cultivadas y el 70 % de la producción nacional.

Las primeras plantaciones de cacao en Cuba fueron establecidas por los franceses en el siglo XVIII en la zona de TI Arriba, extendiéndose posteriormente a áreas como la Gran Piedra, Loma del Gato y El Escandel. En la actualidad, aún subsisten ejemplares que se han mantenido a través de la emisión sucesiva de nuevos vástagos a partir del material original. Esto ha permitido que no se produzcan variaciones genéticas en las plantas derivadas, aunque los factores ambientales puedan provocar cambios fenotípicos visibles en los individuos.

Al iniciar el programa de mejoramiento genético en Cuba en 1991, que incluyó el método de hibridación, no se contaba con información genética detallada sobre el comportamiento del germoplasma existente. Además, las escasas investigaciones realizadas hasta ese momento no permitieron esclarecer el comportamiento de los caracteres cuantitativos del cacao, lo que resultó en una base científica insuficiente para el germoplasma disponible (Martínez et al., 2002).

Las introducciones de germoplasma deben estar plenamente disponibles y adecuadamente caracterizadas para su incorporación en programas de mejoramiento. Esto implica el estudio de las características individuales de las introducciones, la identificación de genes responsables de las variabilidades observadas, y el análisis de la herencia

y las relaciones entre genotipos de diferentes poblaciones. Estos pasos son esenciales para garantizar el éxito de los programas de mejoramiento.

Dos procesos fundamentales se destacan en este contexto: la introducción de germoplasma foráneo y la prospección de materiales nacionales. Por esta razón, este estudio se propuso evaluar los genotipos y presentar algunos resultados del programa de mejoramiento genético del cacao en Cuba. Estos esfuerzos buscan fortalecer la base genética del cultivo y mejorar su productividad y calidad en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

El éxito del programa de mejoramiento genético se basó en las necesidades de los productores, la demanda de la economía y la industria, con el objetivo de abordar los principales factores limitantes de la producción y maximizar su potencial. Este proceso siguió una secuencia lógica que incluyó la introducción de nuevos clones y la prospección de genotipos nacionales. Posteriormente, se seleccionaron cultivares para los ensayos de mejoramiento mediante métodos de hibridación, con el fin de identificar árboles superiores y los mejores híbridos, considerando descriptores cualitativos y cuantitativos (figura 1).

Los trabajos se llevaron a cabo en la Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, ubicada en la provincia de Guantánamo, durante el período de 1978 a 2017. Para ello, se realizaron investigaciones con materiales introducidos y prospectados, financiados por 16 proyectos nacionales. Estas investigaciones permitieron avanzar en el conocimiento y desarrollo de variedades mejoradas de cacao.

En el período de 1982 a 1985, se introdujeron y compararon clones e híbridos. Como resultado de este proyecto, se introdujeron 88 cultivares de diferentes orígenes, tanto en forma gámica (semillas) como agámica (estacas enraizadas y varetas portayemas). Estos datos se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Origen geográfico de los cultivares introducidos en Cuba.

Origen Gráfico	Cantidad	Reproducción	
		Gámica	Agámica
América del Norte	11	10	1
América Central	18	4	14
América del Sur	41	21	20
Caribe	17	7	10
África	1	1	

Entre 1991 y 1995, se realizó la prospección de árboles sobresalientes en las poblaciones de cacao cultivado en Cuba. Se identificaron 194 plantas en las provincias de Guantánamo (163), Santiago de Cuba (24) y Mayabeque (7).

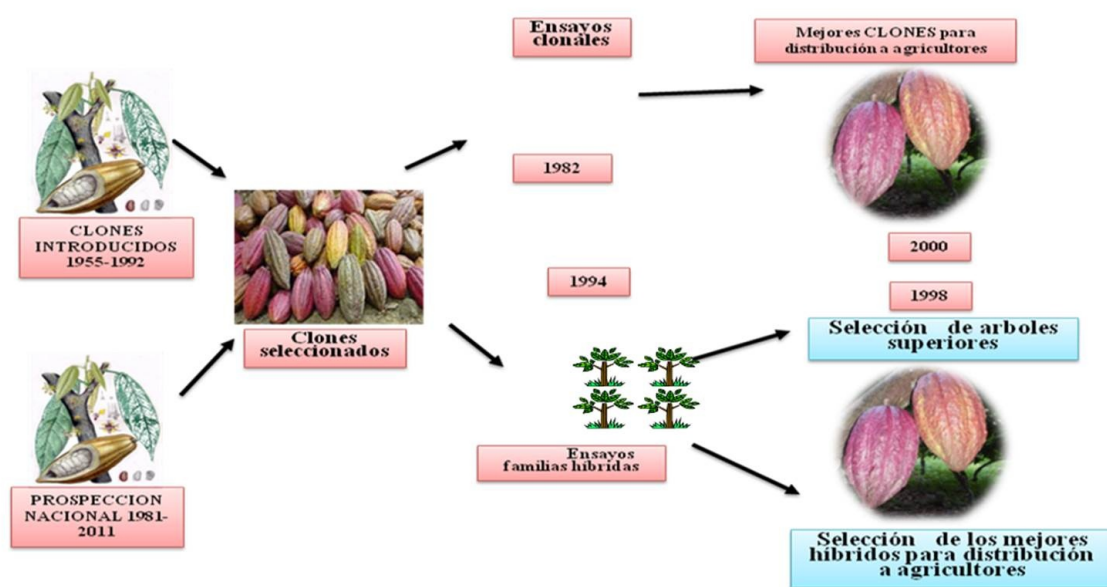


Figura 1. Estrategia del programa de mejoramiento del cacao en Cuba.

Durante esta prospección, se recorrieron 320 fincas en zonas cacaoteras, y se elaboró un expediente para cada individuo sobresaliente. Este expediente incluyó una microlocalización gráfica, considerando elementos fisiográficos perdurables, y el llenado de una planilla para árboles prospectados y seleccionados (Tabla 2). Cada árbol se identificó con una chapilla numerada que correspondía al expediente y al croquis del sitio donde se encontraba.

En el mismo período (1991-1995), se estudió el sistema de incompatibilidad y compatibilidad de híbridos, clones y plantas prospectadas de *Theobroma cacao* Lin., bajo mejoramiento. Se caracterizaron 157 genotipos, de los cuales 90 resultaron autoincompatibles, 44 autocompatibles, 8 incompatibles y 15 compatibles. Además, se estudiaron las variables relacionadas con el beneficio del cacao, como el porcentaje de grasa y de testa, el índice de fermentación y el rendimiento industrial de 198 genotipos.

Entre 1995 y 2000, se obtuvieron y comercializaron clones e híbridos de *Theobroma cacao* Lin. Se lograron 6 combinaciones híbridas y se comercializaron 11,715 kg de semillas híbridas, 2,604 fiscalizadas y 52,952 varetas, que aportaron 476,566 yemas. Posteriormente, entre 1998 y 2003, se llevó a cabo la introducción, conservación y caracterización de los recursos fitogenéticos de *Theobroma cacao* Lin. Se creó un banco de germoplasma con 282 accesiones.

Los descriptores (Tabla 3) se utilizaron para identificar caracteres deseables de importancia botánica, agronómica y de calidad, con el fin de preseleccionar genotipos para el mejoramiento genético y seleccionar cultivares con altos potenciales productivos. Estos descriptores coinciden con los utilizados por Pound (1932); Engels (1981); Eskes et al. (1998); Bekele et al. (2006) y Avendaño et al. (2014).

Tabla 2. Planilla para árboles prospectados y seleccionados.

Número de árboles		
Nombre del árbol		
Localidad de origen		
Tipo de suelo		
Vegetación		
Fuente de origen	Habitad Natural	
	Finca	
	Estación experimental	
Características del material prospectado	Planta	Altura estimada (m)
		Diámetro del tronco (cm.)
		Número de tallos ortotrópicos
		Aspecto productivo.
		Plagas
		Enfermedades
	Flor	Tamaño
		Antocianina estambre
		Antocianina pistilo
		Color pétalos y sépalos
	Fruto	Forma y peso
		Número y profundidad de los surcos
		Rugosidad y color
		Constricción basal
		Forma apical
	Espesor de la cáscara	
	Color maduro	
Semilla	Peso fresco	
	Número / fruto	
	Color	
	Forma	

Tabla 3. Descriptores usados en la caracterización del cacao.

Descriptores	Variables Analizadas	Muestras Evaluadas
Semillas	5 Cuantitativas 1 Cualitativa	10
Frutos	5 Cuantitativas 5 Cualitativos	30
<i>Phytophthora palmivora</i> (Butl) Butl	2 Cuantitativos	10
Físico-Químico	5 Cuantitativos	25
Compatibilidad	1 Cuantitativos	20

Descriptores Cuantitativos de Semillas (realizados a 242 accesiones)

1. Número de semillas por fruto (u): Se calculó el promedio de semillas de 40 mazorcas por clon.
2. Peso húmedo (g): Se determinó el promedio del peso de la semilla fresca y el coeficiente de variación, basándose en 15 semillas de cada una de las 10 mazorcas seleccionadas por clon.
3. Longitud de la semilla (mm): Se midió la longitud máxima de cada semilla en 20 mazorcas seleccionadas, con un pie de rey.
4. Ancho de la semilla (mm): Se midió la anchura máxima de 5 semillas en 20 mazorcas seleccionadas, con un pie de rey.
5. Espesor de la semilla (mm): Se midió el grosor máximo de 5 semillas en 20 mazorcas seleccionadas, con un pie de rey.

Descriptores Cualitativos de Semillas (realizados a 242 accesiones)

6. Color de cotiledones: Se determinó el color de 5 semillas en 20 mazorcas seleccionadas, utilizando categorías como blanco, blanco grisáceo, morado intermedio y morado intenso.

Descriptores Cuantitativos de la Mazorca (realizados a 242 accesiones)

1. Peso del fruto (g): Se calculó el promedio del peso de 35 frutos cosechados por clon.
2. Longitud del fruto (mm): Se midió la longitud de 35 frutos con un pie de rey.
3. Ancho del fruto (mm): Se midió el ancho de 35 frutos con un pie de rey.
4. Diámetro del surco (mm): Se seccionaron transversalmente 35 mazorcas y se midió el diámetro del surco con un pie de rey, se calculó el promedio.
5. Diámetro del lomo (mm): Se seccionaron transversalmente 35 mazorcas y se midió el diámetro del lomo con un pie de rey, se calculó el promedio.

Descriptores Cualitativos de la Mazorca (realizados a 242 accesiones)

1. Antocianina en el lomo: Se evaluó la intensidad de la antocianina en los lomos de los frutos inmaduros, expresada en una escala de 0 (ausente) a 7 (intenso).
2. Antocianina en el surco: Se evaluó la intensidad de la antocianina en los surcos de los frutos inmaduros, expresada en una escala de 0 (ausente) a 7 (intenso).
3. Profundidad de los surcos primarios: Se clasificó como superficial (3), intermedio (5) o profundo (7).
4. Rugosidad de la superficie del fruto: Se evaluó la presencia de protuberancias en la superficie del fruto, clasificándola como ausente (0), ligera (1), intermedia (2) o intensa (3).
5. Forma del fruto: Se clasificó en categorías como amelonado, cundeamor, angoleta, calabacillo, criollo y pentágono.

Descriptores sobre la resistencia a *Phytophthora palmivora* (Butl) Butl. (realizados a 173 accesiones)

1. Incidencia (%): Se utilizó el método Phillips-Galindo para corroborar la efectividad de la inoculación.
2. Severidad (cm): Se clasificó la severidad en resistente (0-2 cm), moderadamente resistente (2.1-4 cm), moderadamente susceptible (4.1-6 cm) y susceptible (>6 cm). La severidad se calculó como el promedio del diámetro de la lesión ($DL = (X + Y)/2$), donde X es el largo de la necrosis y Y es el ancho de la necrosis.

Descriptores Físicos-Químicos Cuantitativos de la Calidad (realizados a 198 accesiones)

1. Porcentaje de grasa: Se determinó según la metodología de la Organización Internacional del Cacao y el Chocolate.
2. Índice de fermentación: Se calculó como la relación flavonoide/antocianina, según la metodología de Cross.
3. Porcentaje de testa (%): Se determinó según la metodología de Pardo-Enríquez.
4. Peso de 100 granos (g): Se midió con una precisión de 0.01 gramos, según las Instrucciones Técnicas para el Beneficio del Café y el Cacao (1987).
5. Rendimiento industrial (%): Se calculó como el cociente entre el peso de cacao comercial y el peso de cacao fresco, multiplicado por 100.

Descriptores de la Compatibilidad (realizados a 157 accesiones)

1. Compatibilidad: Se clasificó en autocompatible o autoincompatible. Se realizaron 20 polinizaciones por genotipo y 20 cruzamientos con marcadores genéticos como UF-613, IMC-67, SCA-6 y SCA-12. El método de polinización empleado fue artificial controlada aislada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El programa de mejoramiento genético permitió categorizar los materiales genéticos de la siguiente forma:

Semillas

En las [tablas 4 y 5](#) se presentan las principales variables caracterizadas en 242 genotipos evaluados en el banco de germoplasma, ensayos y parcelas experimentales dentro del programa de mejoramiento genético. Estas variables incluyen la caracterización de la colección en los surcos primarios, la presencia de pigmentos antocianínicos en los surcos de los frutos, la masa de las semillas húmedas, el número de semillas por fruto y el color de los cotiledones.

Los resultados obtenidos coinciden con los informados por [Martínez-Suárez et al. \(2014\)](#), así como con las variables relacionadas con el peso de las mazorcas, el número de semillas y los indicadores fisiológicos que influyen en el rendimiento agrícola del cultivo de cacao, como el ancho y largo de la semilla, y el ancho, largo y grosor de la cáscara del fruto, según [Nariño & Menéndez \(2012\)](#), [Menéndez-Grenot et al. \(2014\)](#). Estos estudios destacan la máxima y mínima expresión de los genotipos evaluados y su influencia en el desempeño productivo de los frutos y semillas, lo cual es relevante para los nuevos materiales propuestos.

Resistencia a *Phytophthora palmivora*

En cuanto a la resistencia a *Phytophthora palmivora* (Butl) Butl, se logró diferenciar el comportamiento de 173 genotipos ([Tabla 6](#)), clasificándolos en 62 resistentes (R), 33 moderadamente resistentes (MR), 54 susceptibles (S) y 24 moderadamente susceptibles (MS). Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Lawrence (1978) y Phillips y Galindo (1989), citados por [Matos et al. \(2013\)](#), quienes demostraron la alta agresividad de este patógeno y las características genéticas que permiten a algunos individuos

Tabla 5. Caracterización del fruto.

Variables	Mínimo	Máximo	Genotipo Promisorios	
			Mínimo	Máximo
Peso húmedo(g)	125	1193	EICB-341	EICB-295
Longitud(mm)	12.80	262.7	EICB-266	EICB-231
Ancho(mm)	71.20	111.70	EICB-275	EICB-270
Diámetro del surco(mm)	6.8	16.5	CCN-51	EICB-86
Diámetro del lomo(mm)	7.7	19.3	EICB-259	EICB-116
Antocianina en el lomo	0	7		
Antocianina en el surco	0	7		
Profundidad surco primario	3	7		
Rugosidad de la superficie	1	7		
Forma del fruto	1	4		

Tabla 6. Caracterización físico-química del grano seco y fermentado de cacao.

Variables	Mínima	Máxima	Genotipos Promisorios	
			Mínimos	Máximos
% de Grasa	30.50	54.40	EICB-208	UF-650
Índice de Fermentación	1.12	1.58	GS-57	UF-12
% de Testa	11.71	27.10	UF-676	EICB-218
Peso 100 granos (g)	89.0	262.15	EICB-116	EICB-315
Rendimiento industrial (%)	28,40	43.81	EICB-306	EICB-203

resistir o ser vulnerables ante su ataque. Estos hallazgos resaltan la importancia de la selección genética para mejorar la resistencia a enfermedades en el cultivo de cacao.

Índice de fermentación y calidad de granos

Los resultados obtenidos coinciden con los informados por [Oliveros et al. \(2022\)](#) quienes observaron valores similares en el índice de fermentación, superior a 1,10, considerado como bueno, así como un peso de 100 granos superior a 167,7 gramos y un porcentaje de grasa mayor al 45%. Estos indicadores son fundamentales para evaluar la calidad de los granos de cacao y su potencial para la producción agrícola.

Compatibilidad de genotipos

En la [tabla 7](#) se presenta la caracterización de 157 genotipos evaluados, donde se identificó que 90 fueron autocompatibles, 44 autoincompatibles, 8 incompatibles y 15 compatibles. Esta característica de compatibilidad entre individuos es un factor limitante en la producción agrícola del cacao, como lo señalaron [Del Piñal & Acuña \(1967\)](#), citados por [\(Nariño et al., 2001\)](#). Por ello, es un aspecto que no puede omitirse en cualquier estudio de mejoramiento genético.

Tabla 4. Caracterización de semillas.

Variables	Mínima	Máximo	Genotipos Promisorios	
			Mínimo	Máximo
Número de semillas x fruto (u)	32	59	SGU-54	EICB-120
Peso húmedo(g)	1.79	8.20	EICB-37	EICB-354
Longitud de la semilla (mm)	18.9	31.6	EICB-124	EICB-116
Ancho de la semilla(mm)	9.25	17.86	EICB-3	EICB-321
Espesor de la semilla(mm)	5.50	17.50	EICB-275	EICB-381
Color de cotiledón	Blanco	Violeta oscuro	EICB-331	EICB-89

Tabla 7. Caracterización de la compatibilidad de los materiales

Procedencia	Autoincompati- ble	Autocom- patible	Incompatible	Compatible
Introducidos	63	20	8	15
Prospectados	27	24	-	-
Total	90	44	8	15

Selección de clones e híbridos

Como resultado de los ensayos clonales, se identificaron los mejores clones y genotipos promisorios, los cuales fueron utilizados como progenitores masculinos y femeninos. A través de ensayos de familias híbridas, se seleccionaron los mejores híbridos que forman parte del listado oficial de variedades de cacao en Cuba. Este proceso permitió maximizar el vigor híbrido e incorporar resistencia a *Phytophthora palmivora* (Butl) Butl, lo cual contribuye a la sustitución de árboles de baja producción y a la disponibilidad de material genético mejorado para 16 empresas agroforestales y 58 bases productivas.

Estrategias de mejoramiento genético

El programa de mejoramiento genético garantiza la producción de semillas gámicas y agámicas de cultivares superiores, como se detalla en la [tabla 8](#). Estas semillas forman parte del listado oficial de variedades del país e incluyen híbridos de cruces interclonales que maximizan el vigor híbrido y la resistencia a enfermedades. Esta estrategia coincide con las desarrolladas por CATIE, [Bekele et al. \(2001\)](#) y [Engels \(1981\)](#), quienes iniciaron sus programas con la introducción de cultivares de diversas latitudes geográficas y la prospección de genotipos nacionales.

Tabla 8. Clones e híbridos en el listado de variedades de Cuba.

Clones UF		Otros Clones	Híbridos		Hijos TSH
Selectos	Otros				
UF - 650	UF-613	GS - 29	Madres	Padres	Plantas se- leccionadas y evaluadas
UF - 654	UF-296	GS - 36	UF - 650	Pound-7	
UF - 667	UF- 21	ICS - 6	UF - 654	Pound-12	
UF - 677		ICS - 8	UF - 677	IMC-67	
UF - 668		ICS - 95	UF - 613	UF-296	
UF - 676		EICB - 120			

Distribución de material genético

La distribución de material genético a los agricultores se realiza en forma de semillas gámicas (híbridas y fiscalizadas) y semillas agámicas, obtenidas de la selección de árboles superiores y mejores clones, en forma de yemas y varetas, como se muestra en la [tabla 9](#). Este enfoque asegura la disponibilidad de material genético de alta calidad para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de cacao en el país.

CONCLUSIONES

1. El programa de mejoramiento genético identificó 242 genotipos con variabilidad en características como el número de semillas por fruto, peso húmedo y color de cotiledones, lo que permite seleccionar materiales con mayor potencial productivo y adaptabilidad.

Tabla 9. Comportamiento de la entrega de semillas gámica y agámica en los últimos 7 años.

No	Año	Gámicas				Agámicas			
		Híbridas		Fiscalizadas		Total		Yemas Unidad	Varetas Unidad
		Unidad	Kg	Unidad	Kg	Unidad	Kg		
1	2012	583 000	2429.2	150 000	625	733 000	3054.2	124 290	13 810
2	2013	373 540	1556.4	143 000	596	516 540	2152.4	120 618	13 402
3	2014	485 960	2013.9	123 000	513	608 960	2537.3	102 375	11 375
4	2015	549 800	2290.8	98 000	408	647 000	2699.8	82 530	9170
5	2016	311 422	1297.6	36 525	152	347 947	1449.6	29 720	3302
6	2017	274600	1145.0	243900	1017	518500	2162	27100	243900
7	2018	510 587	2127.4	74 500	310.4	585087	2437.8	17033	1893
TOTAL		2814309	11715.3	625025	2604.4	3438534	143277	476566	52952

2. Se clasificaron 173 genotipos según su resistencia a *Phytophthora palmivora*, con 62 resistentes y 33 moderadamente resistentes, lo que refuerza la importancia de la selección genética para mejorar la sostenibilidad del cultivo.
3. Los genotipos evaluados mostraron índices de fermentación superiores a 1,10 y porcentajes de grasa mayores al 45%, indicadores clave para la calidad del cacao. Además, se identificaron 90 genotipos autocompatibles, esenciales para optimizar la producción agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño, C. H., Cueto Moreno, J., Mendoza López, A., López Andrade, P. A., Sandoval Esquivel, A., & Aguirre Medina, J. F. (2014). Manual gráfico de descriptores varietales de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Coyoacán, México*.
- Bekele, F. L., Bekele, I., Butler, D. R., & Bidaisee, G. G. (2006). Patterns of Morphological Variation in a Sample of Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Germplasm from the International Cocoa Genebank, Trinidad. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(5), 933-948. <https://doi.org/10.1007/s10722-004-6692-x>
- Bekele, F. L., End, M., & Eskes, A. (2001). *Proceedings of the International workshop on new technologies and cocoa breeding*. 190. <https://agritrop.cirad.fr/484752>
- Del Piñal, C. S., & Acuña, J. (1967). Floral physiology of cacao. *Agricultura*, 3, 82.
- Engels, J. (1981). *Genetic resources of cacao: A catalogue of the CATIE collection*. Bib. Orton IICA/CATIE. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UvsOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Genetic+Resource+s+of+Cacao.+A+Catalogue+of+the+CATIE+Collection&ots=bh41mOEnsU&sig=ajQyi11MkhBR3i5gX74afF3vLik>
- Eskes, A. B., Engels, J. M. M., & Lass, R. A. (1998). Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection. *Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI Project workshop*, 1(6). https://www.researchgate.net/profile/Johannes-Engels-2/publication/236680569_Working_procedures_for_cocoa_germplasm_evaluation_and_selection/links/00b4951f9413b060d8000000/Working-procedures-for-cocoa-germplasm-evaluation-and-selection.pdf
- Hitomi, L. (2010). Evaluación del estado nutricional de combinaciones híbridas de cacao cultivado en un Latosoil Amarillo Distrópico Típico. *Agrotrópica*, 22(1), 5-10.
- Martínez, F., Menéndez, M., & Moya, C. (2010). otros: Heterosis para algunos componentes del rendimiento en cruza híbridas de cacao (*Theobroma cacao* Lin.). *Café Cacao*, 9(1), 16-20.
- Martínez, F. S., Gutiérrez, M., Verdecia, M., & Sánchez, F. (2002). Comportamiento de mezcla clonal híbrida en plantaciones comerciales de cacao en la ladera nororiental de Farallón Colorado. *Café Cacao*, 3(1), 83-85.
- Martínez-Suárez, F., Menéndez-Grenot, M., & Álvarez-Gil, M. A. (2014). Descriptores mínimos para la caracterización morfoagronómica de cacao (*Theobroma cacao* Lin.). *Café Cacao*, 13(1), 11-19.
- Matos, Y., Bidot-Estévez, I., Decock, C., Clapé-Borges, P., & Matos-Alonso, G. (2013). Resistencia a *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. En 25 accesiones de cacao en Cuba. *Café Cacao*, 12(2), 38-40.
- Menéndez-Grenot, M., Clapé-Borges, P., Lambert-Lobaina, W., Rodríguez-Terrero, M., & Nariño, A. (2014). Caracterización y análisis morfoagronómico de 74 genotipos de *Theobroma cacao* Lin. Para mejorar la estructura clonal del cultivo en Cuba. *Café Cacao*, 13(2), 3-11.
- Nariño, A., & Menéndez, M. Influencia de la polinización manual en el rendimiento agrícola del clon UF-650 de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Café Cacao*, 11(2), 11-15.
- Nariño, A., Menéndez, M., Matos, G., & Martínez, F. (2001). Determinación de la compatibilidad genética en 23 genotipos de *Theobroma cacao* L. *Café Cacao*, 2(2), 15-19.
- Oliveros, V., Lambert, W., Menéndez, M., Nariño, A., & Columbie, A. Utilización de diferentes especies maderables para la fermentación de cacaos en cajas. *Café y Cacao*. 3 (1), 1(3), 70-72.
- Pound, F. J. (1932). The genetic constitution of the cacao crop. *Annual Report on Cocoa Research*, 1, 10-24.
- Wilkinson, M. J. (2000). The application and constraints of new technologies in plant breeding. *Proceedings of the international workshop on new technologies in cocoa breeding*. Kuala Lumpur, 16-17. https://www.incocoa.org/data/ingenic_workshop_3_proceedings_2000.pdf#page=27