


GUÍA



Mejoramiento genético de cacao y uso de clones resistentes a enfermedades



Mejoramiento genético de cacao y uso de clones resistentes a enfermedades

Allan Mata-Quirós
Enelvi Brito
Rolando Cerda

Este material fue elaborado en el marco del proyecto 106286 “*Conservación Efectiva de Bienes y Servicios Ecosistémicos en Paisajes Productivos de Montaña Amenazados*” y realizado por el Gobierno de la República Dominicana, representado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés) y financiamiento otorgado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, por sus siglas en inglés).

Las opiniones expresadas en esta publicación son de las de sus respectivos autores y autoras, y no representan necesariamente las posiciones de las Naciones Unidas, incluyendo el PNUD, y las de los Estados Miembros de la ONU.

Para citar documento:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO Y USO DE CLONES RESISTENTES A ENFERMEDADES”, Proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos, Santo Domingo RD*

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de esta publicación siempre y cuando sea citada la fuente.

© Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés)

Créditos

Instituciones:

Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Orlando Jorge Mera, Ministro

Federico Franco, Viceministro de Áreas Protegidas y Biodiversidad

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD

Coordinación del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos:

Evaydee Pérez Sarraff, Coordinadora Nacional

Coordinación de la consultoría
Oscar Valenzuela, especialista en medios de vida

Entidad consultora:

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Equipo de trabajo

Coordinador: Rolando Cerda

Autores: Allan Mata-Quirós, Enelvi Brito, Rolando Cerda

Coordinadora operativa: Chelsia Moraes

Textos: Allan Mata-Quirós, Enelvi Brito, Rolando Cerda

Fotografías: Allan Mata-Quirós, Foto 2 Antonio Mora

Revisión técnica:

Oscar Valenzuela, proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos

Emilio De La Cruz, proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos

Osterman Ramirez, Departamento del Cacao, Ministerio de Agricultura

Producción gráfica:

Diagramación: Tecnología de información y Comunicación

Avenida Cayetano Germosén esq. Avenida Gregorio Luperón
Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana
Tel.: (809) 567-4300 ext. 7388
Correo electrónico: contacto.bpp@gmail.com

Introducción	6
El mejoramiento genético de cacao	7
Proceso	8
Identificación de las necesidades por resolver	8
Evaluación de las fuentes de diversidad genética	8
Cruzamientos	9
Evaluación de híbridos en el campo	9
Evaluación de clones en el campo	10
Indicadores de selección	10
Clones locales e internacionales propuestos para República Dominicana	11
Requerimientos de los nuevos clones	12
Bibliografía	14

Introducción

El cultivo de cacao en Latinoamérica ha experimentado, en los últimos años, un auge importante, debido al aumento en la demanda de cacaos con características especiales. Sin embargo, a pesar de los múltiples esfuerzos por fortalecer la actividad cacaotera, el fuerte impacto de las enfermedades fungosas, el bajo desempeño de las plantaciones por causas genéticas y de manejo, y la influencia del cambio climático, limitan cada vez más la producción.

En este escenario, el mejoramiento genético y la generación de variedades o clones mejorados, en combinación con la aplicación de prácticas agronómicas de manejo adecuadas permitirá aumentar significativamente la producción y combatir las enfermedades de una manera eficaz y sostenible temporal y económicamente y amigable con el ambiente. La importancia del uso de variedades mejoradas se sustenta en el mejoramiento integral del nivel de vida de los productores y productoras, así como de la industria chocolatera, que a su vez, se garantiza contar con un suministro permanente de materia prima, permitiendo el fortalecimiento de todos los eslabones de la cadena productiva del cacao.



El mejoramiento genético de cacao

La generación y uso de variedades o clones mejorados de cacao es considerada una de las estrategias más eficientes para garantizar el futuro y la sostenibilidad de la actividad cacaotera. Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de una amplia diversidad genética en la región y de la necesidad de hacer frente a las situaciones que limitan la producción, los avances recientes han sido escasos. Se considera que solamente el 30% del cacao que se produce en el mundo proviene de variedades mejoradas y que menos del 1% de los mejores clones se generó en los últimos 30 años.

Como consecuencia del uso de una estrecha base genética en la producción de cacao en el mundo, las plantaciones son cada vez menos productivas y más vulnerables a enfermedades como la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*), la monilia (*Moniliophthora roreri*), la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), entre otras; y a condiciones extremas producto del cambio climático.

Los esfuerzos de mejoramiento genético de cacao pueden variar de acuerdo a los objetivos de cada iniciativa, pero de manera general, para que sea exitosa, esta debe cumplir con las siguientes condiciones:

- › Utilizar una diversidad genética amplia según los objetivos que busca.
- › Enfocarse en encontrar la solución a los factores que limitan la producción, tanto actuales como potenciales.
- › Tener en cuenta las necesidades de los productores y productoras, así como las demandas de los mercados.
- › Ser de una duración y continuidad de acuerdo con los resultados esperados.

Proceso

Como en la mayoría de cultivos perennes, el proceso de mejoramiento genético de cacao es muy lento y se estima que el tiempo que se requiere para el desarrollo de una variedad nueva va desde los 10 hasta los 20 años. Los principales pasos a seguir para liberar clones mejorados son:

Identificación de las necesidades por resolver

Es importante definir con claridad cuál o cuáles son las principales limitantes que deben ser resueltas. Con base en estas necesidades se seguirán los siguientes pasos para la obtención de los nuevos clones.

Evaluación de las fuentes de diversidad genética

La diversidad genética, generalmente conservada en las colecciones, constituyen la base para los programas de mejoramiento genético. A partir de las variedades conservadas se puede explotar la diversidad de caracteres de diferente origen, con el objetivo de transmitir estas características a los nuevos genotipos.

Para determinar las fuentes de resistencia a las enfermedades, el proceso inicia con las inoculaciones artificiales. Estas consisten en poner de manera artificial el patógeno que causa una enfermedad, siendo las más comunes las inoculaciones de mazorca negra y monilia.

A partir de cultivos de los patógenos que se conservan en laboratorio, se preparan soluciones de esporas en agua destilada a una concentración determinada, la cual se coloca en los frutos y unos días o semanas después se evalúa el grado de afectación. Cuando los frutos son severamente afectados, se consideran clones susceptibles, mientras que si no se afectan o se afectan muy poco se considera que tienen algún grado de resistencia.



Otra característica que se busca encontrar en la diversidad genética es la alta producción, la cual puede evaluarse haciendo observaciones periódicas de los árboles o incluso con base en reportes previos realizados en otros países.

Cruzamientos

Una vez que se identifican cuáles clones o árboles poseen al menos una de las características de interés que se busca, se eligen cuáles serán los que se usarán como padres de las combinaciones para el desarrollo de las nuevas variedades.

La combinación de las características se da a través del proceso de polinización artificial, que consiste en poner el polen de una variedad, frotando las anteras de la flor, en el estigma de una flor que permanece unida al árbol.

Evaluación de híbridos en el campo

Aproximadamente seis meses después de la polinización artificial, se obtiene un fruto maduro, cuyas semillas van a tener un embrión con una combinación de las características de ambos padres. Estas semillas corresponden a lo que se conoce como un híbrido, y deben sembrarse en el vivero, para llevarlas luego al campo y evaluarlas para identificar cuáles son los mejores árboles.

Dos años después de la siembra se inician las evaluaciones mensuales de producción y de incidencia natural de enfermedades, las cuales se extienden por un período de 3, 5 o 7 años.



Evaluación de clones en el campo

Con base en los registros obtenidos se seleccionan los mejores árboles, los cuales se deben propagar por una técnica asexual como la injertía, para establecer un nuevo experimento en campo que incluya estos árboles seleccionados y clonados junto con clones conocidos que funcionen como control.

Nuevamente, dos años después de la siembra se inician las evaluaciones mensuales de producción e incidencia de enfermedades. Luego de un período de 5 o 7 años, con base en la información colectada se podrá hacer la selección de los mejores clones, los cuales pueden ser liberados para evaluarlos en otras condiciones ambientales o para sembrarlos en las fincas de productores o productoras.



Indicadores de selección



Los indicadores que se utilizan como criterio de selección pueden variar de acuerdo con los objetivos de cada programa de mejoramiento genético, pero los más frecuentes son los siguientes:

- ▶ **Producción o rendimiento:** se mide de diferentes formas, aunque la más usual es mediante el conteo de los frutos producidos en cierto período y la determinación del peso húmedo de las semillas. El rendimiento en peso seco (kg de cacao fermentado y seco) puede calcularse con base en la conversión del peso fresco, multiplicándolo por 0,38 o 0,40.
- ▶ **Incidencia natural de enfermedades:** es la relación del número de frutos infectados por enfermedades en proporción al número total de frutos producidos. Se miden en porcentaje.
- ▶ **Índice de mazorca:** es el número de frutos necesarios para obtener un kilogramo de cacao fermentado y seco.
- ▶ **Índice de semilla:** es el peso promedio en gramos de 100 semillas fermentadas y secas tomadas al azar.



- › **Compatibilidad:** corresponde a la capacidad de una variedad de ser polinizada por sí misma (autocompatibilidad) o por otra variedad diferente (intercompatibilidad) y lograr la producción de frutos. Se determina realizando polinizaciones artificiales, se considera que una planta o clon es autocompatible o intercompatible cuando las polinizaciones artificiales producen un prendimiento (fecundación y formación de frutos) superior o igual al 30% de todas las flores polinizadas.
- › **Resistencia a enfermedades:** se determina realizando inoculaciones artificiales de los patógenos más comunes, como complemento de las observaciones de incidencia natural.
- › **Calidad:** la selección por calidad ha adquirido una importancia creciente en los programas de mejoramiento en los últimos años en concordancia con las nuevas demandas de los mercados. Las variables van desde las evaluaciones sensoriales de sabor y aroma, hasta la determinación de contenidos de grasa, polifenoles, entre otras.

Clones locales e internacionales propuestos para República Dominicana

Luego de un análisis exhaustivo realizado a diferentes clones locales e internacionales, introducidos por técnicos del sector cacao de República Dominicana, pertenecientes al Ministerio de Agricultura (Departamento del Cacao, IDIAF), sector privado (casas comerciales) y la Comisión Nacional del Cacao, se pretende distribuir a nivel nacional 28 clones por su potencial productivo:

Clones internacionales

UF-29, UF-221, UF-296, UF-613, UF-676, UF-677, ICS-1, ICS-39, ICS-40, ICS-95, EET-95, ETT-228, ETT-250, EET-250, EET-399, TSH-565, GS-36





Clones locales

ML-4, ML-102, ML-105, ML-106, IML-53, IML-92, R-2, R-15, R-52, R-75, R-117

En el Cuadro 1 se muestran las características principales de varios de estos clones, evaluados en República Dominicana. Notará que son materiales con gran potencial (Gomez 2021). Las características e imágenes detalladas se encuentran en un catálogo de clones, disponible en línea [Catalogo-de-clones-segunda-edicion.pdf](https://conacado.com.do/Catalogo-de-clones-segunda-edicion.pdf) (conacado.com.do)

Es importante tomar en cuenta que los clones de cacao no expresan su potencial por sí solos, necesitan de un manejo adecuado. Todos los clones mejorados apuntan a mejorar significativamente los rendimientos de cacao y para lograrlo necesitan atención en labores e insumos. Deben ser acompañados con buenas prácticas agronómicas como se explica en la siguiente sección.

Cuadro 1. Características de clones internacionales y locales propuestos





ICS-1		ML-105	
<p>Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AC Color del fruto: Morado Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 19 Número de semilla/fruto: 44 Índice de semilla: 1.3 gr Rendimiento: 2.2 kg seco / árbol Tolerante a: escoba de bruja Susceptible a: monilia, ceratocisti</p>		<p>Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AC Color del fruto: Verde Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 20 Número de semilla/fruto: 36 Índice de semilla: 1.6 gr Rendimiento: 3.9 kg seco / árbol Tolerante a: N/A Susceptible a: N/A</p>	
ICS-95		ML-106	
<p>Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AI Color del fruto: Morado Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 22 Número de semilla/fruto: 35 Índice de semilla: 1.3 gr Rendimiento: 2.44 kg seco / árbol Tolerante a: Monilia, escoba de bruja Moderada tolerante a: phytophthora, ceratocisti</p>		<p>Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AC Color del fruto: Verde Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 20 Número de semilla/fruto: 37 Índice de semilla: 1.4 Rendimiento: 3.5 kg seco / árbol Tolerante a: N/A Susceptible a: phytophthora</p>	

Requerimientos de los nuevos clones



Aunque los desarrollados se seleccionen por poseer un alto potencial de producción y resistencia a enfermedades, estas características se expresan cuando las plantas son manejadas de manera adecuada y se establecen en condiciones óptimas para su desarrollo.

Con base en evaluaciones realizadas con clones desarrollados en Costa Rica, las prácticas de manejo que más benefician el potencial de los clones seleccionados son las podas y la fertilización. Una poda de mantenimiento y dos podas suaves al año favorecen el mantenimiento de la planta y el adecuado crecimiento, así como una constante formación de brotes nuevos, promotores de la fotosíntesis y de un activo metabolismo de la planta.

UF-613		UF-221	
Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AI Color del fruto: Morado Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 24 Número de semilla/fruto: 30 Índice de semilla: 1.4 gr Rendimiento: 2.25 kg seco / árbol Tolerante a: phytophthora, ceratocisti Moderada tolerante a: monilia		Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AC Color del fruto: Morado Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 19 Número de semilla/fruto: 37 Índice de semilla: 1.28 gr Rendimiento: 3.1 kg seco / árbol Tolerante a: N/A Susceptible a: Monilia, phytophthora	
UF-667		UF-296	
Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AC Color del fruto: Morado Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 19.5 Número de semilla/fruto: 37 Índice de semilla: 1.5 gr Rendimiento: 3.84 kg seco / árbol		Tipo genético: Trinitario Compatibilidad: AC Color del fruto: Morado Color del cotiledón: Morado Índice de mazorca: 20 Número de semilla/fruto: 35 Índice de semilla: 1.4 gr Rendimiento: 2.69 kg seco / árbol	

La nutrición de las plantas es otro requerimiento importante que contribuye con el logro de altos rendimientos. Dependiendo de las condiciones de suelo, los requerimientos mínimos pueden variar, pero se ha demostrado que una fertilización modesta de al menos 200 g por planta al año, tiene un efecto significativo en el mejoramiento de la producción.

En los casos en que se reporten bajos rendimientos y los productores no cuenten con los recursos para la aplicación de estas prácticas, podrían al menos duplicar los rendimientos solo con la aplicación de buenas podas, lo cual tendría un efecto en la disminución de las enfermedades.

Bibliografía

- Arciniegas, A. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el Programa de Mejoramiento Genético del CATIE. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 126 p.
- Echeverri, JH. 2013. Tecnología moderna en la producción de cacao: manual para productores orgánicos. San José, CR, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 3 v.
- Gómez, J. s.f. Catálogo de Clones (en línea). Santo Domingo, s.e. Consultado 20 mar. 2021. Disponible en <https://conacado.com.do/wp-content/uploads/2021/02/Catalogo-de-clones-segunda-edicion.pdf>. Santo Domingo, RD. CONACADO. 42 p.
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute, FR). 2000. Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection. In Eskes, AB; Engels, JMM; Lass, RA. eds. Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI project Workshop 1998. Montpellier, Francia. 176 p.
- Phillips-Mora, W; Arciniegas-Leal, A; Mata-Quirós, A; Motamayor-Arias, JC. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 68 p. (Serie Técnica. Manual Técnico N°105).
- Tarqui, O. 2020. Desempeño agroforestal y económico de los clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) del CATIE en diferentes condiciones agroecológicas en Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 81 p.





Biodiversidad en Paisajes Productivos

Ministerio de Medio Ambiente
Av. Cayetano Germosén esq.
Gregorio Luperón, El Pedregal
Santo Domingo,
República Dominicana
Tel. 809 567 4300 ext. 7388
contacto.BPP@gmail.com
instagram [@bpp_rd](https://www.instagram.com/bpp_rd)