



CORREDOR TECNOLÓGICO AGROINDUSTRIAL  
BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA



# Guía técnica para el **CULTIVO DE CACAO** en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca)

Cacao (*Theobroma cacao* L.)  
Ilustración por Berthe Hoolla van Nooren, 1885.

Convenio:



Gobernación de  
**Cundinamarca**



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

Guía técnica para el  
**CULTIVO DE CACAO**  
en los municipios Nilo y Yacopí  
(Cundinamarca)

Convenio:



Gobernación de  
**Cundinamarca**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

## Guía técnica para el cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca)

### Corredor Tecnológico Agroindustrial Derivado 2 (Cta 2):

#### Entidad Ejecutora

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA

JORGE EMILIO REY ÁNGEL

#### Gobernador

#### Directora

SAIRA MARIA ESPINOSA SÁNCHEZ

#### COMITÉ DIRECTIVO

HJALMAR ARTURO MELO ROMÁN

SECRETARÍA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E

INNOVACIÓN, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA

CAROLINA CHICA BUILES

SECRETARÍA DISTRITAL DE DESARROLLO

ECONÓMICO, ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C.

CARLOS ALBERTO HERRERA HEREDIA

COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN REGIONAL,  
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA - AGROSVIA

TERESA DE JESÚS MOSQUERA VÁSQUEZ

DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN,

SEDE BOGOTÁ, UNIVERSIDAD NACIONAL DE

COLOMBIA

### Comité Técnico Científico Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

OLGA LUCÍA GUZMÁN MORALES

SECRETARÍA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E

INNOVACIÓN, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA

ASTRID MILENA ALARCÓN

SECRETARÍA DISTRITAL DE DESARROLLO

ECONÓMICO, ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C.

CARLOS ALBERTO HERRERA HEREDIA

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA - AGROSVIA

BETHSY TÁMARA CÁRDENAS RIAÑO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN,

SEDE BOGOTÁ, UNIVERSIDAD NACIONAL

DE COLOMBIA

### Integrantes del Subproyecto: Mejoramiento de la tecnología de producción de cacao en las provincias de Rionegro y Alto Magdalena, Cundinamarca

#### Director

JUAN CARLOS BARRIENTOS FUENTES

PROFESOR ASOCIADO, UNIVERSIDAD NACIONAL

DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ: FACULTAD DE

CIENCIAS AGRARIAS

#### Profesores-Investigadores

Universidad Nacional De Colombia, Sede Bogotá:

Facultad de Ciencias Agrarias

ANÍBAL ORLANDO HERRERA

AUGUSTO RAMÍREZ GODOY

ESPERANZA TORRES ROJAS

JAIME TORRES BAZURTO

JESÚS EFRÉN OSPINA NOREÑA

JUAN CARLOS BARRIENTOS FUENTES

MARTHA CECILIA HENAO TORO

ROBERTO VILLALOBOS REBOLLEDO

SANDRA GÓMEZ CARO

STANISLAV MAGNITSKIY

YESID VICENTE ARANDA CAMACHO

#### Profesores-Investigadores

Universidad Nacional de Colombia (Bogotá):

Facultad de Ingeniería

ALFONSO PARRA CORONADO

CAROLINA MARÍA SÁNCHEZ SÁENZ

#### Investigadores Agrosavia

CAMILO RUBÉN BELTRÁN ACOSTA

JADER RODRÍGUEZ CORTINA

LUIS ENRIQUE RAMÍREZ CHAMORRO

SEBASTIÁN ESCOBAR PARRA

#### INVESTIGADORES

Y PROFESIONALES DE CAMPO

#### FEDECACAO

EDWIN GUTIERREZ R.

Director Programa de Investigación

NUBIA MARTÍNEZ

Programa de Investigación

HERNANDO MORALES

Supervisor Técnico Nacional

JOHN FREDY LEÓN

Jefe Unidad Yacopí

RAFAEL CÓRDOBA

Técnico De Campo

#### Profesionales de apoyo

JOHN ANDERSON LADINO ORJUELA

Ing. Agrónomo

CARLOS SALVADOR PINILLA DATIVA

Ing. Agrónomo

ASTRID RODRÍGUEZ POLANCO

Economista

EDINSON HERNANDO QUINTERO

Ing. Agrónomo

andrés leonardo leguizamón

Ing. Agrónomo

LILIANA RUEDA LÓPEZ

Técnico Agroambiental

#### Estudiantes de Pregrado

Universidad Nacional de Colombia  
(Bogotá):

ALEJANDRO PENAGOS MUÑETÓN

ANGÉLICA GRACIA GARCÍA

ASTRID LORENA GAMBOA

CAMILO ANDRÉS VEGA

CARLOS DAVID BAENA ARISTIZÁBAL

DAVID ESTEBAN VARGAS RINCÓN

DYLAN GUEVARA

ERIKA VIVIANA RUBIANO

ESTEBAN RICARDO RIVERA ACERO

FERNANDO SOLER

HENRY ALEXANDER CÓRDOBA

JEIMMY CÁCERES

JENNY ANDREA DÍAZ

JESSICA CAROLINA MEJÍA FORERO

JULIÁN ANDRÉS VELÁSQUEZ

LILIANA MARCELA DAZA

LUIS ALFONSO VALDERRAMA

MATEO FELIPE BEJARANO

ALEXANDER MAURICIO CABALLERO

PAULA ANDREA BERMEO FUQUENE

SANDRA VICTORIA GÓMEZ GUTIÉRREZ

WILSON IVÁN TORRES DÍAZ

#### Estudiantes de Posgrado

Universidad Nacional de Colombia (Bogotá):

HEYDI SOLEDAD RODRÍGUEZ ALBARRACÍN

JHON FELIPE SANDOVAL PINEDA

WILMER ANDRÉS GÓMEZ GUERRERO

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Guía técnica para el cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca) / [editores, Juan Carlos Barrientos Fuentes, John Anderson Ladino Orjuela y Wilson Iván Torres Díaz; autores, John Anderson Ladino Orjuela [y otros veintiséis]]. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia : Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, 2019 (impresión de 2024)

96 páginas : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, fotografías, mapas

“Literatura citada”

ISBN 978-958-783-902-9 (impreso). -- ISBN 978-958-783-903-6 (digital)

1. Cacao -- Cultivo -- Nilo -- Yacopí -- Cundinamarca -- Colombia 2. *Theobroma cacao* 3. Manejo del cultivo 4. Propagación de plantas 5. Cacao -- Enfermedades y plagas 6. Medida fitosanitaria 7. Aplicación de abono 8. Poda 9. Plantas -- Efectos del cadmio 10. Cosecha 11. Tecnología postcosecha I. Barrientos Fuentes, Juan Carlos, 1970-, editor, autor de introducción II. Ladino Orjuela, John Anderson, 1987-, editor, autor III. Torres Díaz, Wilson Iván, editor

CDD-23 633.740986146 / 2024

© Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá

Subproyecto “Mejoramiento de la tecnología de producción de cacao en las provincias de Rionegro y Alto Magdalena, Cundinamarca”. Realizado en el marco del proyecto: “Corredor Tecnológico Agroindustrial Bogotá – Cundinamarca. Derivado 2”

Primera edición: 2019

Primera reimpresión: diciembre 2024

**Editores:** Juan Carlos Barrientos Fuentes,

John Anderson Ladino Orjuela

y Wilson Iván Torres Díaz.

Diseño: [www.lacentraldediseno.com](http://www.lacentraldediseno.com)

Impreso por: DGP Editores SAS

CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD: El Corredor Tecnológico Agroindustrial - CTA-2 no es responsable de las opiniones e información contenidas en el presente documento. Sus autores/as se adjudican exclusiva y plenamente la responsabilidad sobre su contenido, ya sea propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la autorización para su publicación. Adicionalmente, declaran que no existe conflicto de interés con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, solo los autores/as serán responsables civil, administrativa o penalmente frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

ISBN: 978-958-783-902-9

ISBN digital: 978-958-783-903-6

Portada: ‘Cacao (*Theobroma cacao* L.): fruiting and flowering branch with separate numbered sections of flowers, fruit and seed. Cromolitografía por P. Depannemaeker, basada en ilustración de Berthe Hoola Van Nooten, aproximadamente 1885.



El contenido del presente documento se acoge a la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0 DEED). Su copia o redistribución debe incluir el crédito correspondiente a los autores y autoras, así como a las entidades editoriales y no debe tener fines comerciales. Se puede consultar la licencia en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/g>

CITACIÓN SUGERIDA: Barrientos-Fuentes, J. C., Ladino-Orjuela, J. A., Torres-Díaz, W. I., editores. (2019). Guía técnica para el cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca). Bogotá D. C.: Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.

# Contenido

## **Introducción** **7**

Juan Carlos Barrientos Fuentes

## **Generalidades** **9**

John Ladino Orjuela y Juan Carlos Barrientos Fuentes

Origen e importancia del cultivo de cacao	9
Morfología de la planta de cacao	9
Ciclo de producción del cacao	12
Tipos de cacao cultivados	14

## **Estado de la producción cacaotera** **17**

John Ladino Orjuela, Juan Carlos Barrientos Fuentes y FEDECACAO

Producción de cacao en el mundo	17
Producción de cacao en Colombia	17
Producción de cacao en Nilo y Yacopí	19

## **El cultivo de cacao en Nilo y Yacopí** **23**

Juan Carlos Barrientos Fuentes, John Ladino Orjuela y Carlos Pinilla Dativa

Condiciones agroambientales	23
Tipos y edad de las plantas de cacao	24

## **Modelo de siembra en el cultivo de cacao** **27**

FEDECACAO, John Ladino Orjuela y Carlos Pinilla Dativa

El sistema agroforestal	27
Compatibilidad de clones	28
Diseño de siembra	29

## **Propagación del cacao** **33**

John Ladino Orjuela, Carlos Pinilla Dativa y FEDECACAO

Propagación de plántulas	33
Injertación	35

## **Establecimiento del cultivo de cacao** **41**

John Ladino Orjuela, Carlos Pinilla Dativa y FEDECACAO

Selección y preparación del terreno	41
Trazado del terreno	41
Ahoyado	41
Trasplante	41

## **Manejo de la fertilidad en el cultivo de cacao** **45**

Stanislav Magnitskiy, Jaime Torres Bazurto, Esperanza Torres Rojas,  
Henry Alexander Córdoba Novoa, Jemmy Alexandra Cáceres Zambrano  
y Paula Andrea Bermeo Fuquene.

Determinación de la fertilidad del suelo	45
Toma de una muestra de suelo	45
Requerimientos nutricionales del cacao	45
Deficiencias nutricionales en cacao	46
Plan de fertilización	48
Microorganismos asociados al cultivo de cacao	49
Abonos orgánicos	51

## **Requerimiento hídrico del cultivo de cacao** **55**

Roberto Villalobos Rebolledo, Jesús Efrén Ospina Noreña,  
Leonardo Leguizamón García y Paula Bermeo Fuquene

Climatología y disponibilidad de agua para el cultivo de cacao en Nilo y Yacopí	55
Escasez de agua y requerimiento de riego en Nilo	55
Sistema de riego recomendado para cacao en Nilo	56
Cosecha de lluvias como adaptación a la variabilidad y al cambio climático	57

## **Podas** **61**

John Ladino Orjuela, Luis Ramírez Chamorro, Carlos Pinilla Dativa y FEDECACAO

Definición e importancia de la poda	61
Herramientas e insumos para la poda	61
Tipos de poda	62

## **Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) en el cultivo de cacao** **65**

Augusto Ramírez Godoy, Luis Valderrama Florez, Sandra Gómez Caro,  
Camilo Beltrán-Acosta, Esperanza Torres Rojas, Sandra Victoria Gómez Gutiérrez  
y Mateo Felipe Bejarano Hernández

Principales plagas en el cultivo de cacao en Nilo y Yacopí 65

Principales enfermedades del cultivo de cacao en Nilo y Yacopí 69

## **Cosecha y poscosecha** **77**

Aníbal Herrera Arévalo, Alejandro Penagos Muñeton, Carolina Sánchez Sáenz  
y Alfonso Parra Coronado

Cosecha 77

Poscosecha 78

## **Cadmio y calidad del grano de cacao** **85**

John Fernando Soler Arias, Martha Cecilia Henao Toro y Esperanza Torres Rojas

Importancia de la calidad 85

Cadmio en cacao 85

Medidas de mitigación de presencia de cadmio en cacao 86

## **Literatura citada** **89**

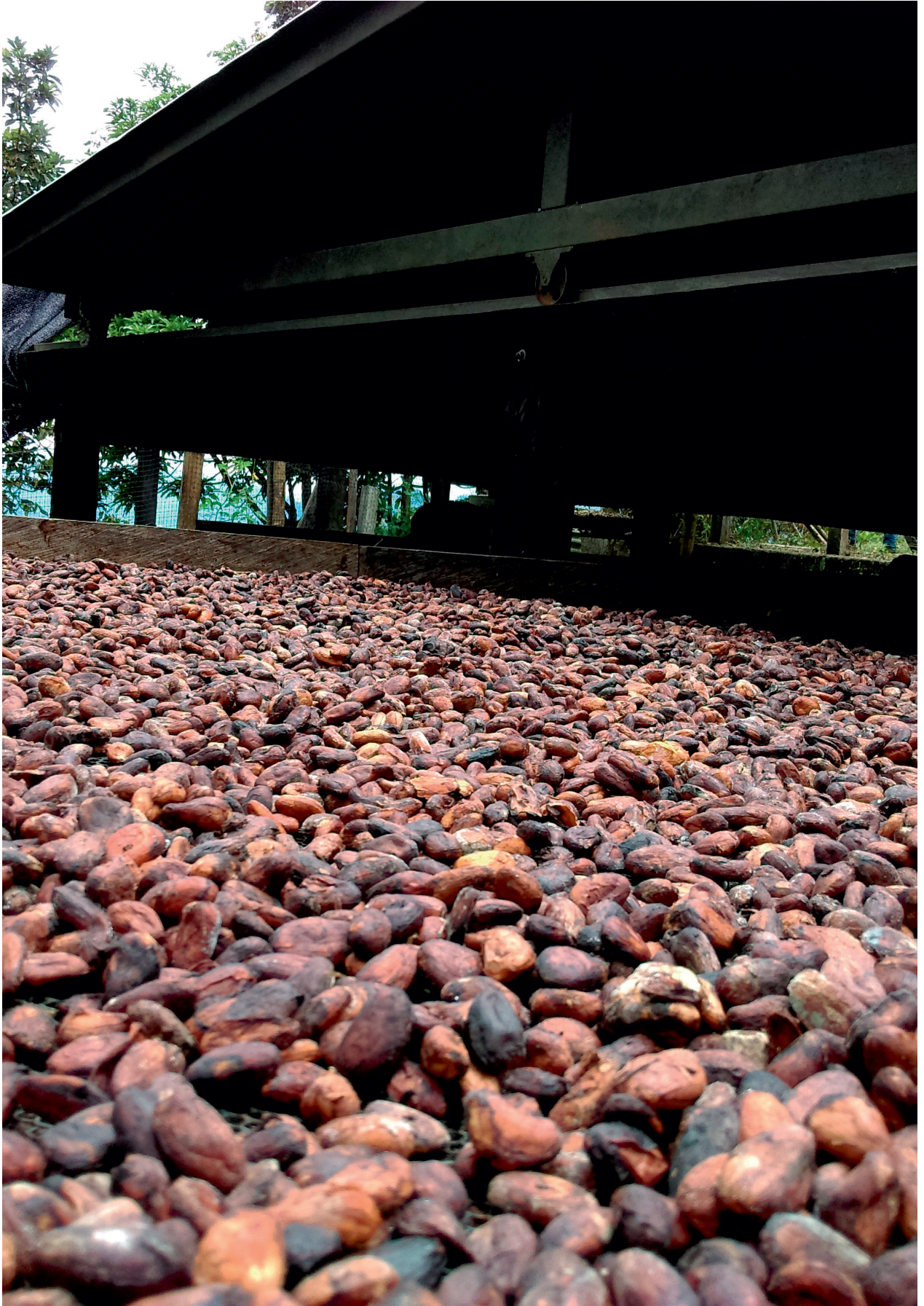


Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Introducción

Juan Carlos Barrientos Fuentes

Este documento se elaboró en el marco del sub-proyecto **“Mejoramiento de la tecnología de producción de cacao en las provincias de Rionegro y Alto Magdalena, Cundinamarca”**, que hace parte del Proyecto denominado Corredor Tecnológico Agroindustrial Derivado 2 (CTA – D2), en el cual participan la Secretaria de Ciencia Tecnología e Innovación del Departamento de Cundinamarca - SCTEI, la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico de Bogotá - SDDÉ, la Universidad Nacional de Colombia y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica, mismo que es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías denominado “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector Agropecuario Agroindustrial con el fin de mejorar todo el departamento de Cundinamarca y Centro Oriente”.

La ejecución del proyecto se realizó entre noviembre de 2015 y noviembre de 2017 en el cual participaron profesores y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), investigadores y técnicos de Fedecacao, investigadores de Corpoica, y personal técnico de campo. El objetivo principal del proyecto fue *contribuir al incremento de la producción, la productividad y competitividad del cultivo de cacao en los municipios de Yacopí en la provincia Rionegro, y Nilo en la provincia Alto Magdalena del departamento de Cundinamarca, a través de la mejora tecnológica de la producción en fincas de agricultura familiar*. Para el logro de este objetivo se plantearon diferentes estrategias, entre las que se encuentran la capacitación y difusión del conocimiento asociado al cultivo. Como resultado del trabajo en el proyecto se generó la presente Guía técnica para el cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca).

Este documento tiene el propósito de servir de guía y fuente de consulta para los productores de cacao de las zonas de influencia del Proyecto a través de la información técnica del ciclo del cultivo, desde su establecimiento hasta la obtención del grano seco. La información que contiene es el resultado de una revisión documental e investigaciones realizadas en fincas de agricultores de Nilo y Yacopí, complementada con el conocimiento y la experiencia de los participantes del proyecto.

La Guía inicia con las generalidades del cultivo de cacao y la producción cacaotera a nivel internacional, nacional, departamental y local. Seguidamente trata el tema del cultivo en los municipios Nilo y Yacopí. Posteriormente se abordan los temas: modelo de siembra, propagación y establecimiento del cultivo, que incluye una fase de vivero. Después, se describen el manejo de la fertilidad, los requerimientos de riego, prácticas de poda y renovación, así como manejo integrado de plagas y enfermedades. La Guía concluye con aspectos relativos a la cosecha, poscosecha y calidad de grano. Este documento de redacción sencilla va acompañado de fotos, esquemas y tablas para su mejor comprensión y aprovechamiento.



Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Generalidades

John Ladino Orjuela y Juan Carlos Barrientos Fuentes

## Origen e importancia del cultivo de cacao

Los primeros vestigios del uso del cacao ubican a éste en Mesoamérica, por lo que se pensó que allí se originó esta especie. Sin embargo, una teoría reciente sugiere el centro de origen de la especie *Theobroma cacao* L. en la cuenca del río Amazonas. La variabilidad del género *Theobroma* encontrada en las expediciones de colecta por el bajo Amazonas indica que la diversificación sucedió en los valles formados por los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, afluentes del Amazonas, cerca de las fronteras orientales entre Ecuador y Colombia, y algunos afluentes del Orinoco tales como el Guaviare e Inírida. Ésta teoría propone además la existencia de subespecies que corresponden a cacaos tipo Criollos y Forasteros, siendo los primeros originarios de América central, evolucionados independientemente, y los segundos dispersados por el bajo Amazonas (Pound, 1938; Cheesman, 1944; Cuatrecasas, 1964; Quiroz 2002). Un tercer tipo de cacao, denominado Trinitario, resultante del cruce entre Criollo y Forastero, se difundió de manera natural en la isla Antillana de Trinidad (Zhang, 2016; Bartley, 2005).

El cacao es un cultivo que se ha difundido más entre pequeños productores. En Colombia hay más de 35.000 familias dedicadas a este cultivo, el cual les genera empleo e ingresos. También la industria se beneficia con el cacao produciendo a partir de él alimentos, productos cosméticos y farmacéuticos.

## Morfología de la planta de cacao

A continuación se presenta una breve descripción de las partes de la planta de cacao: raíces, tallo, hojas, flores, fruto y semillas.



**Figura 1A. Raíces:** La raíz principal es pivotante y puede llegar a 1.5 - 2.0 m de profundidad. Las raíces laterales alrededor del tallo se encuentran en su mayoría en los primeros 30 cm del suelo alcanzando los 5 - 6 m de longitud horizontal.

**Foto:** Jhon Felipe Sandoval Pineda, 2017.

**Figura 1B.** Tallo: En su primera fase de crecimiento, que dura de 12 a 15 meses, es vertical.

Luego, este crecimiento se interrumpe para dar lugar a la formación de 4 - 5 ramas principales, que son de crecimiento diagonal y perpendicular al tallo principal.

**Foto:** John Ladino Orjuela, 2017.



**Figura 1C.** Hojas: Tienen de 20 a 35 cm de longitud y de 4 - 15 cm de ancho, son grandes, enteras, alternas, elípticas u oblongas, de punta larga y ligeramente ancha. Las hojas tiernas presentan generalmente un color naranja o rojizo, que cambia a verde oscuro en el haz y más pálida en el envés cuando la hoja alcanza su madurez.

**Foto:** John Ladino Orjuela, 2017.





**Figura 1D.** Flores: Son pequeñas, hermafroditas (tienen ambos sexos), de color rosa, púrpura y blanco; poseen cinco pétalos en forma de estrella, cinco estambres verdaderos color blanco y cinco falsos de color morado. Son caulinares, es decir aparecen en el tronco, ramas y tallos leñosos, y lo hacen en forma solitaria o en grupos llamados "cojines florales". Las flores de cacao son polinizadas en su mayoría por una mosca diminuta del género *Forciphomya* sp. Dependiendo del material vegetal y del clima en que se desarrolla, la flor, después de ser polinizada, tarda entre 5 y 6 meses para formar un fruto maduro.

**Foto:** John Ladino Orjuela, 2017.



**Figura 1E.** Frutos: Son bayas, que dependiendo de los genotipos, tienen tamaño, color y forma variables, de superficie lisa o rugosa. Los frutos jóvenes son llamados "pepinos" y los frutos que están para cosecha, "mazorcas". La cáscara puede ser gruesa, delgada o intermedia; de surcos superficiales, intermedios o profundos. Los frutos maduros, dependiendo de la variedad, adquieren un color amarillo, anaranjado hasta rojizo. En su parte interna, se encuentran los granos o semillas, ordenados en hileras alrededor de un eje central denominado placenta. El fruto puede contener entre 20 y 50 granos, dependiendo del material vegetal.

**Foto:** John Ladino Orjuela, 2017.

**Figura 1F.** Semillas: También llamadas almendras o granos, son de tamaño variable (1.2 – 3 cm), están cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso de distintos sabores, aromas, grados de acidez, dulzura y astringencia. Los granos son planos o redondeados, cuyos cotiledones son de color morado, violeta, café o blanco, según el genotipo.

**Foto:** John Ladino Orjuela, 2017.



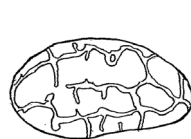
## Ciclo de producción del cacao

El ciclo de producción del cacao se refiere a las etapas del ciclo fenológico de la planta desde la germinación de la semilla hasta el desarrollo y la cosecha (figura 2). Esto depende de la variedad, así como de las condiciones ambientales donde se desarrolla la planta, y del manejo durante su vida útil.

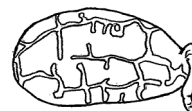
**Figura 2.** Etapas de crecimiento fenológico de las plantas de cacao (*Theobroma cacao*)

**Fuente:** Elaboración propia basada en Niemenak *et al.*, 2009.

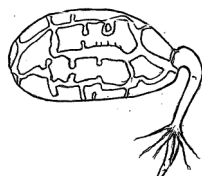
### Etapas de Germinación:



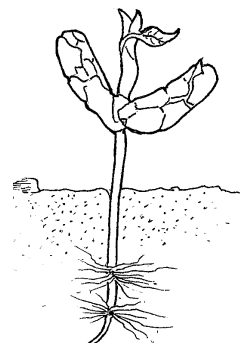
Día 0 - 3: Imbibición (entrada de agua a la semilla)



Día 5: Protuberancia y elongación de la radícula y el hipocótilo es visible.

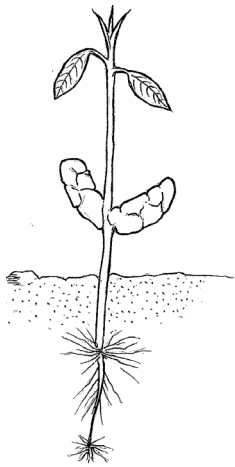


Día 7 - 18: Dependiendo de las condiciones, las plántulas han emergido del suelo. Así mismo, la formación de pelos radiculares.

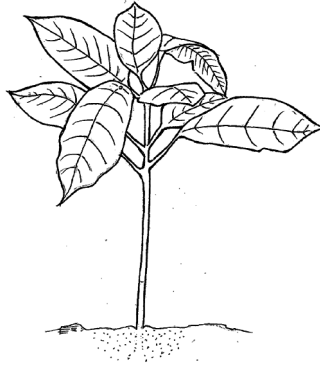


Día 25: El desarrollo de las primeras hojas comienza, después que los cotiledones empiezan a desplegarse.

### Etapa de desarrollo de hojas y ramas:

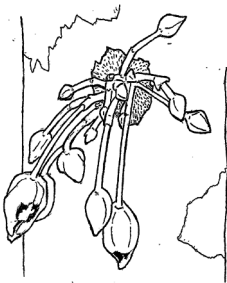


Aparición de hojas desplegadas, que todavía son de color verde pálido o rojo, mostrando el 20 ó 50% de su tamaño final.



Las hojas maduras, alisadas, endurecidas, de color verde oscuro y del tamaño final.

### Etapa de floración y desarrollo de fruto:



El cacao es caulifloro, es decir, los cogines florales crecen en el tronco y ramas principales. El desarrollo de una flor tarda 30 días. Un cojin floral lleva flores en diferentes etapas de desarrollo.



Cuando alrededor del 10% de las flores están abiertas. Comienza el inicio de la floración.



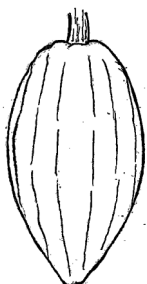
El proceso de crecimiento y maduración del fruto de cacao, desde la polinización de la flor, es de aproximadamente 150 días.



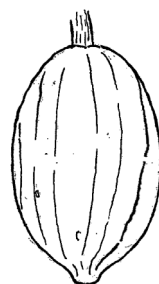
La primera fase de desarrollo, dura alrededor de 75 días en los cuales el pericarpio se agranda.



Entre 50 - 75 días. El fruto comienza a hincharse y su longitud también aumenta. Muestran el 50% de su tamaño final.



La segunda fase comienza aproximadamente a los 85 días después de la polinización, es un periodo de metabolismo activo, durante el cual los lípidos, las proteínas de almacenamiento y las antocianinas se acumulan en la semilla, mientras el contenido de humedad del embrión disminuye hasta en un 30%.



En esta etapa llena por completo el espacio interior de la semilla. Cuando cesa el crecimiento del embrión, no hay más crecimiento del fruto y la maduración comienza inmediatamente.

## Tipos de cacao cultivados

Se mencionó anteriormente el origen de los tipos de cacao Criollo y Forastero explicando que el cruce espontáneo de estos dos dio origen al tipo de cacao Trinitario, el cual contiene, en mayor o menor proporción, características de los dos primeros (ver tabla 1). Posteriormente se inició la producción de híbridos resultado del cruzamiento sexual de dos plantas de cacao con rasgos diferentes y de un proceso de selección tratando de generar determinadas características deseables. Sin embargo, estos híbridos reproducidos por semilla presentan gran variabilidad entre plantas teniendo unos individuos con mejores características que otros, sea en productividad, porte, calidad y/o tolerancia a enfermedades, lo cual dificulta tener plantaciones uniformes. Para superar esta limitante fueron seleccionados los individuos sobresalientes de la descendencia de aquellas poblaciones híbridas para dar origen a los llamados “clones”. Estos son plantas obtenidas por medio de injertación (no por semilla) dando origen a una planta idéntica (copia) a la planta madre (mejor híbrido), logrando así la uniformidad en un cultivo.

**Tabla 1.** Características de los cacaos tipo Criollo, Forastero y Trinitario.

Características	Criollo	Forastero	Trinitario o Híbrido
<b>Origen</b>	Centroamérica y norte de Suramérica, Colombia, Venezuela	Cuenca amazónica de Brasil, Perú, Bolivia y Colombia	Las Antillas, isla de Trinidad siglo XVIII
<b>Porte de la planta</b>	Árbol débil, pequeño, tronco erecto con poca ramificación lateral	Árbol robusto, grande y con ramificación lateral	Variable
<b>Hojas</b>	Grandes, color verde oscuro	Pequeñas, color verde claro	Tamaño y color intermedio entre criollo y forastero
<b>Frutos</b>	Forma de cundeamor y angoleta, surcos profundos, color verde y luego rojo violáceo en la madurez o verde tilo	Forma amelonado y calabacillo, surcos poco profundos, color verde y luego amarilla en la madurez	Tamaño, forma, textura y colores intermedios entre criollo y forastero
<b>Cáscara</b>	Delgada, suave y de superficie rugosa	Gruesa, dura y de superficie lisa	Variable
<b>Almendras</b>	Forma redondeada, de colores blanco y rosado	Forma aplanada, de colores violeta oscuro y pigmentados	Tamaño, color y forma diversos
<b>Plagas y enfermedades</b>	Susceptible	Tolerantes	Mayor resistencia que el criollo
<b>Sabor</b>	Fino, agradable, dulce, delicado, frutal, con bajo contenido de taninos, aromático	Ordinario, amargo por su alto contenido de taninos, astringente, poco aromático	Mejor sabor que los forasteros, buen aroma
<b>Adaptación</b>	Pobre y limitada	Muy buena	Buena
<b>Rendimiento</b>	Bajo	Alto	Medio-Alto
<b>Tiempo a cosecha</b>	Tardío	Precoz	Variable
<b>Porcentaje de grasa</b>	Bajo	Alto	Medio
<b>Porcentaje mercado mundial</b>	5%	80%	15%

Fuente: Fedecacao, 2017; Durán F.; Batista, L. 2009.





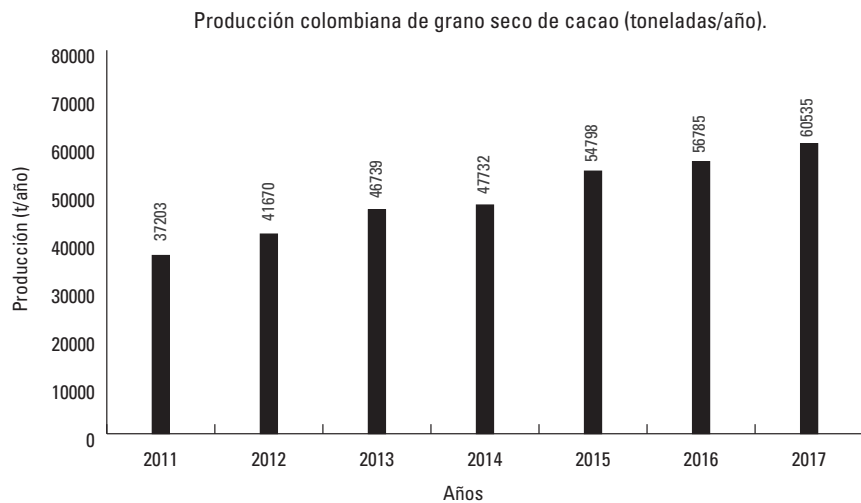
Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

sabor. Cada departamento productor tiene su combinación de variedades que lo caracteriza. En 2017 la producción de cacao en Colombia tuvo un crecimiento de 6,6% con relación al año 2016, al pasar de 56.785 toneladas a 60.535 (figura 4), logrando así un nuevo récord en la historia de este cultivo en el país (Fedecacao, 2018).

El principal departamento productor es Santander, seguido de Arauca, Antioquia, Huila y Tolima. Cundinamarca genera el 4% de la producción cacaotera del país, ocupando el sexto lugar a nivel nacional. Los principales municipios cacaoteros de este departamento son Yacopí, Caparrapí y Paimé (figura 5), Nilo ocupa el décimo lugar en la producción departamental.

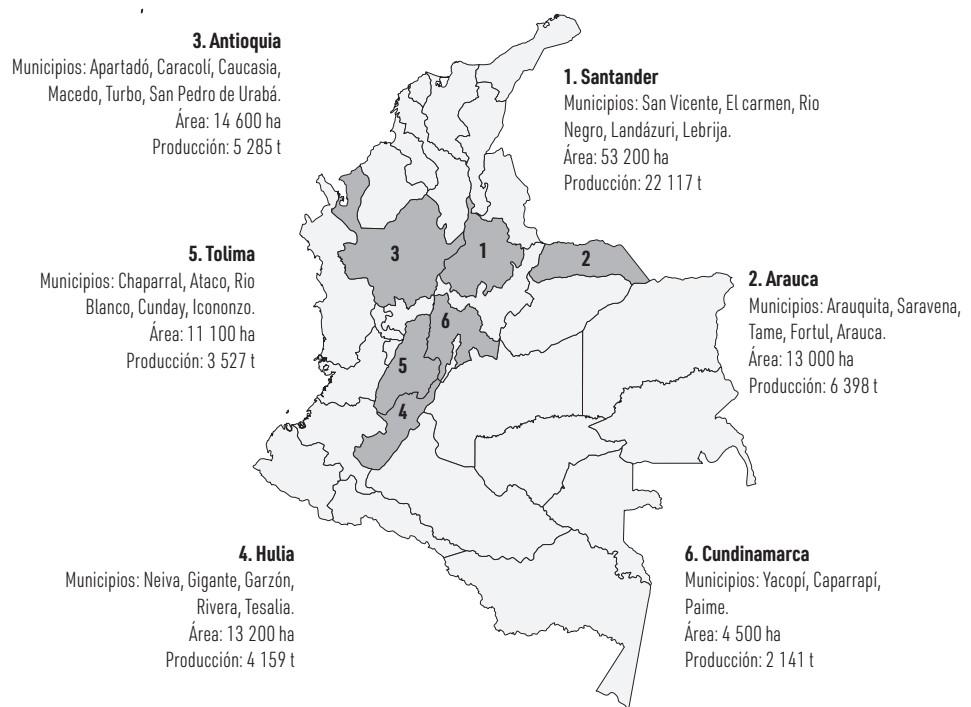
**Figura 4.** Producción en toneladas de grano seco de cacao en Colombia 2011 - 2017.

Fuente: Adaptado de FEDECACAO, 2018.



**Figura 5.** Principales departamentos productores de cacao en Colombia.

Fuente: Adaptado de FEDECACAO, 2017.



## Producción de cacao en Nilo y Yacopí

El municipio Nilo, perteneciente a la provincia Alto Magdalena, está ubicado al suroccidente de Cundinamarca a 145 km de Bogotá. Limita al norte con los municipios de Tocaima y Viotá, al sur con Melgar (Tolima), al oriente con Tibacuy y Melgar, y al occidente con los municipios de Agua de Dios y Ricaurte. Tiene una extensión de 22.400 hectáreas con un terreno montañoso y escarpado. La vía que une Bogotá con Nilo es pavimentada en su totalidad y algunos de los caminos veredales están en buenas condiciones (Alcaldía de Nilo, 2016).

En tanto Yacopí, municipio de la provincia de Rionegro, está ubicado al norte del departamento Cundinamarca a 160 kilómetros de Bogotá D.C. Tiene una extensión de 109.478 hectáreas, siendo el municipio de mayor área en el departamento. La vía que conduce de Bogotá a Yacopí se encuentra pavimentada en aproximadamente dos terceras partes, quedando 51 km sin asfalto. Los caminos veredales también se encuentran sin pavimento en su gran mayoría, lo que unido a las distancias que separan las fincas del centro urbano representan una limitante significativa para el transporte de la producción agrícola y para el desplazamiento de los servicios de asistencia técnica (Alcaldía de Yacopí, 2016).

En ambos municipios la actividad económica principal de los productores de cacao es la agricultura. Sin embargo, en Nilo, por efecto de la cercanía a un centro turístico como es Melgar, ha abierto para los pobladores otras fuentes de ingreso (tabla 2).

**Tabla 2.** Actividades económicas de los productores de cacao de Nilo y Yacopí.

ACTIVIDAD	MUNICIPIOS	
	Nilo	Yacopí
Agricultura	32%	77%
Servicios de jornalero	20%	9%
Trabajo asalariado	20%	9%
Comercio	10%	4%
Otros	18%	1%

Fuente: Barrientos, 2016.

En la producción agrícola de Nilo predominan 9 especies, mientras que en Yacopí son 12 (tabla 3). Por otro lado, los productores de cacao también tienen, entre otros, gallinas, cerdos y ganado vacuno para leche y/o carne para satisfacer sus necesidades de alimentación y venta.

Dentro la actividad agrícola, el cultivo de cacao es relevante, pero las superficies son relativamente pequeñas, pues se encuentran por debajo del promedio nacional (3,3 ha). El sistema de producción predominante en ambos municipios es el convencional-tradicional. Adicionalmente, en Nilo se está desarrollando el sistema de producción orgánico.

Yacopí en comparación a Nilo tiene mayor área sembrada de cacao y por consiguiente mayor producción, sin embargo, su rendimiento en toneladas por hectárea es menor que en Nilo (tabla 4). En Yacopí el 50% de los productores tiene entre 0,5 y 2 hectáreas, y sólo el 3% más de 5 hectáreas; por otra parte, en Nilo el 70% de los productores tiene entre 0,5 y 2 hectáreas de cacao en sus fincas, y sólo el 10% tiene más de 5 hectáreas.

**Tabla 3.** Cultivos y su distribución espacial (en hectáreas) en una finca promedio de Nilo y Yacopí.

NILO		YACOPÍ	
Cultivos	Superficie promedio (ha)	Cultivos	Superficie promedio (ha)
Bosque nativo	11,74	Pastos	9,2
Pasto	4,75	Bosque nativo	4,1
Cacao	Promedio: 2,7 Mínimo: 0,5 Máximo: 29	Cacao	Promedio: 2,5 Mínimo: 0,5 Máximo: 8
Cítricos	1,2	Maderables	2,5
Frutales	0,5	Caucho	1,5
Café	0,5	Caña	1,4
Maderables	0,14	Café	1,1
Plátano	0,14	Cítricos	1,0
Maíz	0,004	Frutales	1,0
		Maíz	0,8
		Yuca	0,5
		Plátano	0,5

Fuente: Barrientos, 2016.

**Tabla 4.** Área cosechada, sembrada y producción de cacao en los municipios de Nilo y Yacopí.

MUNICIPIO NILO				
Año	Área Cosechada (hectáreas)	Área Sembrada (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (toneladas por hectárea)
2007	80	98	45	0.56
2008	200	300	240	1.20
2009	164	284	170	1.04
2010	164	296	165	1.01
2011	164	301	197	1.20
2012	164	305	82	0.50
2013	287	302	143	0.50
2014	287	302	144	0.50
MUNICIPIO YACOPÍ				
Año	Área Cosechada (hectáreas)	Área Sembrada (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (toneladas por hectárea)
2007	1.442	1.653	1.000	0,69
2008	1.300	1.500	650	0,50
2009	1.350	1.550	675	0,50
2010	1.539	2.539	1.600	1,04
2011	1.812	2.612	1.087	0,60
2012	1.780	2.642	1.068	0,60
2013	2.130	2.241	852	0,40
2014	2.130	2.321	852	0,40

Fuente: Adaptado de Agronet, 2016.





Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# El cultivo de cacao en Nilo y Yacopí

Juan Carlos Barrientos Fuentes, John Ladino Orjuela y Carlos Pinilla Dativa

## Condiciones agroambientales

El cultivo de cacao requiere de condiciones agroambientales específicas para su crecimiento y desarrollo. A continuación se presentan las condiciones agroambientales óptimas para el cacao y las condiciones que ofrecen los municipios de Nilo y Yacopí (tabla 5).

**Tabla 5.** Requerimientos del cultivo de cacao frente a las condiciones agroambientales que ofrecen los municipios Nilo y Yacopí.

VARIABLE AGRO AMBIENTAL	CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL CULTIVO DE CACAO	CONDICIONES EN LOS MUNICIPIOS	
		Nilo	Yacopí
Precipitación (lluvia)	1.800 - 2.200 mm/año	1.150 mm/año	2.592 mm/año
Suelo	Profundos (1,50 m)	Profundidad variable (0,25 m - 1,50 m)	Profundidad variable (0,5 m - 1,50 m)
	Contenido de carbono orgánico mayor a 2,6%	Contenido de carbono orgánico entre 1,23% y 7,48%	Contenido de carbono orgánico entre 0,9% y 8,5%
	pH entre 6,5 y 6,8	pH entre 5,5 y 7,3	pH entre 3,9 y 7,6
	Textura franca con buen drenaje	Texturas francas y franco-arcillosas	Texturas franco-arcillosas
Temperatura	Óptima: 25°C	Promedio: 28°C	Promedio: 21°C
	Mínima: 23°C	Mínima: 18°C	Mínima: 18°C
	Máxima: 32°C	Máxima: 37°C	Máxima: 29°C
Luminosidad	5 horas luz/día	9,6 horas luz/día Promedio diario (Estación Argelia)	4,5 horas luz/día Promedio diario (Estaciones Montelíbano y Yacopí)
Altitud	0 a 900 m.s.n.m.	Promedio: 336 m.s.n.m. Rango: 359 - 1.339 m.s.n.m.	Promedio: 1.416 m.s.n.m. Rango: 680 - 1983 m.s.n.m.
Humedad Relativa	80%	65% - 75%	81% - 90%

Fuentes: FEDECACAO, 2012; Durán, 2010; Barrientos, 2016; Soler, 2016; García *et al.*, 2005.

Si bien las condiciones agroambientales de Nilo son en general favorables para el cultivo de cacao, la precipitación (lluvia) es insuficiente, las temperaturas elevadas y los suelos poco profundos, lo que representa una limitación para su óptimo desarrollo. Esto crea la necesidad de implementar sistemas de riego y buscar parcelas con suelos profundos para establecer el cultivo. Por el contrario, en Yacopí las lluvias y la temperatura son adecuadas, y la profundidad de los suelos es aceptable. Sin embargo, en este municipio la intensidad de las lluvias es alta en algunos meses del año y el aumento de la humedad relativa, pueden facilitar la proliferación de enfermedades como moniliasis y escoba de bruja, lo que implica adoptar estrategias de manejo más rigurosas.

Respecto del relieve, los cultivos de cacao de Yacopí y Nilo se encuentran mayormente en sitios con inclinación leve a fuerte. Hasta 75% de las fincas en Nilo se encuentran en sitios de pendiente leve a fuerte, mientras que en Yacopí hasta un 90% de las fincas. Esta condición implica una reducción en la profundidad del suelo, así como un riesgo de erosión hídrica y lavado de nutrientes por filtración de agua, especialmente en Yacopí.

## Tipos y edad de las plantas de cacao

En Nilo y Yacopí, se encontraron cultivos de cacao tipo híbridos y criollos (en menor proporción) con más de 40 años, de igual manera, se observan cultivos jóvenes provenientes de la siembra nueva de clones o híbridos aún sin injertar. En Nilo, se observó en mayor proporción cultivos híbridos, mientras en Yacopí se encontró en mayor proporción cultivos clonados. Entre los clones, los más representativos en los dos municipios son: CCN51 y ICS95 (tabla 6), además de otros tipos como TSH565, ICS60, EET8, YAC2, entre otros (figura 6).

**Figura 6.** (A) Cacao tipo criollo. (B) Híbrido. (C) Clon FECY2. (D) Clon CCN51. (E) Cacao tipo forastero "pajarito". (F) Clon ICS 95.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



La dotación de material vegetal para el establecimiento de nuevas plantaciones en Yacopí y Nilo ha sido subsidiada principalmente por proyectos desarrollados por Fedecacao, las Umatas y Naciones Unidas. De igual forma, los productores se han suministrado de plántulas en los viveros locales o realizando sus propios semilleros. En el caso particular de Yacopí, las siembras nuevas se han impulsado por programas de restitución de cultivos e incentivo de préstamo promovido por el Banco Agrario. Al mismo tiempo, en los dos municipios se han realizado la renovación de plantaciones a través de la injertación sobre híbridos viejos, con varetas que provienen de fincas con cultivos clonados ya establecidos, generalmente del departamento de Santander.

**Tabla 6.** Características de los clones ICS95 y CCN51.

CARACTERÍSTICAS	CLONES	
	ICS 95	CCN 51
<b>Origen</b>	Trinidad. Híbrido Trinitario x Criollo	Ecuador. ICS 95 x IMC 67
<b>Compatibilidad</b>	Autocompatible	Autocompatible
<b>Índice de grano (g)</b>	1,4	1,6
<b>Índice de mazorca (N° de mazorcas/ kg de grano seco)</b>	20	15
<b>Rendimiento (kg/ha/año)</b>	902	1.441
<b>Tolerancia a Monilia</b>	Alta	Alta
<b>Forma del fruto</b>	Angoleta liso	Angoleta rugoso
<b>Color del fruto inmaduro</b>	Rojo intenso	Rojo intermedio
<b>Color del fruto maduro</b>	Rojo naranja	Rojo naranja
<b>Número de semillas por fruto</b>	Entre 37 y 39	Entre 48 y 50
<b>Perfil sensorial</b>	Notas cítricas intensas, sabor herbal y a malta. Afrutado y fondo a cacao	Suave aroma a cacao y ácido. Sabor a frutos maduros. Notas de chocolate y bajas de nuez

Fuente: Fedecacao, 2016.



Foto: Juan Carlos Barrientos Fuentes, 2017.

# Modelo de siembra en el cultivo de cacao

Fedecacao, John Ladino Orjuela y Carlos Pinilla Dativa

## El sistema agroforestal

Siendo el ambiente originario del cacao el bosque, donde creció junto a otras especies, se recomienda sistemas agroforestales para este cultivo. Un sistema agroforestal es el asocio de árboles con cultivos agrícolas en función del tiempo y espacio para desarrollar la producción en forma sostenida. Es importante tener en cuenta las características de selección de especies que darán sombrío transitorio al cultivo los primeros 3 o 4 años y las especies forestales que darán sombrío permanente (tabla 7) (Navarro C. 2006; Aldana, 2013 y Echeverry, 2013).

Las ventajas del sistema agroforestal son:

- Regula la humedad relativa dentro del cultivo.
- Disminuye la erosión.
- Disminuye la pérdida de agua en el suelo por evapotranspiración.
- Facilita el drenaje de agua en el suelo, evitando el encharcamiento.
- Mejora la nutrición del cultivo, por ejemplo, al utilizar árboles leguminosos como el matarratón, que promueve el aporte o fijación de nitrógeno al suelo.
- Reduce incidencia de plagas y enfermedades, por la diversidad de plantas.
- Incrementa el aprovechamiento del área de cultivo, permitiendo alternativas de económicas mientras se inicia la producción de cacao.
- Reduce la exposición a la luz solar directa, a la acción de los vientos y lluvias torrenciales.

Tabla 7. Características recomendables de tipos de sombríos para el cultivo de cacao.

Sombrío transitorio	Sombrío permanente
No ser huésped de plagas del cacao	
En lo posible debe tener valor comercial	
Debe regular la cantidad y la intensidad de la luz solar en la fase inicial del cultivo	Permanecerá durante el tiempo que se mantenga la plantación
Las plantas usadas deben ser rústicas y de rápido crecimiento	Con rápido crecimiento, durable y de buena capacidad de regeneración
Tener porte erecto y presentar resistencia al viento	Deben ser de porte erecto y más alto que el cacao
Poseer una copa adecuada para disminuir los rayos solares	Tener una copa que permita el ingreso de los rayos solares, con ramificación abierta, hojas pequeñas y de fácil descomposición al caer del suelo
Debe ser eliminada poco a poco al tercer año del establecimiento	Deben tener las ramas bajas debidamente podadas y raleadas para no competir con el cultivo
El sistema radicular debe ser poco desarrollado para evitar la competencia con el cacao	Tener un sistema radical (raíz) profundo

Fuente: Fedecacao, 2012.

En general, las plantaciones de cacao en Nilo y Yacopí, están sembradas en sistemas agroforestales de forma irregular, es decir, sin seguir adecuadas distancias de

**Figura 7.** Sistema agroforestal que combina árboles maderables y cacao (Yacopí).

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

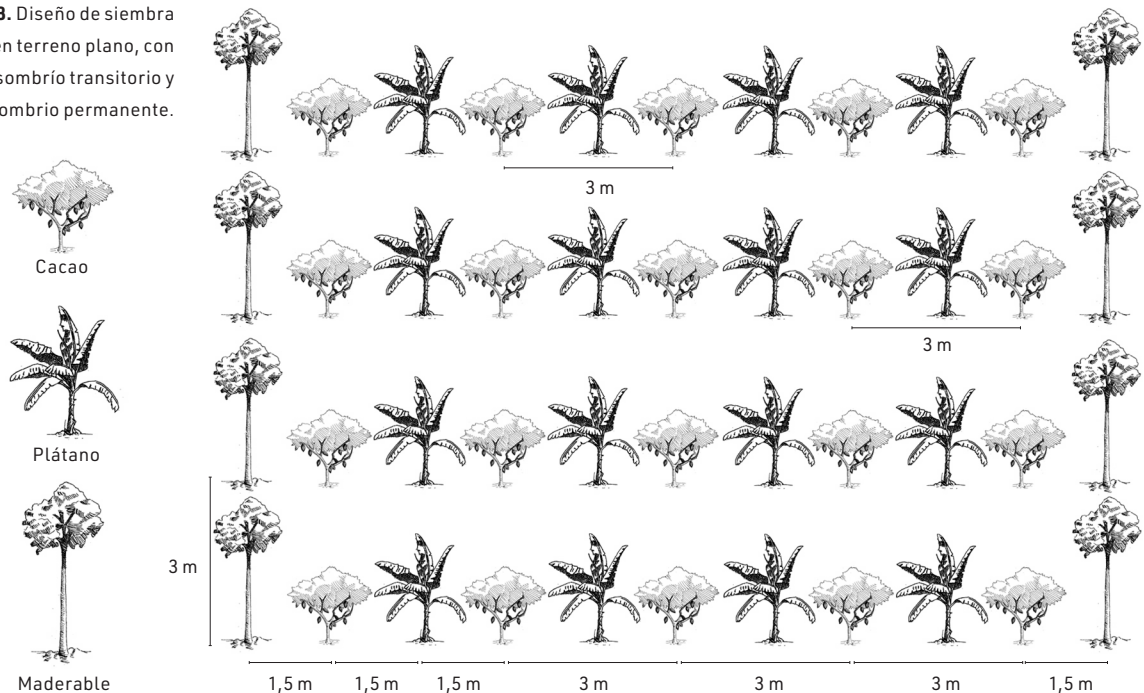


siembra entre el cacao y las plantas de sombrío (figura 7). En el caso particular de Nilo, el sombrío en el cultivo es más abundante que en Yacopí debido a la escasa lluvia que se presenta en algunos meses del año. Las especies acompañantes que se maneja en ambos municipios combinan especies de ciclo corto como yuca, frijol y maíz, y especies de ciclo largo, árboles maderables como nogal cafetero, cedro, moho, moruco, flor morado y abarco, además de frutales dispersos dentro del cultivo como cítricos, aguacate, guanábana, papaya, entre otros.

Es importante tener en cuenta que al utilizar plátano como sombrío, éste debe ser sembrado como mínimo a la misma distancia del cacao, es decir, 3 x 3 metros. Como sombrío permanente, se puede usar árboles maderables a distancias de 15 x 3 o 18 x 3 metros; también se pueden usar árboles frutales como cítricos o aguacate a la misma distancia de los maderables (figura 8) (FEDECACAO, 2012).

### Compatibilidad de clones

**Figura 8.** Diseño de siembra de cacao en terreno plano, con especies de sombrío transitorio y sombrío permanente.



La producción en una plantación de cacao está determinada entre otros factores, por la capacidad que tienen las plantas de polinizarse a sí mismas o de recibir polen de otros individuos que conforman el cultivo, es decir, por su grado de auto compatibilidad e inter compatibilidad con las plantas cercanas.

La auto compatibilidad es la capacidad que tiene una planta de fecundar sus propias flores y lograr la producción de frutos. Por su parte, la inter compatibilidad se refiere a la capacidad que tiene una planta de fecundar las flores de otra distinta, lo que conlleva a clasificarlos en inter compatibles o no inter compatibles.

En condiciones experimentales, se considera que una planta es auto compatible o inter compatible cuando las polinizaciones artificiales producen un prendimiento (fecundación y formación de frutos) igual o superior al 30% de todas las flores polinizadas.

**Tabla 8.** Modelos de siembra de clones de cacao.

<b>Materiales más intercompatibles</b>	<b>Materiales tolerantes a Monilia y Escoba de Bruja</b>
FLE 3 - TSH 565 - EET 8	FEC 2 - CAU 39 - FLE 2
ICS 95 - EET 8 - TSH 565 - ICS 39	FEC 2 - CAU 39 - ICS 95
TSH 565 - FLE 3 - EET 8	FEC 2 - CAU 39 - IMC 67
FLE 3 - EET 8	FEC 2 - IMC 67 - FLE 2
FEAR 5 - FSA 13	FEC 2 - CAU (39 - 43)
	FEC 2 - ICS 95
<b>Materiales de perfil sensorial especial</b>	<b>Materiales de grano uniforme</b>
FEAR 5 - FSA 13 - FTA 2 - ICS 1	FSV 41 - EET8 - ICS 1 - ICS 39
FEAR 5 - FSA 13 - FTA 2	ICS 60 - ICS 1 - ICS 39
ICS 6 - FSV 41 - ICS 1	ICS 6 - FSV 41 - ICS 60
FSV 41 - ICS 6	FLE 3 - FEC 2 - FEAR 5
FSV 41 - ICS 60	
<b>Materiales autocompatibles</b>	<b>Materiales de porte de árbol bajo-medio</b>
ICS 1 - ICS 6 - ICS 95	TSH 565 - EET 96 - TSH 812
FTA 2 - FEAR 5 - FSV 41	TSH 565 - FLE 3 - EET 96 - TSH 812
ICS 6 - FSV 41 - ICS 1	

Fuente: FEDECACAO, 2016.

La compatibilidad es una característica deseable en el mejoramiento de plantas porque facilita los cruzamientos y el cuajamiento de frutos y hace posible la siembra de clones individuales en áreas uniformes. Por el contrario, la incompatibilidad ha sido asociada a una menor producción. Por este motivo se presentan (tabla 8) los modelos de siembra de los clones más utilizados en el país, que contribuyan a mejorar los sistemas buscando características específicas como: mayor formación de frutos, tamaño de grano, porte de árbol, resistencia a enfermedades o sabor especial.

## Diseño de siembra

El diseño del cultivo implica la selección de variedades a utilizar y la densidad para el establecimiento de la parcela. Para esto también se debe tener en cuenta el tipo de suelo y relieve del terreno. Los suelos que ofrecen poca fertilidad o profundidad, así como aquellos con pendientes significativas requieren menores densidades, es decir,

menos plantas por hectárea. En Nilo y Yacopí más del 50% de los cultivos de cacao están establecidos a una densidad de 3 x 3 metros con 1.111 plantas por hectárea. (tabla 9).

**Tabla 9.** Densidad de las plantaciones de cacao en Nilo y Yacopí.

Densidad (m)	N° plantas/ hectárea	Porcentaje (%)	
		Nilo	Yacopí
3 x 3	1111	59	54
4 x 4	625	13	8
3 x 4	833	10	2
3,5 x 3,5	816	9	19
Otro	No aplica	9	17

Fuente: Barrientos, 2016.

En terreno plano se puede sembrar en cuadro o triangulo a distancias de 3 x 3 metros, en terrenos con pendiente se recomienda sembrar en triangulo en curvas de nivel a una distancia de 3 x 3 metros (figura 9), con el fin de disminuir la erosión del suelo. (FEDECACAO, 2016; Compañía Nacional de Chocolates, 2014).

**Figura 9.** Diseño de siembra de cacao en triangulo en terreno con pendiente, con especies de sombrío transitorio y sombrío permanente.

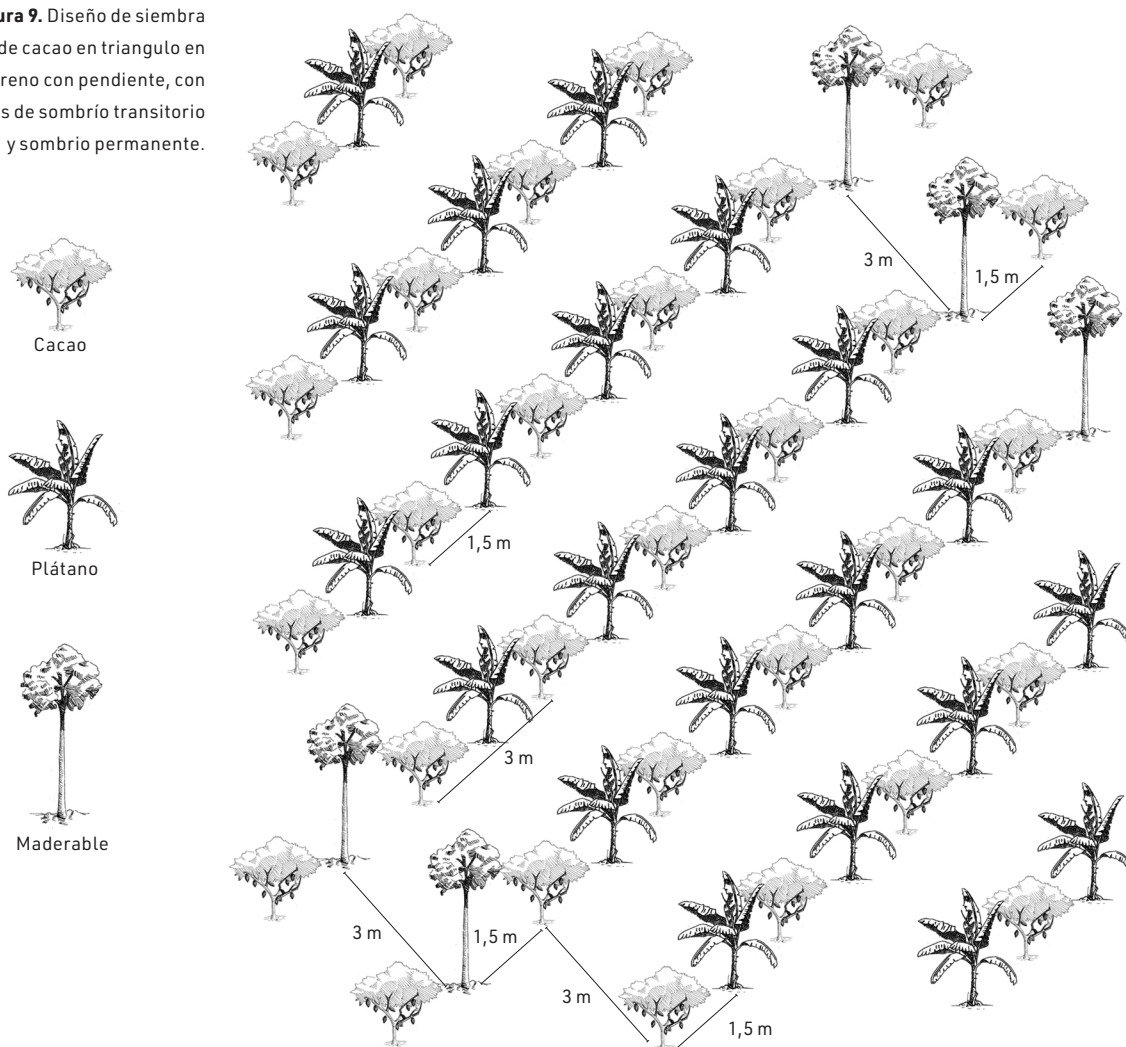






Foto: Juan Carlos Barrientos Fuentes, 2015.

# Propagación del cacao

John Ladino Orjuela, Carlos Pinilla Dativa y FEDECACAO

## Propagación de plántulas

### a) Alistamiento del vivero

El vivero es un espacio de terreno adecuado para propagar las plántulas de cacao. Este debe tener un ligero desnivel para facilitar el drenaje del agua e exceso, así se favorece el desarrollo sano, uniforme y vigoroso de la plántula (figura 10A). Para la construcción del vivero se utilizan postes de madera, guadua o metal, y polisombra para disminuir el impacto de la luz solar en un 75 – 80% al iniciar, misma que se disminuye gradualmente hasta un 40 - 50% para la salida de la plántula a campo (Palencia y Gómez, 2009). El vivero debe disponer también de un sistema adecuado de riego, así como del espacio suficiente para preparar y embolsar el sustrato, hacer la preparación de insumos, realizar la injertación y posterior manejo de las plántulas injertadas.

Las dimensiones del vivero deben fijarse en función al número de plantas que va albergar, se calcula aproximadamente 1 m x 6 m para 500 bolsas de 15 cm x 25 cm, el ancho de las camas no debe superar 1,1 metros para manipular las bolsas con facilidad, dejando pasillos de 0,5 metros de ancho.

### b) Selección y preparación de la semilla

Se deben elegir mazorcas grandes y maduras del tronco de las ramas primarias con características de tipo forastero, es decir, frutos con forma amelonada o calabacillo, lo que permitirá obtener **patrones** resistentes y de raíces vigorosas; *el clon más usado para patrón es el IMC 67*. Posteriormente, se seleccionan y extraen las semillas más grandes y maduras, generalmente ubicadas en la parte central de la mazorca. Luego, se quita el mucílago mediante frotación con ceniza, cal, aserrín, arena fina o costal de fique. A continuación, se coloca en capas delgadas de aserrín húmedo, a la oscuridad, para iniciar el proceso de germinación.

La semilla de cacao es **recalcitrante**, es decir, pierde su viabilidad con rapidez, si pasado unos 5 – 6 días la semilla no ha germinado, se debe eliminar.

### c) Preparación del sustrato

El sustrato se prepara en proporción 3:1:1, mezclando tres partes de tierra cernida, una parte de materia orgánica y una parte de arena. La mezcla debe permitir buena infiltración y drenaje del agua, buena aireación y fácil enraizamiento de la plántula. Por tal razón, hay que evitar suelos arcillosos.

### d) Preparación de bolsas con sustrato

El sustrato debe ir en una bolsa plástica negra, cuyas dimensiones deben ser de por lo menos 25 cm de alto y 15 cm de ancho con perforaciones laterales en la parte inferior para facilitar el drenaje del agua. Se debe llenar las bolsas hasta rebosarlas con el sustrato preparado (Isla y Andrade, 2009; USAID, 2010).

#### e) Siembra

Antes de sembrar, hay que asegurarse que la semilla haya sido mantenida en condiciones de alta humedad (no sumergidas) para favorecer la salida de la radícula. Además, la semilla debe estar libre de mucílago para la siembra. La siembra se realiza a una profundidad de 2 a 3 cm. Se debe asegurar que la parte más ancha de la semilla quede hacia abajo, pues de allí emerge la radícula (raíz). Si la semilla no muestra claramente una parte ancha, se debe sembrar horizontalmente. Por otra parte, cuando la semilla es pre germinada, se siembra la parte germinada hacia abajo, no debe colocarse al revés o acostada de modo que la raíz no tenga torceduras en su desarrollo (Isla y Andrade, 2009; USAID, 2010).

#### f) Control sanitario

Una de las enfermedades que se pueden encontrar en el vivero es *Phytophthora spp.*, que origina el secamiento de hojas, ramas y muerte de la planta. Si se encuentran plantas con dichos síntomas es mejor retirarlas para evitar que la enfermedad se propague. Por este motivo, es importante tener el vivero con un leve desnivel y mantenerlo con buen drenaje para evitar encharcamientos, además de ubicarlo en un sitio bien aireado para disminuir la humedad. Por otra parte, para controlar el ataque de insectos chupadores y comedores de hojas se pueden utilizar insecticidas de baja toxicidad o insecticidas orgánicos (Isla y Andrade, 2009; USAID, 2010).

#### g) Riego

Es importante mantener el sustrato de la bolsa con humedad permanente, sin excederse. Para esto, se debe realizar un plan de riego diario o con la frecuencia que se requiera. El riego se debe realizar de preferencia antes de las 9:00 a.m. o después de las 4:00 p.m. para evitar el quemado de raíces y hojas. El sistema puede ser de aspersión, regadera o manguera con poma (Isla y Andrade, 2009; USAID, 2010).

#### h) Mantenimiento de las plántulas

Prácticas culturales adicionales que se requieren para mantener adecuadamente las plántulas en vivero son:

- Eliminar en forma manual las malezas que se van desarrollando para evitar competencia por agua y nutrientes con la plántula de cacao.
- Descartar las plántulas demasiado grandes o pequeñas, las que hayan muerto, las muy débiles, las mal formadas y las raquíticas (Isla y Andrade, 2009; USAID, 2010).

#### i) Injertación del clon en el patrón

La injertación de la variedad o clon elegido se realiza cuando el patrón ya está de unos 30 cm de alto, a los 3 – 4 meses de edad (figura 10B).

#### j) Permanencia en vivero

Cuando la siembra es directa, y las plántulas no van a ser injertadas, entonces aproximadamente a los 3 - 4 meses ya están en condiciones de ser trasplantadas a campo. Si las plantas son injertadas, entonces necesitarán de 4 a 5 meses después de la siembra para poder ser llevadas a campo. Si las plantas permanecen demasiado tiempo en el vivero, es decir, más de cinco meses, la raíz principal (pivotante) puede tocar el fondo de la bolsa, y al no encontrar espacio para seguir creciendo puede



enrollarse originando lo que se denomina “raíz cola de marrano”. Este defecto tiene consecuencias adversas en la plantación definitiva, manifestándose en la planta con un crecimiento lento.

**Figura 10.** Vivero en Nilo. (A) Patrones. (B) Patrones ya injertados.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

## Injertación

El injerto es la unión de dos tejidos que crecen como un solo organismo. En la parte superior está el esqueje o vareta constituida por ramas terminales del cacao, en cuyas axilas de las hojas se encuentran las yemas, que al desarrollarse conforma la parte aérea del nuevo árbol. Esta se inserta en la parte inferior del injerto denominado patrón o porta injerto, que tiene la función de anclaje al suelo, absorción de nutrientes y toma de agua a través de su raíz.

### a) Herramientas para la injertación

- ✦ Navaja para injertar.
- ✦ Tijera de podar.
- ✦ Cintas o tiras plásticas para proteger el injerto.
- ✦ Vareta y patrón.
- ✦ Desinfectante para herramientas (alcohol o hipoclorito).
- ✦ Bolsa plástica y de papel.



**Figura 11.** Materiales y herramientas para la injertación.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

Antes de realizar la injertación se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✦ Tener bien afilada la navaja de injertación y realizar el debido protocolo de desinfección de herramientas con alcohol o hipoclorito para evitar la de las heridas del injerto por hongos o por bacterias.
- ✦ La injertación, cuando se realiza en vivero debe hacerse en una posición cómoda utilizando una mesa y un banquillo.
- ✦ Si la injertación es en campo, el patrón debe haber sido trasplantado previamente al sitio definitivo y debe encontrarse en condiciones óptimas de desarrollo.
- ✦ Alistar previamente los materiales e insumos necesarios para realizar la injertación.
- ✦ Utilizar material vegetal que provenga de viveros registrados por ICA, que garantice la calidad y la procedencia de los clones.
- ✦ Es importante la disposición y preparación del injertador, ya que la rapidez, la perfección de los cortes, la coincidencia del corte del patrón con la yema y la estrecha unión de los tejidos injertados, hacen parte del éxito del injerto.

#### b) Tipos de injertación

##### **INJERTO DE PARCHE O “T” INVERTIDA**

1. Para esta clase de injerto se utiliza una sola yema bien desarrollada extrayéndola de la varetta por medio de cuatro cortes formando un rectángulo a su alrededor, teniendo en cuenta que la yema quede bien centrada para realizar el levantamiento y separación de la corteza sin causar daño a la misma.
2. A una altura de un centímetro por debajo de la cicatriz del peciolo de la hoja bajera del patrón, se debe realizar dos cortes verticales y paralelos formando una U o un corte vertical y uno horizontal formando una “T” invertida.
3. Se hace el levantamiento de la lengüeta y división de la misma, en dos partes iguales, se ubica la yema en el patrón, de tal forma que está quede bien asentada y pegada a la corteza por la parte de abajo (figura 12).
4. Realizar el amarre del injerto con la cinta de abajo hacia arriba presionando fuertemente para asegurar el prendimiento.
5. Se debe soltar la cinta aproximadamente a los 15 días de realizada la injertación.

**Figura 12.** Injerto tipo parche.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



### INJERTO DE APROXIMACIÓN

1. En esta clase de injerto, popularmente conocido como “pechito con pechito”, se debe escoger la vareta del grosor aproximado al del patrón, seleccionando 2 o 3 yemas que estén bien desarrolladas, cortando un trozo de la vareta que abarque las yemas seleccionadas, se hace un corte en bisel en las puntas de la vareta.
2. Debe hacerse un corte en la corteza del patrón, con las mismas dimensiones del trozo de la vareta, a manera de bisel en sentido contrario a está, de tal manera que encaje la una en el otro, buscando un acople total de los dos materiales.
3. Se hace el amarre de la cinta de abajo hacia arriba presionando fuertemente para asegurar el prendimiento.
4. Se debe soltar la cinta aproximadamente los 20 días de realizada la injertación.

### INJERTO DE PÚA TERMINAL O CUÑA POR HENDIDURA

Es el resultado de la adaptación del método de injertación usado en aguacate.

1. Se trabaja con las yemas más jóvenes de la vareta, es decir, las de la punta de la rama, está debe contener una o dos yemas laterales y puede conservar la yema terminal. La vareta se prepara cortando parcialmente las hojas, hasta dejar solamente 1/3 de su área foliar.
2. A la punta inferior de la vareta, se le hace un corte en púa puntuda plana en forma de pala o cuña. La cuña debe tener aproximadamente 2 cm de longitud.
3. Al patrón se le hace una incisión en la parte superior, dividiendo en dos mitades iguales, de aproximadamente 2 cm de profundidad.
4. La púa de la vareta se inserta en medio de la incisión del patrón y se amarra fuertemente con cinta de abajo hacia arriba para asegurar el contacto patrón-injerto.
5. La parte de la planta que contiene el injerto se cubre con bolsa plástica aprovechando la misma cinta para amarrarla, creando una cámara húmeda que impide la deshidratación, seguido, se coloca una bolsa de papel, que cubra la parte del injerto de los rayos solares (figura 13).



**Figura 13.** Injerto de púa terminal.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

### INJERTO TIPO MALAYO

Es utilizado para realizar cambios de copa en tronco grueso, aprovechando como patrón el árbol ya establecido, el cual debe de contar con características deseables de resistencia a enfermedades y adaptación a las condiciones ambientales. Con este método, el propósito es aprovechar la copa del árbol improductiva y ahorrar costos y tiempo en la siembra de un nuevo patrón. A continuación se describen los pasos a seguir para realizar este tipo de injerto.

1. A una altura aproximada de 40 cm desde el suelo, se realiza un corte horizontal en la corteza del tronco con cuchillo o navaja bien afilada, hasta llegar a la zona de la madera.
2. A unos 10 cm por encima del corte horizontal se corta la corteza en forma inclinada, hacia abajo, hasta llegar al corte horizontal, formando una ventana (figura 14A).
3. Desde el centro del corte horizontal de la corteza, se hace un corte vertical hacia abajo unos 6 cm, se levanta la corteza con ayuda del cuchillo y se coloca la vareta (figura 14B). La parte de la vareta que va a entrar en contacto con el patrón debe ser plana y estar libre de corteza.
4. Con ayuda de un cordón o tela, se da vuelta al tronco, amarrando la vareta fuertemente (figura 14C).
5. Seguido de esto el área del injerto se envuelve con vinipel amarrándola de arriba hacia abajo para impedir la entrada de humedad (figura 14D).
6. A los 21 días aproximadamente se revisa si han empezado a brotar las yemas de la vareta, se destapa el injerto, pero se mantiene el amarre al patrón (figura 14E).
7. Aproximadamente a los 8 meses de realizada la injertación, cuando las hojas del injerto estén bien desarrolladas, se corta la copa del patrón a ras del injerto de forma inclinada (figura 14F). Para finalizar, se aplica una pasta cicatrizante (figura 14G) para que en el punto de corte no se acumule agua y no haya peligro de entrada de patógenos.

**Figura 14.** Injerto Tipo Malayo.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

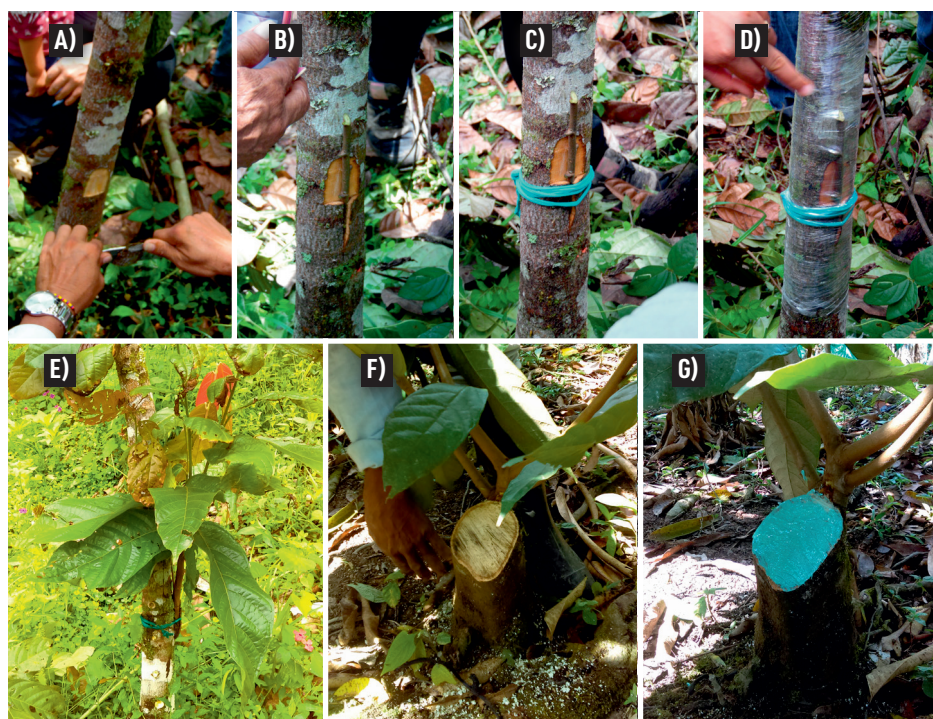






Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Establecimiento del cultivo de cacao

John Ladino Orjuela, Carlos Pinilla Dativa y FEDECACAO

## Selección y preparación del terreno

La limpieza del terreno significa la eliminación de las plantas herbáceas, arbustivas y/o arbóreas presentes en el lugar donde se va a establecer el cultivo de cacao. Si el lugar donde se va a cultivar cacao es un bosque, se puede realizar en él un raleo selectivo dejando aquellos árboles que conformen posteriormente el sombrío del cultivo. En otros casos, se selecciona un terreno en rastrojo o potrero, donde se establecerá el sombrío temporal y permanente, logrando una distribución ordenada de las plantas, facilitando el posterior manejo de la plantación.

La limpieza inicia con el corte de árboles, arbustos y/o hierba; luego, se troza y, posteriormente, se deja secar o descomponer. No se recomienda quemar los restos vegetales para aprovechar la materia orgánica del suelo. Para la limpieza, se utilizan herramientas como machete, guadaña o motosierra.

## Trazado del terreno

El trazado del terreno, tiene por objeto señalar los sitios en los que se realizará el ahoyado para las plantas de cacao y sombrío temporal y permanente. Los sistemas de trazado más usados son: 1) En terreno plano, los surcos deben ir de norte a sur en diseño de cuadrado o triángulo. 2) En terreno con pendiente, en contorno (curvas de nivel) y triángulo o “tresbolillo” (FEDECACAO, 2004).

Para realizar el trazado en terreno plano se elige el lindero de mayor longitud, sobre este y en línea recta se clavan estacas con una separación igual a la distancia entre surcos. Luego, se hace el mismo trazo en una línea paralela tomando la distancia correspondiente entre plantas. En un terreno con pendiente la línea inicial será la parte superior de la pendiente, desde donde se trazarán líneas (surcos) perpendiculares a la pendiente siguiendo las curvas de nivel (líneas que tienen la misma altura) (figura 15A) (Nova y Caro, 2014).

## Ahoyado

Los hoyos para la siembra del cacao y los árboles acompañantes deben medir 40 x 40 x 40 cm. Para un suelo pesado, arcilloso y duro se recomienda aumentar la dimensión hasta de 60 cm de largo y ancho; esto facilitará el desarrollo de las raíces de las plantas. (FEDECACAO, 2001).

## Trasplante

Las plántulas de cacao deben sembrarse preferiblemente al inicio del período de lluvias. En la extracción de tierra de los hoyos, el suelo de los primeros 15 a 20 cm que tiene mayor contenido de materia orgánica, se mezcla con abono orgánico y se

usa posteriormente en el llenado del hoyo. Luego, se rompe la bolsa de polietileno antes de colocar la planta dentro del hoyo cuidando de no romper la masa compacta de tierra y raíces. El restante de tierra de la parte más profunda, se dispone en la parte más superficial del suelo. Finalmente se hace una ligera presión alrededor de la plántula para no dejar espacios en el interior, que permitan el encharcamiento del suelo y pudrición de raíces. Así mismo, deben sembrarse las plantas de sombrío temporal y permanente (figura 15B) (FEDECACAO, 2004).

**Figura 15.** (A) Establecimiento de cacao en pendiente.  
(B) Cultivo joven con sombrío temporal (plátano) y permanente (maderables).

**Foto:** John Ladino Orjuela, 2017.







Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Manejo de la fertilidad en el cultivo de cacao

Stanislav Magnitskiy, Jaime Torres Bazarro, Esperanza Torres Rojas,  
Henry Alexander Córdoba Novoa, Jeimmy Alexandra Cáceres Zambrano  
y Paula Andrea Bermeo Fuquene

## Determinación de la fertilidad del suelo

Antes de fertilizar o aplicar abonos al cultivo, primero es necesario conocer el estado de la fertilidad del suelo. El análisis químico de suelo permite determinar la cantidad de nutrientes presentes en el mismo. Para realizar el análisis (físico y) químico del suelo es necesario tomar una muestra del lote de interés.

## Toma de una muestra de suelo

A continuación se detallan los pasos a seguir para tomar una muestra de suelo que será enviada a laboratorio.

1. Dividir el lote en áreas menores (15 - 20) que tengan suelos con las mismas características. Del punto central de cada área menor se va a tomar una submuestra.
2. En cada punto de muestreo primero retirar la materia orgánica de la superficie del suelo.
3. Con una pala hacer un hueco en forma de “V” a 20 cm. de profundidad. En seguida cortar una tajada de suelo de 2 a 3 cm de grosor en una de las paredes inclinadas, luego quitar los bordes del suelo sobre la pala (1 o 2 cm de ancho). En caso de utilizar barrenos tome la muestra directamente a la profundidad deseada.
4. Deposite la parte separada (submuestra) en un balde. Repetir esta operación en 15 o 20 lugares del área delimitada para la toma de submuestras con la finalidad de obtener la muestra final.
5. Posteriormente mezclar bien el suelo extraído.
6. Sacar del balde 0,5 a 1 kg de muestra de la mezcla y depositar en una bolsa plástica. Si el terreno tiene pendiente, lo ideal es tener dos muestras, una de la parte de arriba y otra de la parte de abajo.
7. Identificar la muestra escribiendo en la misma bolsa o un papel la fecha, la ubicación del lugar (municipio, vereda), el nombre de la finca y del propietario, cultivo, tamaño de la parcela, número de puntos muestreados, características del terreno (pedregoso, profundo, pendiente, etc.) (adaptado de Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), 2017).

## Requerimientos nutricionales del cacao

El cultivo de cacao necesita nutrientes para su crecimiento, desarrollo, producción y reproducción. Los nutrientes se dividen en macroelementos y microelementos. Los macroelementos son aquellos que la planta necesita en grandes cantidades como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg); y los microelementos, los requiere en pequeñas cantidades como el manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B). El requerimiento de macroelementos o elementos mayores, y microelementos


o elementos menores depende de la etapa de desarrollo de la planta. Crespo y Crespo (1997) identifican para este caso cuatro etapas: vivero, crecimiento, producción inicial (media) y producción máxima (alta).

En la etapa de vivero (5 meses de edad) las plantas de cacao requieren 2,4 kg/ha de N; 0,6 kg/ha de P; 2,4 kg/ha de K; 2,3 kg/ha de Ca; 1,1 kg/ha de Mg; 0,04 kg/ha de Mn; 0,01 kg/ha de Zn y 0,009 kg/ha de B. En la etapa de crecimiento (28 meses de edad) las cantidades de elementos requeridos por hectárea corresponden a 140 kg de N, 16 kg de P, 170 kg de K, 115 kg de Ca, 40 kg de Mg; 4,2 kg de Mn; 0,6 kg de Zn y 0,4 kg de B. Durante la etapa de producción inicial (36 meses de edad) el requerimiento de nutrientes es de 215 kg/ha de N, 25 kg/ha de P, 370 kg/ha de K, 130 kg/ha de Ca, 65 kg/ha de Mg; 7,6 kg/ha de Mn; 1,1 kg/ha de Zn y 1,2 kg/ha de B. Y para la etapa de máxima producción (48 a 90 meses de edad) el K (710 kg/ha) y el N (448 kg/ha) son requeridos por las plantas en la máxima cantidad, seguidos por el Ca (130 kg/ha), Mg (65 kg/ha), P (25 kg/ha), Mn (5,9 kg/ha), B (1,7 kg/ha) y Zn (1,6 kg/ha) (Crespo y Crespo, 1997). Estas cantidades sirven de referencia para que con base en el análisis de suelo se pueda elaborar un plan de fertilización para cada cultivo de cacao.

### Deficiencias nutricionales en cacao

Cuando hay escasa disponibilidad y toma deficiente de algún elemento por la planta se presentan síntomas de deficiencia, que en algunos casos es posible reconocer a simple vista (tabla 10). En Nilo, las principales deficiencias que se presentan son de Boro, Potasio y Magnesio.

**Tabla 10.** Síntomas de deficiencias nutricionales en cacao.

Elemento y función	Síntomas de deficiencia	Imágen de los síntomas
<b>Nitrógeno (N):</b> Necesario para el crecimiento y desarrollo de las hojas.	Se observan las hojas bajas de color verde pálido a amarillo. Se detiene el crecimiento de la planta, hojas y tallos se muestran pequeños y delgados.	

**Fosforo (P):** Promueve el desarrollo de raíces. Importante en la formación de frutos, flores y semillas.

Se disminuye el crecimiento de la planta. Las hojas viejas presentan color pálido en los bordes y puntas.



Foto: Stanislav Magnitskiy, 2017.

**Potasio (K):** Encargado del engrosamiento de frutos y granos. Promueve la resistencia a enfermedades.

Amarillamiento del borde de las hojas viejas hacia dentro. Frutos y granos pequeños e insípidos (mal llenado)



**Calcio (Ca):** Da estructura a las células vegetales, que a su vez forman los órganos. Fortalece los tallos y raíces jóvenes.

Pudriciones apicales en frutos y hojas jóvenes. Ocurre una caída prematura de hojas, muerte de yemas y hojas jóvenes. También se disminuye el crecimiento de las raíces.



Foto: Stanislav Magnitskiy, 2017.

**Magnesio (Mg):** Es esencial para la fotosíntesis.

Se observa clorosis entre las nervaduras de las hojas.



**Zinc (Zn):** Interviene en el crecimiento de la planta y favorece la maduración de los frutos. Estimula el vigor de la planta y el desarrollo vegetativo.

Ocasiona deformación y retraso del crecimiento en la planta, arrojamiento, hojas jóvenes deformes; tallos cortos y delgados.



**Boro (B):** Importante en el desarrollo radical, hojas y botones florales. Esencial en la polinización, crecimiento de semillas y frutos. Importante en la germinación del polen y en la formación del tubo polínico. Formación de la pared celular.

Malformación de hojas, flores y frutos. Acortamiento en entrenudos; aborto de frutos. Baja viabilidad del polen.



**Hierro (Fe):** Importante en la fotosíntesis y la respiración. Promueve la resistencia a enfermedades.

Clorosis intervenal en hojas jóvenes.



Foto: Stanislav Magnitskiy, 2017.

**Nota:** El azufre (S) promueve la resistencia a plagas y enfermedades. Su deficiencia se manifiesta en hojas nuevas, cuando se muestran pálidas y poco desarrolladas. Por su parte, el manganeso (Mn) es importante en la asimilación del P, Ca, y Mg, y regula la respiración y la maduración de frutos. Su deficiencia se manifiesta en una clorosis intervenal y en una quemazón en hojas jóvenes.

**Fuente:** Adaptado de Cáceres y Córdoba, 2016.

## Plan de fertilización

Para realizar el plan de fertilización, además del análisis de suelo, se deben tener en cuenta: los requerimientos nutricionales del cultivo y la etapa en la que se encuentra, las condiciones climáticas, los productos disponibles (fertilizantes, abonos o enmiendas) en la finca y el mercado. También se deben considerar las recomendaciones específicas del Ingeniero Agrónomo o del profesional de asistencia técnica.

El plan de fertilización se fundamenta en un análisis de la fertilidad del suelo y en las necesidades de nutrientes que tiene el cultivo. Este plan debe contener lo siguiente:



**Figura 16.** (A) Mezcla de fertilizante granulado. (B) Medición de cantidad de fertilizante. (C) Aplicación en corona. (D) Aplicación media luna.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

**Las fuentes:** Los fertilizantes o abonos que se van a utilizar con sus respectivas cantidades de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, etc. (figura 16A).

**La cantidad:** Ésta puede medirse en kilogramos por hectárea, kilogramos por planta o en gramos por planta (figura 16B).

**La época de aplicación de fertilizantes:** La época de aplicación de fertilizantes depende de la demanda del cultivo y del comportamiento de los nutrientes en el suelo. La mayor demanda del nitrógeno y fósforo ocurre durante el crecimiento vegetativo de las plantas, mientras que las aplicaciones de potasio y calcio son mayormente requeridas para la floración y el desarrollo del fruto. En general, la absorción de todos los nutrientes aumenta a partir del inicio de la floración.

**Frecuencia:** Se refiere al número de aplicaciones a realizar en el año. En muchos casos, es mejor aplicar el fertilizante en dos, tres o cuatro fracciones.

**Forma de aplicación:** Dependiendo del tipo de fertilizante, éste se puede aplicar al suelo si es granulado, o a las hojas y al suelo si es líquido. También se puede aplicar “drench” ó fertirriego.

Para su mejor aprovechamiento, las fertilizaciones en cacao deben hacerse inmediatamente después de las podas de mantenimiento. En terrenos planos, la forma de aplicación se hace en corona (figura 16C). En pendiente, se recomienda hacer la aplicación a media corona en la parte superior de la pendiente al cuello de la planta (figura 16D).

**Fertirriego:** Esta forma de aplicación de fertilizante es mucho más efectiva porque el fertilizante ya se encuentra disuelto en el agua de riego y la planta lo absorbe con mayor facilidad.

En Nilo y Yacopí, con base en el trabajo realizado, se encontró que la mayoría de productores de cacao manejan de manera inapropiada la fertilización, porque no se cuenta con la asesoría profesional adecuada, lo que genera problemas de desarrollo y producción del cultivo.

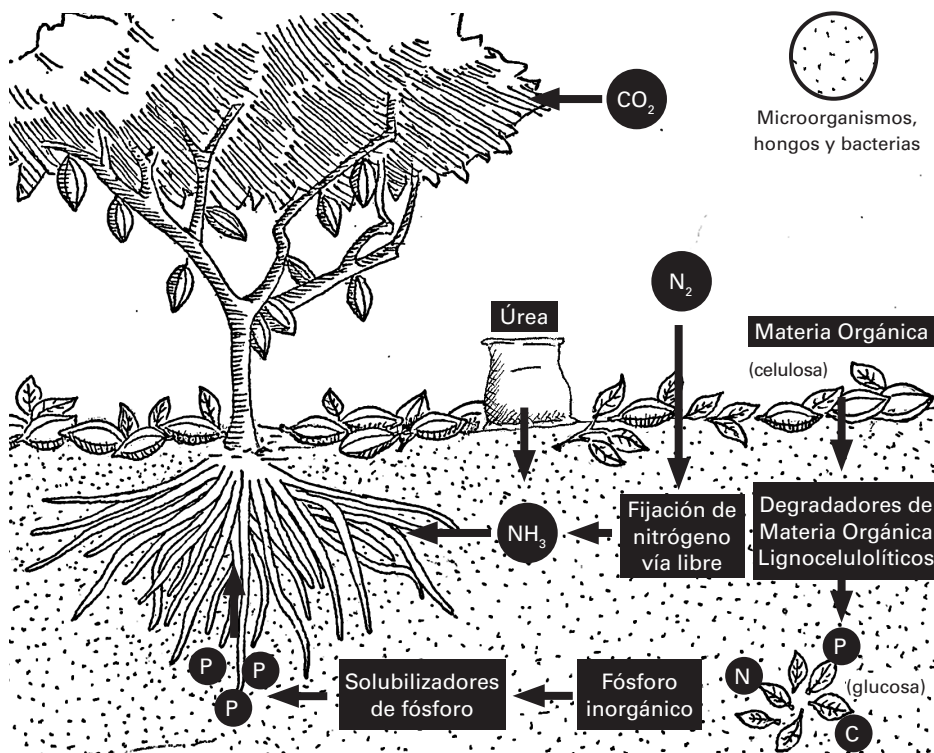
## Microorganismos asociados al cultivo de cacao

Los microorganismos son seres vivos que no se pueden ver a simple vista. En el suelo se encuentran millones de microorganismos de diferentes tipos como bacterias, hongos, algas y protozoos que interactúan con las raíces de las plantas e influyen en la fertilidad del suelo.

Los microorganismos benéficos cumplen las siguientes funciones en el suelo:

- Ciclaje de los nutrientes como el carbono (C), Nitrógeno (N) y Fósforo (P) (figura 17) facilitando la toma de estos elementos por la planta.
- Degradación de la materia orgánica facilitando la descomposición de residuos de plantas y animales que caen al suelo.
- Mejora de la estructura del suelo mediante la formación de agregados y la absorción del agua.
- Procesos de biorremediación, ya que existen microorganismos capaces de descomponer o almacenar productos o elementos tóxicos.
- Procesos de biocontrol usando microorganismos que protegen a las plantas de plagas y enfermedades.
- Degradación de la materia orgánica. A éstos se les conoce con el nombre de organismos lignocelulolíticos por degradar los principales componentes de la pared celular de las plantas (celulosa y lignina). Su actividad es vital para que las plantas y otros microorganismos puedan obtener carbono a partir de material orgánico en descomposición.
- Fijación de Nitrógeno. Las bacterias son los únicos microorganismos capaces de fijar nitrógeno ( $N_2$ ) atmosférico y convertirlos en amónico ( $NH_3$ ) para que la plantas la puedan tomar del suelo. Estas bacterias pueden estar libres en suelos cacaoteros.

**Figura 17.** Ciclaje de nutrientes con intervención de microorganismos.



- Solubilización de fósforo. Los microorganismos solubilizadores de fosfatos liberan el fósforo (P) que se encuentra en las rocas (fósforo inorgánico) o en los residuos animales o vegetales (fósforo orgánico), que se encuentra asociado con hierro (Fe), aluminio (Al) o calcio (Ca) en forma de fosfatos.
- Formación de asociaciones simbióticas entre el cacao y hongos formadores de micorrizas arbusculares en donde el hongo le brinda mayor disponibilidad de nutrientes al cultivo, principalmente fósforo, y la planta les da hospedaje.

Estas funciones son aprovechadas por el cultivo generando arboles sanos y productivos, con menor uso de fertilizantes químicos, reduciendo los gastos de mantenimiento, mejorando la distribución de los nutrientes en el suelo y disminuyendo la contaminación ambiental.

## Abonos orgánicos

Son productos elaborados a partir de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal y la adición de algunos minerales puros. El abono orgánico tiene la capacidad de mejorar la fertilidad y estructura del suelo, la retención de humedad, activar la población de microorganismos mejorando la producción y productividad de los cultivos (Mejía y Palencia, 2009).

En la agricultura orgánica es fundamental la elaboración de abonos orgánicos para mejorar las condiciones de fertilidad del suelo y, por consiguiente, la nutrición de las plantas debido a que excluye en gran parte el uso de fertilizantes sintéticos promoviendo la producción sostenible de los sistemas agroecológicos.

### Tipos de abonos orgánicos

**Abonos sólidos:** Bocashi, compost y lombricompost.

**Abonos líquidos:** caldos microbiales como supermagro, biol, té de estiércol, purín de hierbas y humus de lombriz.

**Abonos verdes:** Son especies leguminosas fijadoras de nitrógeno de rápido crecimiento que se asocian con el cultivo y se incorporan al suelo como el fríjol, guandul, caupí, lupino, tefrosia, entre otras.

### Elaboración de compost

Es deseable elaborar una compostera con techo y mínimo dos camas en guadua o madera (figura 18A). En otro caso, simplemente disponer de un sitio cerca al cultivo con un área suficiente para preparar el compost. En otro caso, se puede tener varios sitios de preparación dependiendo de la extensión del cultivo. Los materiales necesarios para su elaboración son los siguientes:

- Estiércol de animal, preferiblemente fresco.
- Cáscara o cacota de cacao en trozos o previamente descompuesta (ingrediente sujeto a contenido de cadmio).
- Ceniza o cal dolomita.
- Restos de cosecha de otros cultivos (bagazo de plátano, caña de maíz, hojas de leguminosas, etc.).
- Melaza diluida en agua y/o suero de leche para hidratar las capas.



**Figura 18.** Pasos para la elaboración de compost.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

### Preparación

Los materiales orgánicos que se van a utilizar; estos son picados en pequeños trozos con el fin de que se descomponga con mayor rapidez (figura 18B).

Se coloca cada capa de material aproximadamente de 20 cm de espesor empezando por la capa de cáscara de cacao, y luego se humedece con agua más melaza más suero (figura 18C). Posteriormente se coloca una capa de estiércol, y se espolvorea la cal o ceniza y se humedece (figura 18D).

Repetir los pasos anteriores las veces que sea necesario para obtener una pila o montón de una altura de 1 a 1,5 m; posteriormente se cubre con hojas o con un plástico negro con el fin de controlar de forma adecuada la temperatura, la aireación, los olores indeseables y la pérdida de nutrientes (figura 18E).

Realizado ese proceso se debe voltear la pila o montón por lo menos cada semana con el propósito de no dejar subir demasiado la temperatura. Al cabo de tres meses, el proceso termina; se observará que el montón ha disminuido casi a la mitad y todos los materiales han sido descompuestos, lo cual indica que está listo para usar. Un compost óptimo tiene un aspecto homogéneo, color oscuro, una estructura fina y granulosa, con un olor agradable, similar al mantillo de bosque. Se puede aplicar mínimo un kg de compost por planta, de 2 – 4 veces en el año.





Foto: Carlos Pinilla Dativa y Edinson Hernando Quintero Calderón, 2017.

# Requerimiento hídrico del cultivo de cacao

Roberto Villalobos Rebolledo, Jesús Efrén Ospina Noreña, Leonardo Leguizamon  
García y Paula Bermeo Fuquene

## Climatología y disponibilidad de agua para el cultivo de cacao en Nilo y Yacopí

La disponibilidad u oferta natural de agua en una región agrícola depende de la precipitación. En Nilo ésta disponibilidad es deficiente para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo durante buena parte del año, por lo general entre los meses de diciembre y marzo, y entre junio y septiembre. En estos meses los requerimientos de agua del cultivo son bastante mayores en comparación con la cantidad de lluvia (figura 19A). Además, la variabilidad climática evidenciada por ejemplo en la sequía del fenómeno del niño del segundo semestre de 2015 y primer semestre de 2016, ocasionó la muerte de plantas con importantes pérdidas económicas asociadas. Por otra parte, en Yacopí, en términos generales, durante todo el año existe exceso de lluvia lo cual permite argumentar que no es necesario el uso de riego (figura 19B). Vale la pena mencionar que un milímetro (1 mm) es igual a un litro de agua por metro cuadrado de área, ó 10.000 litros por hectárea, ó 10 metros cúbicos por hectárea (figura 19).

Es importante resaltar que un cultivo de cacao consume agua por dos fenómenos separados que ocurren simultáneamente: evaporación, que es pérdida de agua desde la superficie del suelo; y transpiración a través del follaje de la planta. Éste es un proceso combinado denominado evapotranspiración del cultivo ETc (definido como requerimiento de agua en la figura 19). Es prioritario reponer las pérdidas de agua por ETc para evitar estrés por sequía, y para contribuir a mantener la plantación sana y productiva. Cuantificar la ETc es útil para diseñar el sistema de riego y operarlo correctamente, y para determinar, entre otras variables, la frecuencia de riego.

## Escasez de agua y requerimiento de riego en Nilo

En proyecciones realizadas sobre escenarios de cambio climático en la región de estudio, se estima que la temperatura va a seguir en aumento y la precipitación (lluvia) va a tener una disminución, lo que indica que para el municipio de Nilo, a futuro, se tendrán condiciones cada vez más extremas de sequía y de déficit hídrico (de agua). Actualmente, ya se tienen condiciones de escasez de agua, pues de acuerdo al Diagnóstico realizado el 2016 (Barrientos), el 45% de los productores afirman haber regado su cultivo, especialmente en los meses secos. Otros factores que favorecen la escasez de agua para el cultivo de cacao en Nilo son su topografía y tipo de suelo. En general, los predios cultivados con cacao en el municipio de Nilo corresponden a terrenos en pendiente; además, algunos suelos presentan características de alta pedregocidad, lo cual indica que tienen poca capacidad de retención de agua.

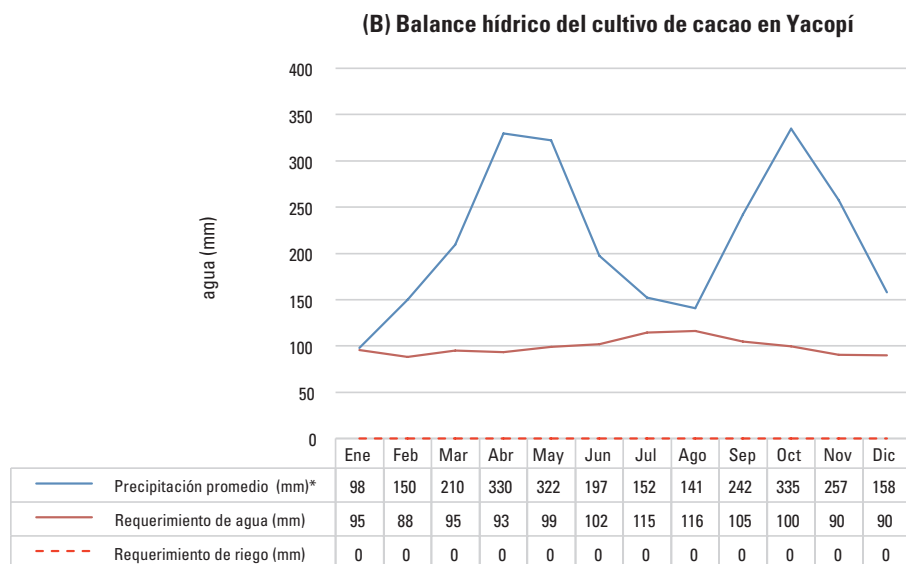
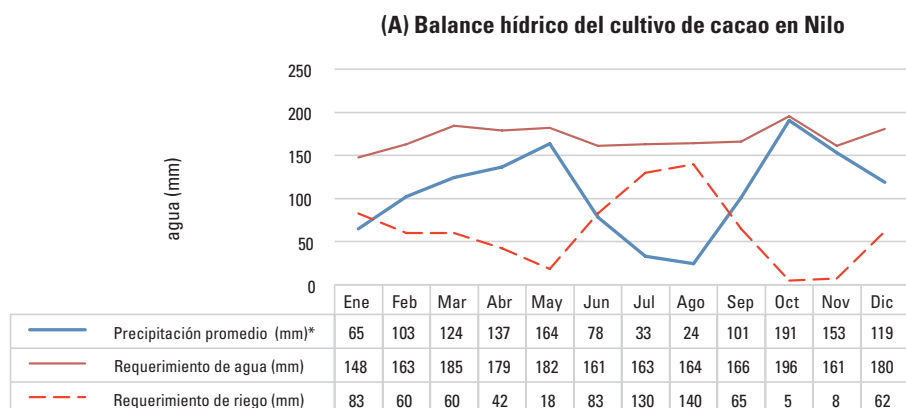
El requerimiento de agua de riego es la cantidad de agua que necesita el cultivo, adicional a la precipitación, para satisfacer el requerimiento de ETc. En el caso de Nilo, ese requerimiento va desde 5 mm en el mes de octubre hasta 140 mm en el mes de agosto (figura 19A). Conviene cubrir además otras necesidades ambientales como

el lavado de sales y aplicaciones adicionales como por ejemplo subsanar la desuniformidad propia del sistema de riego, etc. (Allen *et al.*, 2011).

**Figura 19.** Balance hídrico en milímetros (mm) de agua para el cultivo de cacao en (A) Nilo y (B) Yacopí.

\* mm = 1 litro por m<sup>2</sup> o 10 000 litros por hectárea.

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del Subproyecto cacao, 2017.



### Sistema de riego recomendado para cacao en Nilo

Debido a las características topográficas (pendiente) y de suelos (pedregocidad), aunadas a la escasa disponibilidad de agua en el municipio de Nilo, los sistemas de microirrigación son los más eficientes y recomendables. Además tienen la ventaja de facilitar la incorporación de fertilizantes en el riego, técnica conocida como fertirriego. La microirrigación, bien sea por goteo o por microaspersión, ofrece la ventaja de mantener permanentemente el cultivo en capacidad de campo (CC), que es el máximo contenido de humedad que puede retener el suelo en contra de la gravedad, y además aplicar fertilizantes disueltos en el agua de riego. Con ésta tecnología se contribuye a maximizar la respuesta productiva del cacao. Para el contexto de la topografía en pendiente de los predios cacaoteros del municipio de Nilo, se recomienda instalar sistemas de microirrigación autocompensados, bien sea con goteros (figura 20E),

o con microaspersores. La autocompensación significa que el emisor de riego tiene incorporado un dispositivo que permite que el caudal suministrado de agua sea igual para todos los goteros (zonas altas, medias y bajas), dentro de un rango de presión de 10 a 50 libras por pulgada cuadrada (psi) aproximadamente. El porcentaje de suelo mojado recomendado corresponde al volumen de suelo que debe regarse sin que se registre disminución significativa en la producción del cultivo. En general se acepta una cifra en el rango entre 30 y 40% del área de suelo que ocupa una planta (9 – 16 m<sup>2</sup>) (Pizarro, 1996).

El Proyecto del Corredor Tecnológico Derivado 2 instaló a escala experimental un sistema de riego por goteo en Nilo, con el objetivo de hacer extensión y capacitación a los productores de la zona y motivarlos a adoptar esta tecnología. De allí es que dada la característica de alta pedregocidad de algunos predios cacaoteros de Nilo, es recomendable hacer pruebas de campo para determinar si se instalan goteros o microaspersores. Si las pruebas de campo dan como resultado una cantidad numerosa de goteros por árbol en la manguera o línea, sería preferible un sistema de riego por microaspersión subfoliar. En este caso se podría seleccionar un microaspersor subfoliar dispuesto para regar simultáneamente varios árboles. Por ejemplo, en el mercado ofrecen modernos microaspersores de cubrimiento altamente uniforme, con boquillas que operan desde 15 y hasta 25 psi, caudal entre 95 y 495 litros por hora, y diámetro húmedo entre 8 y 13 metros.

Al operar un sistema de microirrigación, las dos preguntas fundamentales que el agricultor debe saber responder son cuándo y cuánto regar. Para regar con precisión se recomienda utilizar tensiómetros de cerámica (figura 20G), que tienen como propósito monitorear la tensión con la cual el suelo agrícola retiene la humedad a capacidad de campo (World Meteorological Organization WMO, 2008).

### **Cosecha de lluvias como adaptación a la variabilidad y al cambio climático**

La cosecha de lluvias es una estrategia de adaptación a la variabilidad y cambio climático (Bartok, 2009), que consiste en capturar y almacenar agua, particularmente agua de lluvia o bien agua gris para usarla posteriormente en época de verano para el riego del cultivo. Se recomienda implementar esta práctica en zonas con temporadas secas, como el municipio de Nilo. El tipo de tanque (figura 20B) a construir depende, entre otras variables, del volumen de agua a almacenar y de si es enterrado o va sobre la superficie del suelo. Existen diversas alternativas y se recomienda que el tanque incluya una membrana impermeable para evitar las pérdidas por filtraciones. De ser posible, se sugiere instalar el tanque en una cota alta, por encima del lote de cultivo, para presurizar y operar por gravedad el sistema de riego o fertirriego, con el beneficio de evitar la instalación de motobombas. Para conectar el tanque con los dispositivos de microirrigación (goteros o microaspersores) se recomienda el uso de tubería de PVC (policloruro de vinilo) de “uso agrícola”, que tiene la ventaja de ofrecer diferentes diámetros. Está diseñada especialmente para redes de riego que manejan baja presión como es el caso del sistema de riego o fertirriego recomendado. El denominado PVC “orientado”, recientemente desarrollado gracias a la nanotecnología, también puede ofrecer opciones atractivas. Se sugiere consultar un especialista en el tema.

**Figura 20.** Sistema de Riego por goteo, almacenamiento y distribución de Fertirriego en Nilo. (A) Tanques de almacenamiento de soluciones fertilizantes. (B) Mezcla de fertilizante y agua (fertiriego). (C). Piezas de control de las líneas de goteo o "muñeco". (D) Sistema de tensiómetros. (E) Gotero autocompensado tipo botón.

**Foto:** Carlos Pinilla Dativa y Edinson Hernando Quintero Calderón, 2017.







Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Podas

John Ladino Orjuela, Luis Ramirez Chamorro,  
Carlos Pinilla Dativa y FEDECACAO

## Definición e importancia de la poda

La poda consiste en la eliminación de ramas poco productivas, innecesarias o mal formadas con el fin de balancear el crecimiento vegetativo con el reproductivo. Su importancia radica además en que:

- Realza los árboles.
- Regula el crecimiento lateral y su altura.
- Mejora la respuesta a la fertilización.
- Aumenta la producción.
- Facilita las prácticas de cosecha.
- Permite la entrada de luz y aire, creando condiciones desfavorables al desarrollo y ataque de plagas y enfermedades.
- Acorta el periodo improductivo de nuevas plantaciones.
- Retarda el envejecimiento del árbol.
- Prolonga el tiempo productivo (Báez, 2008).

## Herramientas e insumos para la poda

Las podas que se realizan en el cultivo de cacao son:

**Motosierra:** Para cortar troncos y ramas gruesas.

**Tijera de mano:** Para cortar frutos, ramas y chupones de poco grosor.



**Figura 21.** Herramientas más utilizadas para podas: (A) Motosierra, (B) Tijera de mano, (C) Serrucho y (D) Tijera aérea.

**Serrucho:** Para cortar ramas y chupones gruesos. Cuando la rama es muy gruesa se recomienda hacer primero un corte en la parte alta de la rama y luego cortar a ras de la rama, para evitar desgarres de la corteza.

**Tijera aérea:** Se ajusta en el extremo de una vara larga y liviana, útil para despuntar o cosechar frutos en las partes altas de la planta (figura 21).

**Pasta cicatrizante:** En el mercado se pueden encontrar productos cicatrizantes; sin embargo, también se puede elaborar en la finca un caldo bordelés mezclando oxiclورو de cobre, aceite de cocina o agua, cal o algún tipo de insecticida en polvo como Lorsban hasta lograr una contextura pastosa. El cicatrizante o el caldo bordelés se aplica luego a las heridas de las ramas o troncos cortados.

En Nilo y Yacopí la herramienta más utilizada para la poda es la tijera de mano; sin embargo, todavía se sigue utilizando el machete. La poda con machete tiene las desventajas de hacer cortes poco precisos, desgarrar las ramas al podar, dejar ramas sin podar al interior de la copa por falta de espacio para hacer el corte, y posibilitar la propagación de enfermedades por falta de hábito de desinfección de esta herramienta..

## Tipos de poda

Existen diferentes tipos de poda que se realizan normalmente, la poda de formación, mantenimiento y de rehabilitación. Otros autores agregan a esta lista la poda sanitaria, es decir, la remoción de frutos enfermos y/o ramas con escoba de bruja o hierba de pajarito; sin embargo, no es un tipo de poda, sino un control cultural para el manejo de plagas y enfermedades, que se incluye en la poda de mantenimiento.

### Poda de formación

El objetivo de este tipo de poda es formar el árbol a partir del primer año de edad hasta que empieza la producción de cacao. Se debe eliminar los chupones y retoños, las ramas muy juntas, las que crecen hacia adentro o hacia abajo. Se promueve el crecimiento de un solo tallo y una horqueta bien formada con tres, cuatro a cinco ramas equidistantes que formen un ángulo de 30° a 45° (figura 22A) (Báez, 2008).

### Poda de mantenimiento

El propósito de este tipo de poda es mantener la forma natural de cono invertido de la copa, la planta activa, sana, productiva y a una altura aproximada de tres metros para facilitar su manejo. Con esta poda se eliminan ramas entrelazadas, cruzadas, apiñadas, ramas dirigidas hacia abajo, hacia al interior de la copa o verticalmente hacia arriba, también chupones, ramas enfermas, quebradas, lesionadas o deformes, plumillas y rebrotes de plantas parasitas. Se debe podar de esta forma por lo menos dos veces al año, al final de la temporada seca o de cosecha, y una intermedia (leve) al inicio de la etapa vegetativa (rebrote). No se recomienda este tipo de poda en época de floración, ni en el intermedio de la etapa vegetativa por atrasar la etapa reproductiva y causar el secamiento de frutos. Los cortes en las ramas se deben hacer en bicel o (mejor) perpendiculares a ella para que cicatrice mejor la herida; también lo más cerca de la rama de la cual sale (figura 22B) (Báez, 2008). La poda en cacao, como en otras especies caulifloras, demanda cuidados adicionales como el aumento

de la temperatura e incidencia de luz en el tallo, que son factores importantes para la inducción de floración. Otro factor importante es el cuidado con podas drásticas para evitar escaldaduras o quema del tejido leñoso.

#### Poda de rehabilitación

Esta poda se realiza con el fin de recuperar la arquitectura deseable de la planta o su capacidad productiva, condiciones desfavorables que se presentan en plantas enfermas, deformadas o abandonadas, que no han tenido manejo en varios años. La poda de rehabilitación se inicia con cortes de arriba hacia abajo despuntando las ramas intervenidas para facilitar su corte definitivo y evitar daños en las ramas bajas que se van a dejar. Por otra parte, si se presenta más de un árbol por sitio de siembra, se deja aquel con el tallo más joven, el más recto, el mejor ubicado o centrado, de mejor estructura y con una altura de la horqueta que no supere los 1,20 metros. En algunos casos, cuando se quiere renovar la planta, es necesario cortar (soquear) el tallo principal estimulando el crecimiento de un chupón basal más próximo al suelo para su posterior injertación y, así, lograr la renovación de la copa (planta)s (figura 22C) (Báez, 2008).



**Figura 22.** Tipos de poda. (A) Poda de formación (B) Poda de mantenimiento (C) Poda de rehabilitación.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) en el cultivo de cacao

Augusto Ramírez Godoy, Luis Valderrama Florez, Sandra Gómez Caro, Camilo Beltrán-Acosta, Esperanza Torres Rojas, Sandra Victoria Gómez Gutiérrez y Mateo Felipe Bejarano Hernández

## Principales plagas en el cultivo de cacao en Nilo y Yacopí

Nilo y Yacopí tienen algunas plagas en común como Carmenta (negra o amarilla), Hormiga arriera, Pasador, Monalonia y Pulgón (*Toxoptera aurantii*); aunque cada una tiene porcentajes diferentes de ataque (tabla 11). Durante el 2017 fueron Carmenta negra en Nilo y Monalonia en Yacopí las que causaron mayores perjuicios a los cultivos de cacao. Esto lleva a la siguiente consideración: la incidencia de plagas va variando de acuerdo al tiempo, las condiciones ambientales y el manejo que se le da al cultivo.

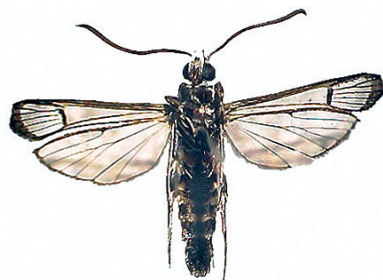
**Tabla 11.** Presencia de plagas del cacao en los municipios de Nilo y Yacopí y su distribución porcentual.

Plagas	Nilo (%)	Yacopí (%)
Carmenta negra ( <i>Carmenta foraseminis</i> )	31	-
Carmenta amarilla ( <i>Carmenta theobromae</i> Busck)	-	13
Hormiga arriera ( <i>Atta cephalotes</i> y <i>Atta colombica</i> )	26	41
Pasador ( <i>Xyleborus</i> sp.)	14	2
Monalonia ( <i>Monalonia dissimulatum</i> )	2	9
Ardilla	-	31
Pájaro carpintero	-	3
Sin plagas	27	1

Fuente: Barrientos, 2016.

### Perforador del fruto: Carmenta (*Carmenta foraseminis* Eichlin)

Carmenta negra es una plaga que no solo perfora el fruto, sino que sus larvas llegan a alimentarse de la semilla de cacao. Es por esta razón que el Instituto Colombiano Agropecuario ICA ejerce una puntual vigilancia sobre ella. En cambio la Carmenta amarilla (*Carmenta theobromae* Busck) solo afecta la cascara, la placenta y el mucilago sin llegar a dañar los granos, motivo por el cual se considera una plaga menos agresiva.



**Figura 23A.** Carmenta negra.

Los adultos de Carmenta negra tienen aspecto de pequeñas mariposas en las que predomina un color marrón oscuro a negro con bandas dorsales estrechas de color amarilloclaro o blanco (figura 23A). El ciclo de vida, desde el estado de huevo al adulto

es de 71 días, pasando 7 días como huevo, 36 días como larva, 21 días como pupa y 7 días como adulto. Al ser susceptible a luz, el adulto es poco activo en el día. Su actividad de dispersión, cópula y oviposición (puesta de huevos) ocurren en horas de la noche (Cubillos, 2013; FEDECACAO, 2015).

Las larvas penetran la cascara de la mazorca hasta alcanzar la placenta y sus almendras, alimentándose todo el tiempo que se encuentran en esta fase, depositando sus excrementos y favoreciendo la contaminación del fruto por dentro. El daño (figura 23B) se evidencia por la aparición de una mancha hundida o peca oscura de 0,5 cm de ancho en la cáscara de la mazorca o la presencia de una masa húmeda de excrementos sobre el sitio de salida del túnel o galería (ICA, 2012; Cubillos, 2013; FEDECACAO, 2015).

**Figura 23B.** Signos de ataque de Carmenta negra.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



#### Manejo para prevenir y controlar la diseminación de Carmenta negra

Para el manejo de Carmenta negra se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- ✦ Recolectar los frutos que muestren daños asociados a la plaga preferiblemente una vez por semana. Los frutos afectados deben ser ampacados en bolsas plásticas negras y expuestos al sol por dos semanas, posteriormente deben ser compostados con cal.
- ✦ Durante el desgrane (cosecha) se deben eliminar las mazorcas que contengan las larvas y pupas, tal como se indica en el punto anterior.
- ✦ Aplicar insecticida biológico DIPEL®, (*Bacillus thuringiensis*) (5 gr/litro).
- ✦ No hay recomendaciones del uso de sustancias químicas para el control del perforador en Colombia (Cubillos, 2014).

#### Monalonion (*Monalonion dissimulatum*)

Monalonion puede causar grandes pérdidas de cosecha, cuando se presentan condiciones favorables para su desarrollo, tal como elevadas temperaturas, alta humedad, exceso de sombra y mal manejo de malezas.



**Figura 24A.** Monalonion adulto.

Foto: Luis Alfonso Valderrama, 2017.

Los adultos tienen un tamaño aproximado de 1 cm, de color naranja con alas y antenas oscuras, mientras la ninfa tiene un tamaño que varía entre 1,5 – 1,2 cm, de color amarillo, no tiene alas, y su cuerpo es muy frágil y acuoso (Ramírez, 2008). El daño que ocasionan lo hacen por medio de su aparato bucal picador chupador succionando la savia de los brotes, pepinos y de la parte exterior de las mazorcas produciendo lesiones que provocan malformaciones, reducción del tamaño y detención del crecimiento de los frutos jóvenes. Los síntomas de la lesión se observan en la mazorca como puntos oscuros de apariencia seca y carrasposa, que al unirse entre ellos generan manchas necróticas en la cascara, la cual se vuelve quebradiza y toma un color cenizo o blanco (figura 24B). (ICA, 2012; FEDECACAO, 2015).



**Figura 24B.** Fruto afectado por ataque de Monalonion.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

El ciclo de vida de Monalonion, de huevo a adulto, es de aproximadamente 30 días, dependiendo de las condiciones ambientales, pasando 5 a 6 días en estado de huevo, 26 a 30 días como ninfa (estado juvenil) y 6 a 8 días como adulto con alas (figura 24A). Cada hembra deposita aproximadamente 30 huevos en la cáscara de la fruta o en los brotes nuevos de las ramas (Vargas *et al.*, 2005).

### Manejo para prevenir y controlar la diseminación de *Monalonion*

Para el manejo de *Monalonion* se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- Identificar oportunamente los focos o lotes de cacao con acumulación de humedad, áreas muy sombreadas y aquellas ubicadas a orillas de cañadas para poder darles un manejo focalizado de la plaga.
- Destruir manualmente los huevos, ninfas y adultos detectados.
- Usar (opcional) hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*.
- Evitar el exceso de sombra efectuando podas sanitarias y de formación adecuadas a las plantas de cacao para permitir el ingreso de luz a los brotes y frutos atacados por el insecto.
- Evitar exceso de humedad en lugares planos mediante la construcción de drenajes.
- Evitar establecer plantaciones con altas densidades de siembra.
- Evitar las aplicaciones de productos químicos contra esta plaga, ya que reduce la fauna benéfica de la zona que puede ejercer un control biológico, aumentando el daño por plagas.

### Hormiga Arriera (*Atta cephalotes* y *Atta colombica*)

Este insecto tiene la mejor organización social del reino animal dando ejemplo con su trabajo en comunidad. Las hormigas hacen parte de una organización completa y estructurada donde cada una desempeña una función específica para el beneficio de la colonia. Para alimentarse, las hormigas arrieras dependen de los hongos simbiotes (*Attamyces spp.*) que cultivan en cámaras de almacenamiento dentro del hormiguero. Para esto las hormigas deben proporcionarles material vegetal que ayude a su crecimiento (Vergara, 2005).

#### CICLO DE VIDA

Las reinas viven de 15 a 25 años poniendo huevos a una tasa aproximada de 1.500.000 por año. Si la reina llega a morir, muere todo el hormiguero. Por otra parte, los machos alados duran muy poco, pues mueren después de copular en el vuelo nupcial.

**Figura 25A.** Hormiga arriera obrera.

Foto: Luis Alfonso Valderrama, 2017.



El ciclo de vida de la hormiga, que tiene una metamorfosis completa, puede variar de 9 a 26 meses distribuidos de en sus cuatro estados: huevo: 25 días; larva: 25 a 52 día; ninfa: 14 días; y adulto: 4 a 7 meses, excepto en soldados, que dura 2 años (Vergara, 2005).



**Figura 25B.** Daño ocasionado por la hormiga arriera.

#### DAÑO

Reduce la superficie de las hojas, y así reduce también la capacidad de la planta de producir alimento para los frutos. El ataque de la hormiga arriera se manifiesta en cortes semicirculares desde los bordes hacia la nervadura central de las hojas, especialmente de las hojas jóvenes (figura 25B). También eliminan los cojines florales disminuyendo la posibilidad de cuajamiento de frutos (Vergara, 2005).

#### MANEJO

El manejo de la hormiga arriera debe estar orientado a prevenir nuevos hormigueros, controlar y/o erradicar los existentes haciendo el control directamente sobre la reina, el hongo y las jardineras.

##### Control mecánico manual

El control físico o mecánico está dirigido a hormigueros pequeños y de corta edad, los cuales una vez ubicados se pueden destruir con pala siendo importante hallar y eliminar a la reina. También se puede destruir el nido introduciendo una sonda con agua para inundarlo (Vergara, 2005).

##### Control Biológico

Mediante el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* y hongos micopatógenos como *Trichoderma lignorum* aplicados en forma de cebos atrayentes a base de hojuelas de avena con jugo de naranja.

## Principales enfermedades del cultivo de cacao en Nilo y Yacopí

La enfermedad que presenta la mayor incidencia en el cultivo de cacao en los municipios de Nilo y Yacopí es la Moniliasis. De acuerdo a una encuesta realizada en 2016 en más del 80% de las fincas encuestadas se presenta esta enfermedad (Barrientos, 2016). Otras enfermedades que le siguen en importancia a la Moniliasis y que están presentes también en estos municipios son la Escoba de bruja y la mazorca negra o pudrición parda.

### **Moniliasis (*Moniliophthora roreri*)**

La Moniliasis es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, el cual puede ocasionar pérdidas que van desde un 25% hasta un 100% de la producción (Jaimes y Aránzazu, 2010). Es la enfermedad más frecuente y de mayor importancia en los cultivos de cacao en Colombia. Se manifiesta exclusivamente en el fruto y la infección puede ocurrir en cualquiera de sus fases de desarrollo, siendo los frutos jóvenes los más susceptibles. En el país, debido a la distribución de lluvias a lo largo del todo el año, se presentan las condiciones favorables para la infección y el desarrollo del patógeno; sin embargo, los periodos más críticos para el cultivo se presentan en los estadios de floración y de fructificación (Jaimes y Aránzazu, 2010).

#### **CICLO DE VIDA**

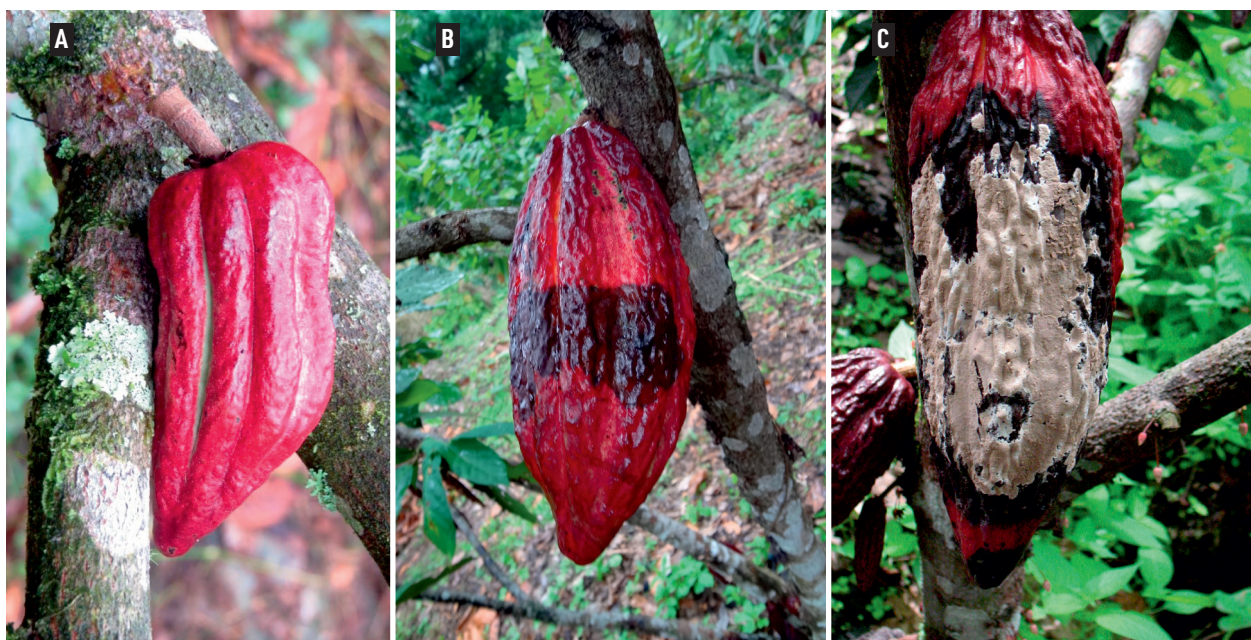
Las condiciones climáticas y la cantidad de inoculo en el ambiente son factores determinantes para el ciclo de vida de *M. roreri*. Este ciclo empieza en época seca, en la que hay una mayor cantidad de conidias (forma de dispersión usada por el hongo) en el ambiente (Jaimes y Aránzazu, 2010). Estas conidias penetran e infectan el fruto en presencia de una capa de agua y temperaturas promedio de 24°C. Después de la infección, el hongo se desarrolla por un largo periodo al interior del fruto, posteriormente se evidencian los signos en la superficie del fruto, seguidos de la producción de una masa polvorienta de conidias, las cuales son liberadas y transportadas por el viento, la lluvia y en menor cantidad por insectos a nuevos frutos (Evans, 1986). Se estima que la producción de conidias sobre un fruto enfermo puede llegar a ser de 44 millones en un cm<sup>2</sup> de la superficie afectada (Jaimes y Aránzazu, 2010).

#### **SÍNTOMAS**

Sobre la superficie de frutos jóvenes se observan áreas de crecimiento anormal, formación de protuberancias o gibas pronunciadas (figura 26A). En algunas ocasiones, los síntomas externos pueden no ser evidentes hasta la formación de lesiones entre 45 y 90 días posterior a la infección. En esta fase, el hongo se alimenta y desarrolla en el tejido vivo del fruto y posteriormente se alimenta y desarrolla en el tejido muerto (Bailey y Meinhardt, 2016; Evans y Bastos, 1979). Finalmente, surgen lesiones irregulares de color chocolate o castaño oscuro de apariencia aceitosa en cualquier zona del fruto las cuales crecen lentamente hasta cubrir su superficie (figura 26B). En infecciones tardías en frutos de mayor edad, predominan lesiones deprimidas con un color castaño oscuro y en un rango de 3 a 7 días se inicia el desarrollo de micelio blanquecino sobre su superficie, luego se torna en una masa pulverulenta constituida por esporas del hongo (figura 26C) (Evans, 1981).

#### **MANEJO**

Para determinar la presencia de la enfermedad y de esta manera tomar medidas oportunas, es fundamental realizar monitoreos del cultivo. En estos monitoreos se deben realizar las prácticas culturales como la remoción de frutos enfermos y las podas de mantenimiento para modificar las condiciones ambientales dentro del cultivo, haciéndolas menos favorables para el desarrollo de la enfermedad (Jaimes y Aránzazu, 2010). La remoción de frutos enfermos, especialmente cuando estos presenten los síntomas de gibas, evitan la producción y diseminación de las conidias del hongo (Leach *et al.*, 2002). Los frutos retirados deben enterrarse y taparse con hojarasca para acelerar



**Figura 26.** Síntomas de moniliasis: (A) Síntoma inicial en donde se destaca la formación de gibas en los frutos jóvenes (B) Mancha oscura y aceitosa de forma irregular (C) Esporulación abundante a manera de una masa polvorienta de esporas del hongo que cubre un fruto maduro..

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

el proceso de descomposición del material vegetal y permitir que los microorganismos involucrados actúen como controladores del hongo (Jaimes y Aránzazu, 2010). Por otro lado, también se cuenta con un manejo biológico y químico para controlar la enfermedad, los cuales consisten en la aplicación de hongos controladores y de fungicidas eficientes, respectivamente.

#### Mazorca negra o pudrición parda (*Phytophthora spp.*)

Esta enfermedad es ocasionada por oomicetes del género *Phytophthora*. En el territorio colombiano solo se ha reportado la especie *Phytophthora palmivora*, la cual se encuentra distribuida en todas las zonas productoras del país. Esta especie es responsable de pérdidas de hasta un 30% de la producción anual de grano y de un 10% de la muerte de árboles (Guest, 2007). Los patógenos del género *Phytophthora* tienen una alta afinidad por la humedad en el suelo y en la parte aérea de la planta de cacao (Surujdeo *et al.*, 2016). Por lo tanto, la enfermedad se ve favorecida por una humedad relativa mayor al 95% y una temperatura menor a 20°C (Rodríguez, 2012).

#### CICLO DE VIDA

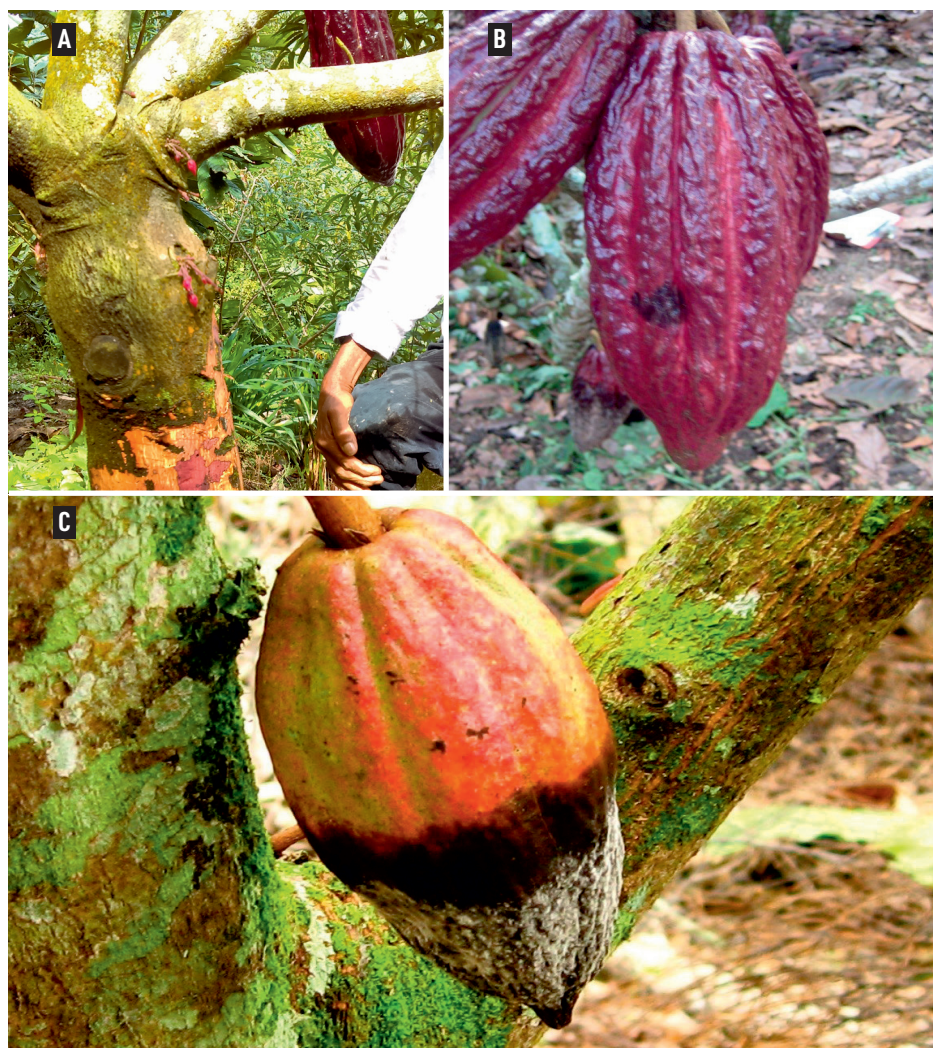
La mazorca negra del cacao se puede presentar en todos los estados de la mazorca (Surujdeo *et al.*, 2016). El inicio de la enfermedad depende de condiciones ambientales como la humedad relativa y baja temperatura (Alarcón *et al.*, 2012). La alta humedad relativa estimula el proceso de infección, en el cual los esporangios maduran liberando las zoosporas que germinan sobre la mazorca; posteriormente, se presenta la aparición de manchas pequeñas de color marrón y de bordes definidos con apariencia acuosa (Jaimes y Aránzazu, 2010). Estas manchas pueden crecer hasta cubrir todo el fruto en un periodo de 5 a 14 días, y sobre ellas se desarrolla una capa pulverulenta blanca y poco densa que corresponde al crecimiento del patógeno que se forma en cortos periodos de tiempo (Walker y van West, 2007; Rodríguez y Vera, 2015). Los esporangios son dispersados por el agua a otras mazorcas para iniciar un nuevo proceso de infección y repetir el ciclo de la enfermedad (Mujica y Martínez, 2015).

## SÍNTOMAS

Es importante reconocer los síntomas iniciales de la enfermedad con el fin de implementar un manejo correctivo temprano. A diferencia de la moniliasis que solo afecta las mazorcas, la enfermedad de la pudrición parda también afecta las ramas y troncos (figura 27A) (Rodríguez y Vera, 2015). Los síntomas varían de acuerdo al lugar de la planta que es afectado: en las mazorcas, inicia con manchas opacas que se transforman en lesiones de coloración marrón con bordes definidos (figura 27B) lo cual permite diferenciarla de los síntomas iniciales de la moniliasis. Posterior a la aparición de estas manchas aparece un polvo blanco y poco denso formado por el micelio y esporangios del patógeno (figura 27C). Las lesiones progresan en el interior de la mazorca a la misma velocidad que en el exterior (Rodríguez y Vera, 2015; Jaimes y Aránzazu, 2010). La mazorca enferma puede llegar a producir esporangios por un periodo de tres años hasta su completa momificación (Rodríguez y Vera, 2015).

**Figura 27.** Síntomas de *Phytophthora spp.*: (A) En tallo. (B) En fruto, estado inicial. (C) En fruto, estado avanzado.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



## MANEJO

El primer paso para un adecuado manejo de la enfermedad de la pudrición parda es realizar actividades de prevención, las cuales consisten en evitar las condiciones que favorezcan la aparición de la enfermedad, es decir, realizar podas de formación y

mantenimiento que permitan la entrada de luz y aire a la planta de cacao (Rodríguez y Vera, 2015). También se debe evitar la presencia de mazorcas enfermas que contribuyan a la infección de otras mazorcas y el control de hormigas que pueden transportar y diseminar el inoculo del patógeno (Rodríguez, 2012). En cuanto al control químico, se recomienda realizar de dos a tres aplicaciones de productos cúpricos cada 20 días en épocas de lluvias dirigidas hacia los frutos de más de tres meses y que se encuentren en la parte baja del árbol a una altura máxima de 1.0 metro (Mujica y Martínez, 2015). También, Se deben realizar esfuerzos en la utilización de genotipos con resistencia al patógeno (Barreto *et al.*, 2015).

#### **Escoba de Bruja (*Moniliophthora perniciosa*)**

La Escoba de Bruja, como comúnmente se le denomina, es una enfermedad devastadora del cultivo de cacao que ocasiona reducciones en la producción de hasta del 75% (Rodríguez, 2012). Su agente causal es el hongo *Moniliophthora perniciosa*. Este hongo infecta los tejidos de la planta, afectando principalmente yemas en crecimiento y genera diversos síntomas dependiendo del órgano infectado (brotes, botones florales, flores y frutos en desarrollo). Este patógeno ocasiona un desbalance hormonal, el cual altera el crecimiento vegetativo normal de la planta (Rodríguez, 2012). La infección sólo ocurre en tejidos en crecimiento activo y se produce a través de estructuras de dispersión del hongo denominadas basidiosporas. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por una humedad relativa superior al 80%, temperaturas entre 20 y 35°C, viento y lluvias constantes y la remoción deficiente del material vegetal enfermo (Rodríguez, 2012).

#### **CICLO DE VIDA**

Inicialmente el hongo infecta el tejido joven que se encuentra en crecimiento, ocasionando un aumento excesivo en el tamaño del tejido y un incremento en el número de células. La infección de los tejidos jóvenes se produce una vez los tubos germinativos de las basidiosporas penetran a través de los estomas o directamente atravesando el tejido de la epidermis (Senasica y Sagarpa, 2016). Después de ingresar al tejido, el hongo lo coloniza creciendo entre las células de la planta y posteriormente a causa un desequilibrio hormonal, se provoca un crecimiento anormal de las células del hospedante, particularmente de las células de la corteza y de la médula. El tiempo para la aparición de síntomas puede variar, pero generalmente es de 6 a 8 semanas después de la infección (Senasica y Sagarpa, 2016). Posteriormente, el tejido que ha presentado un crecimiento excesivo muere y el hongo crece como un saprófito, es decir se alimenta del tejido muerto de la planta. Cuando las condiciones son favorables, el hongo inicia la producción de los basidiocarpos, las cuales son estructuras que se forman para la producción de las basidiosporas que posteriormente permitirán la dispersión del hongo hacia otros tejidos y plantas del cultivo (CABI, 2016; Senasica y Sagarpa, 2016).

#### **SÍNTOMAS**

La enfermedad se diferencia en campo por los síntomas que presenta entre los que se encuentra el crecimiento excesivo de tejidos vegetativos, principalmente de ramas (figura 28A), desarrollo leve de yemas y caída anormal de hojas (Parra *et al.*, 2008). Además, es posible ver gran abundancia de flores (figura 28B) y estructuras vegetativas con forma "escobas", frutos pequeños con apariencia alargada y cónica, pedicelo

deforme y algunos con apariencia de chirimoya (figura 28C) (Parra *et al.*, 2008). En estadios más avanzados de la enfermedad se observa la producción de basidiocarpos en las ramas de la planta en los cuales se desarrollan las basidiosporas para la dispersión del hongo (figura 28D). El hongo induce proliferación de yemas apicales y axilares en las ramas (Parra *et al.*, 2008) y es capaz de afectar todos los órganos con crecimiento activo en la planta, tales como brotes tiernos, yemas florales y frutos en estado joven, generando crecimientos anormales (Parra *et al.*, 2008; Braudeau, 1970). Las hojas adoptan una textura suave y se vuelven angostas con coloración verde claro en lugar del verde oscuro o verde rojizo típico de las hojas sanas del cacao. Igualmente, se puede observar la producción de chupones o brotes en una cantidad anormal (Porras y Sánchez, 1991). Las escobas son de corta vida, al morir se tornan marrón y sobre las mismas se forman los basidiocarpos, lo que constituye la etapa más peligrosa de la enfermedad (Phillips-Mora, 2008).

**Figura 28.** Síntomas de Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*): (A) En ramas. (B) En cojines florales. (C) En frutos. (D) Producción de basidiocarpos.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



#### MANEJO

El manejo de esta enfermedad debe involucrar actividades de control cultural y manejo químico. Inicialmente es importante utilizar material vegetal tolerante como SCA 6, SCA 12, CCN51, ICS95, FEC2, FLE2, CAU 39, CAU43 o IMC67. Si la enfermedad se presenta, se debe realizar la remoción de escobas, cojines florales y frutos chirimoyos o con síntomas de la enfermedad y cubrir todo el material enfermo con hojarasca (Rodríguez, 2012). Adicionalmente, el manejo de la arquitectura del árbol mediante podas de formación o sanitarias permite controlar los niveles altos de humedad relativa presentes en el cultivo, los cuales favorecen el desarrollo del hongo. Otra actividad importante es realizar podas de mantenimiento, que contribuyen al crecimiento adecuado de la planta, reducen la humedad relativa en el cultivo y adicionalmente, permiten eliminar material vegetal sobrante que puede ser foco para el desarrollo de nuevas infecciones. Dentro del manejo químico, se sugiere la aplicación de óxido cuproso o fungicidas sistémicos (Rodríguez, 2012).



Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Cosecha y poscosecha

Aníbal Herrera Arévalo, Alejandro Penagos Muñeton,  
Carolina Sánchez Saenz y Alfonso Parra Coronado

## Cosecha

A continuación se describen los pasos a seguir en la cosecha de frutos de cacao.

### Recolección y selección

Este proceso se inicia al madurar los frutos de cacao 5 a 6 meses después de la floración. El aspecto de los frutos maduros varía dependiendo del tipo de material vegetal que se tiene; normalmente los frutos jóvenes de color verde pasan a amarillos y los rojos pasan a naranjas. Para tener una calidad buena y uniforme de producto se recomienda cosechar únicamente los frutos maduros en buen estado, no pintones, ni sobre maduros, ni enfermos. Por esto, es necesario hacer la recolección con un periodo de 15 días a 20 días, dependiendo de la producción o temporada de cosecha.

Aunque no es lo que se recomienda, los productores generalmente cosechan todas las mazorcas que contengan granos fermentables, es decir, frutos maduros, inmaduros, sobremaduros y enfermos. Esto ocurre en parte porque el mercado aún no reconoce la calidad del grano con un mejor precio. De acuerdo a la encuesta de 2016 (Barrientos, 2016) el porcentaje de frutos maduros cosechados asciende a aproximadamente 20% en Nilo y a 70% en Yacopí. Por otra parte, para cosechar el cacao se debe cortar el pedúnculo con tijeras de mano lo más cerca posible al fruto (figura 29A). No se debe retorcer el pedúnculo, ni arrancar los frutos con las manos, ni cortarlos con machete, tampoco subir al árbol para cosechar, porque se malogran los cojines florales y ramas, y también el árbol en general (FEDECACAO, 2016).

### Partida de la mazorca

Una vez recolectadas las mazorcas, se procede a abrir el fruto para extraer los granos. Para esto se debe contar con herramientas limpias y desinfectadas, y con un punto de acopio o beneficiadero provisto con mesas y un lugar para disponer las cascara de cacao, que posteriormente serán compostadas (si es el caso) y reincorporadas al suelo. El punto de acopio debe permitir apilar las mazorcas sin que éstas entren en contacto con el suelo para evitar que los granos se contaminen al momento del desgrane, una solución es colocarlas sobre un plástico limpio. Las mazorcas se deben partir de tal forma que al realizar la labor no se afecten los granos de cacao, para lo cual se puede usar un mazo de madera (muy recomendable) o un partididor de lámina sin filo.

La selección de la herramienta adecuada debe cumplir con el propósito de no cortar ni contaminar los granos, así como evitar lesiones (cortes o golpes) en las manos del trabajador (figura 29C). En el caso de grandes volúmenes de producción, se sugiere utilizar cortadoras mecánicas de mazorcas, que sean eficientes, altamente productivas, ambientalmente sustentables y que disminuyan los riesgos de accidente (Adzimah, 2010). Por otro lado, es recomendable partir los frutos cosechados lo más pronto posible (0 - 2 días) para evitar que los granos se fermenten dentro de la mazorca.

**Figura 29.** Pasos a seguir para la cosecha de frutos de cacao: (A) Recolección de frutos maduros. (B) Apilado. (C) Partida. (D) Desgrane.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



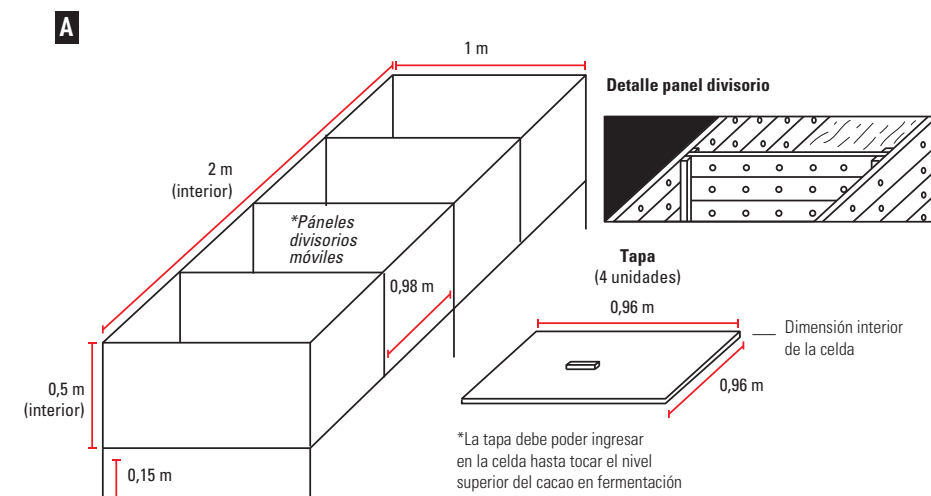
### Desgrane

La extracción de las almendras de la cáscara se denomina desgrane o “desengrulle”. Esta operación se realiza deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta o vena central de la mazorca (figura 29D), evitando extraerla para no fermentarla con los granos de cacao, los cuales se depositan en un balde limpio para su posterior traslado al cajón fermentador (FEDECACAO, 2016).

### Poscosecha

La fermentación óptima del grano de cacao depende de varios factores, pero principalmente del material genético, del estado de madurez de las mazorcas, del método de fermentación, de la aireación (volteos), y del tiempo que dura el proceso. Por un lado, las semillas (granos) de cada material genético (tipo o variedad de cacao) tienen características propias que determinan el tiempo del proceso de fermentación. Esto significa que fermentar diferentes tipos o variedades (clones) de cacao en un solo cajón

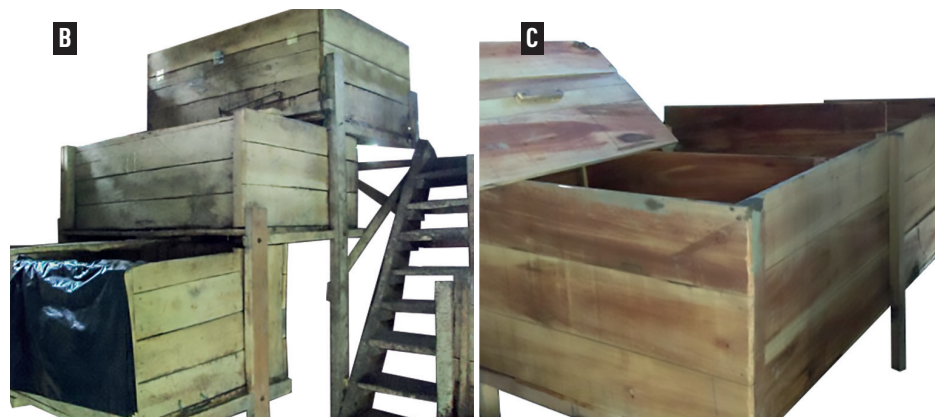
tiene grandes posibilidades de resultar en una fermentación desuniforme, por tanto una baja calidad de fermentado del grano. Por otro lado, el estado de madurez de los frutos está directamente relacionado con las propiedades fisicoquímicas del mucílago que determinan la actividad metabólica de los microorganismos durante el proceso de fermentación. Los frutos maduros presentan un mucílago con mayor cantidad de azúcares fermentables, que los frutos inmaduros. Respecto de los métodos de fermentación, éstos se refieren al material y/o herramienta que se utiliza para ello. Son varias las herramientas que se utilizan para la fermentación, tanto en Nilo como en Yacopí. Entre las que más se conocen están los sacos de fibra y de fique, baldes plásticos, cajón giratorio, cajón en escalera y cajón horizontal de madera sobre el suelo. Este último es el más utilizado y recomendado en la zona. La madera no debe desprender olores, colores o sabores durante la fermentación para no afectar la calidad del grano. Se recomiendan cajones fermentadores de madera de 2 m de largo, 1 m de ancho y 0,6 – 0,65 m de alto (figura 30 A) para una capacidad de aproximadamente 750 Kg de cacao en baba con dos divisiones y dos subdivisiones para adecuar la fermentación dependiendo de la cantidad de cosecha. Los paneles de divisiones móviles sirven para facilitar el volteo del cacao en baba. También se recomienda utilizar una tapa de madera en cada subdivisión. Esta tapa móvil debe ingresar en la celda hasta tocar el nivel superior del cacao en fermentación para mejorar las condiciones de temperatura, aireación y limpieza (figura 30A).



**Figura 30.** Fermentadores:

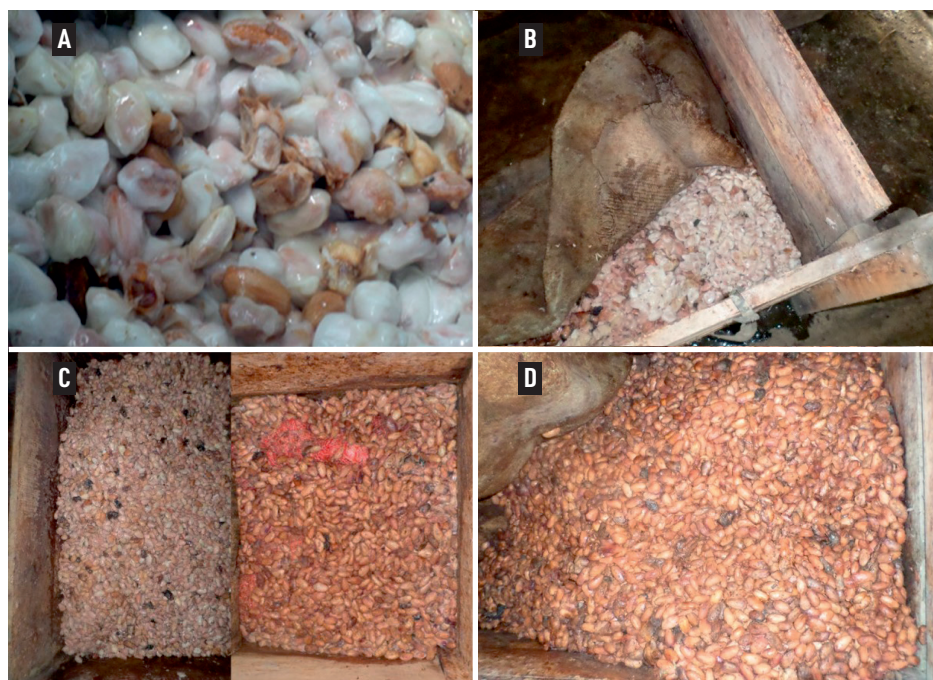
(A) Diseño de cajón fermentador con tapa. (B) Cajón fermentador tipo escalera. (C) Cajón fermentador horizontal con tapa.

Fuente: FEDECACAO, 2015  
 Convenio de Asociación  
 FEDECACAO. MADR 20150859



**Figura 31.** Proceso de fermentación: Día 1. Llenado del cajón con grano en baba y cubierta del mismo con una tapa (A) Día 2-3, Primer volcado del grano. (B) Días 3 a 5, Segundo y siguientes volcados del grano. (C) Día 6, Finalización de la fermentación.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.



### Fermentación

Este proceso es el que más incide en la calidad del grano, ya que en él se obtiene el sabor y aroma característico del cacao. Durante el proceso fermentativo, que generalmente tiene una duración entre cinco y seis días, el mucílago se desprende, la temperatura aumenta, el embrión de la semilla muere y se forman los precursores de sabor y aroma del grano (figura 31). Es necesario realizar volteos de la masa para oxigenarla y obtener la correcta fermentación de los granos. El primer volteo se realiza después de uno o generalmente 2 días, el segundo y tercer volteo se realiza entre el tercer y cuarto día. Sin embargo para realizar los volteos se recomienda hacer registro diario de la temperatura con un termómetro de punta, y empezar a realizar el primer volteo cuando la temperatura de la masa haya superado los 37°C, y el segundo y el tercero cuando la temperatura haya alcanzado o superado los 42°C y 45°C respectivamente. Terminada la fermentación, los granos deben estar hinchados y la cáscara con una coloración más oscura. La fermentación se debe hacer en cajones de madera, con orificios en la base que permitan evacuar el lixiviado del mucílago. El cajón debe estar ubicado bajo techo y protegido de la acción del medioambiente, animales y cualquier otro tipo de fuente de contaminación (FEDECACAO, 2016).

### Secado

El secado consiste en la remoción de humedad de los granos y es la etapa en la cual se busca mantener las características de calidad de los mismos (sabor, aroma, inocuidad, entre otras), obtenidas durante el proceso de producción y la fermentación. Los sistemas de secado de cacao son variados en los municipios de Nilo y Yacopi. Es importante tener en cuenta que el secado en piso, que es uno de los más comunes en Nilo, no es recomendable desde el punto de vista de inocuidad (sanidad), debido a la contaminación a la que está expuesto el grano por pisoteo de personas y excretas de animales. El secado debe hacerse en sistemas donde el grano esté protegido de la contaminación mencionada, tales como marquesinas, casa elba, secadores solares parabólicos o tipo túnel, en los cuales se obtendrán granos de buena calidad. Estos



**Figura 32.** Secadores de cacao: (A) Marquesina con cubierta a dos aguas. (B) Marquesina tipo túnel. (C) Casa Elba.

Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

sistemas de secado pueden ser muy eficientes si se operan de la manera adecuada, lo cual depende fundamentalmente de las condiciones climáticas predominantes en la finca, así como de su ubicación y orientación, buscando el menor sombrero y por lo tanto la mayor exposición a la luz del sol. El éxito del secado está determinado por la manera como se operen las cortinas o se realice la ventilación y de la remoción del grano dentro del secador. En términos generales se recomienda levantar las cortinas de los secadores cada 2 horas durante el primer día de secado y luego cada tres horas por un periodo de 15 minutos, esto con el fin de evacuar la humedad evaporada del producto hasta completar el secado. Durante los 15 minutos de apertura se debe remover total y completamente el grano con el fin de uniformizar su contenido de humedad, que al final del secado debe estar cercana al 7% según FEDECACAO (2016). La mejor señal de que el secado ha terminado es el resquebrajamiento o crujido que se siente al apretar un puñado de los granos en las primeras horas de la mañana. Al terminar el secado, en el interior de los granos se desarrolla la estructura arriñonada y el color pardo típico del cacao bien beneficiado (tabla 12) (FEDECACAO, 2016). Para efectos de comercialización es aconsejable utilizar los respectivos equipos de medición de humedad, lo cual da una mejor aproximación del contenido real de humedad presente en los granos. En Nilo, poco más de la mitad de los productores hace algún tipo de selección y clasificación del grano después del secado, en Yacopí esta práctica es poco usual.

**Tabla 12.** Características de los granos de cacao de acuerdo con su grado de fermentación.

<b>Características del grano seco</b>	<b>Grano BIEN fermentado</b>	<b>Grano INSUFICIENTEMENTE fermentado</b>	<b>Grano SIN fermentar</b>
<b>FORMA</b>	Hinchado "ciruelo"	Relativamente aplanado "plancha"	Aplanado en su mayoría
<b>COLOR EXTERNO</b>	Café oscuro, marrón "Carmelita"	Amarillo Claro o Amarillo Rojizo	Blanquecino o Rojizo
<b>TESTA O CUTÍCULA (Casarilla)</b>	Se desprende fácilmente con los dedos, quebradiza, se "desmigaja"	Desprende difícilmente con la uña	Casi no se desprende, fuertemente adherida
<b>CONSISTENCIA</b>	Fácilmente se convierte en harina al presionarlo entre los dedos. "Arriñonado"	Duro. Difícil de quebrar y desharinar con los dedos	Se dobla como caucho. Sólo se parte con navaja.
<b>ESTRUCTURA INTERNA</b>	Subdividido en segmentos visibles a simple vista	Enterizo. Como queso prensado	Compacto. Muy duro
<b>COLOR INTERNO</b>	Color "chocolate" (Marrón claro, café)	- Parcialmente pardo y parcialmente violáceo - Morado (púrpura o violáceo) en diferentes tonalidades	Gris oscuro (color pizarra)
<b>OLOR</b>	A chocolate, aromático, agradable	A vinagre. Desagradable	Sin olor o con olor a moho
<b>SABOR</b>	Medianamente amargo. Agradable	Amargo	Muy amargo

**Fuente:** Adaptado de FEDECACAO, 2012.

### **Embolsado y almacenamiento**

Una vez concluido el secado, para su posterior venta y/o almacenamiento, los granos de cacao deben ser embolsados en bolsas (de 50 kg) de nylon o costales de fique, en ese orden. No se debe utilizar empaques de agroquímicos. El almacenamiento del grano debe ser en un lugar limpio, seco, ventilado, separado de las paredes y sobre estibas de madera que lo separen del piso. No se debe almacenar ni transportar cacao junto con combustibles o agroquímicos porque el grano puede absorber el olor contaminante de aquellos. El almacenamiento se puede hacer también en bolsas plásticas reutilizables, que son unas bolsas especiales. La ventaja de éstas es que no dejan entrar ni salir humedad ni olores contaminantes. El problema es si el grano no está suficientemente seco, se puede enmohecer (FEDECACAO, 2016).

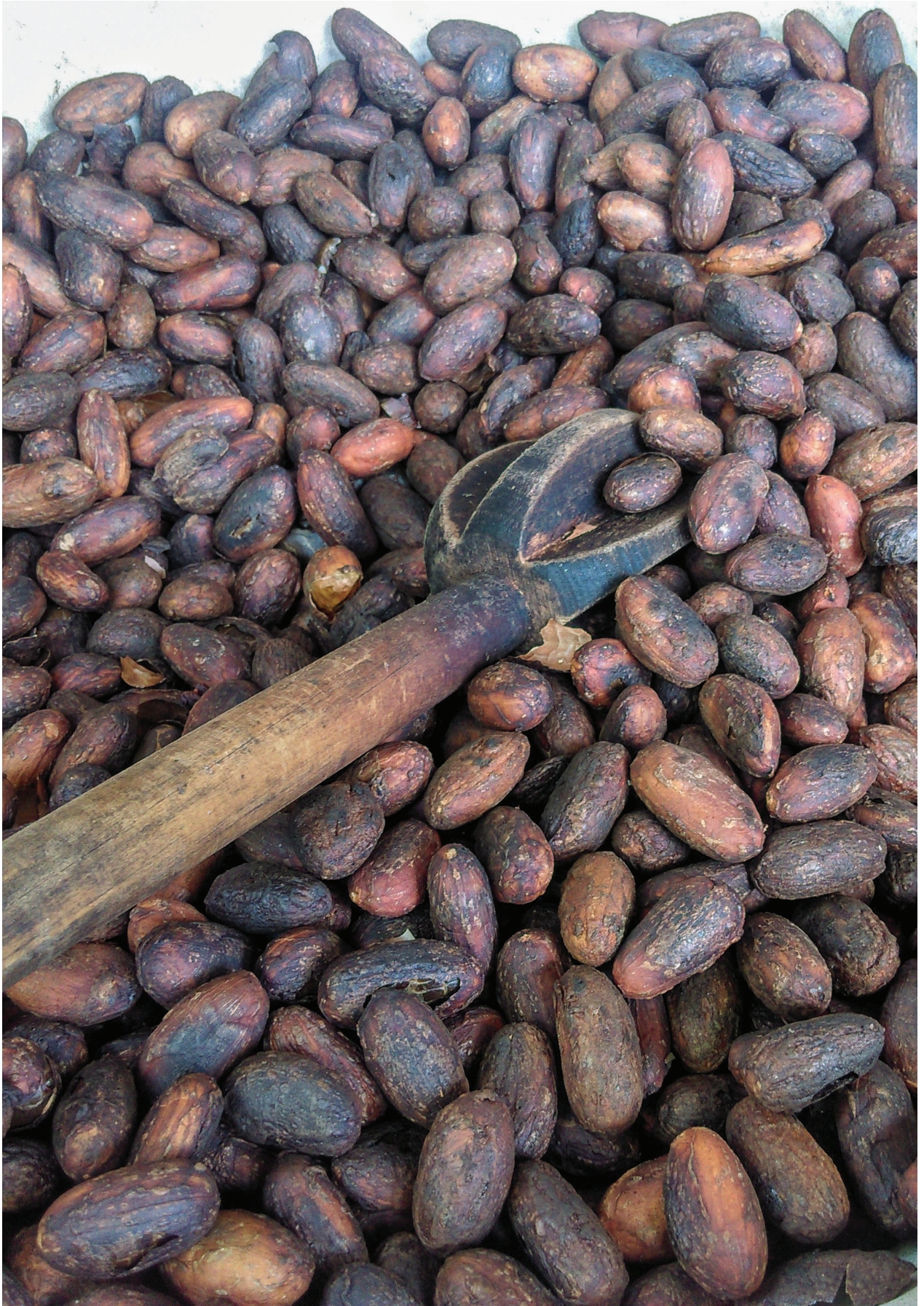


Foto: John Ladino Orjuela, 2017.

# Cadmio y calidad del grano de cacao

John Fernando Soler Arias, Martha Cecilia Henao Toro  
y Esperanza Torres Rojas

## Importancia de la calidad

El cacao es un alimento, y como todo alimento debe tener el conjunto de cualidades que le hacen aceptable a los consumidores. Estas cualidades son de tipo sensorial (sabor, olor, color, textura, forma y apariencia), higiénico (libre de elementos contaminantes) y químico (contenido nutricional). El cumplimiento de estas cualidades determina también la aceptación en el mercado del producto transformado a partir del cacao. Las cualidades mencionadas están determinadas por factores como variedad o tipo del cultivo, el lugar (zona o región) donde está el cultivo, su manejo (sanidad, nutrición, riego, etc.), el manejo de cosecha y poscosecha, así como la presencia de contaminantes biológicos, químicos y físicos (Perea *et al*, 2013). Las características físicas del grano de cacao son el tamaño y el peso del grano, así como su contenido de cascarilla, las cuales varían de acuerdo al material genético. La norma técnica colombiana NTC 1252 de 2003 define tres calidades para el grano de cacao seco: Premium, Corriente y Pasilla, además del contenido de impurezas. Tanto en Nilo como en Yacopí la calidad de grano de cacao que se vende en el mercado corresponde a Corriente en un 80% aproximadamente, el resto es una mezcla entre Corriente y Pasilla. En Nilo y Yacopí aún no se habla de calidad Premium debido principalmente a que la demanda local (intermediarios) aún no la reconoce a través de un mejor precio.

Como se indicó anteriormente, una de las cualidades de calidad del grano de cacao es la presencia o ausencia de contaminantes, entre ellos se cuenta el cadmio.

## Cadmio en cacao

El cadmio (Cd) es un metal pesado que se encuentra presente en algunos productos agrícolas, entre ellos el cacao. Ingerir cadmio a través de los alimentos puede resultar nocivo para la salud, especialmente cuando supera cierto límite. La Unión Europea, en la regulación 1881 de 2006, estableció un Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,6 mg/kg para cadmio en los productos derivados de cacao. Esta regulación entrará en vigencia a partir de 2019 (Jiménez, 2015), lo que indica que el grano de cacao o sus productos derivados deben contener niveles de cadmio menores, o en el peor de los casos ligeramente superiores a 1 mg/kg para poder ser exportados a los países de Europa.

Aunque el cadmio no es esencial para la planta, ésta lo toma del suelo y lo incorpora en sus tejidos. El cadmio presente en el suelo es heredado de las rocas sobre las cuales se forma (He *et al.*, 2015). La cantidad de cadmio disponible para la planta depende en gran medida de las propiedades del suelo como el pH y niveles de materia orgánica, entre otras; aunque los suelos de uso agrícola pueden presentar mayores niveles de cadmio disponible por la aplicación de fertilizantes fosfóricos y enmiendas. En algunos países de Suramérica este elemento ha sido detectado en los frutos de cacao en niveles más altos que en otras regiones productoras, con un nivel promedio reportado de 1,4 mg/kg (Bertoldi *et al.*, 2016).

En 2017 se ha realizado un diagnóstico de presencia de cadmio en 105 sistemas productivos de cacao en los municipios de Nilo y Yacopí. Los resultados muestran que hay cadmio en algunos suelos de ambas zonas, cuyos niveles son variables. También se han analizado los tejidos vegetales de la planta de cacao y su hojarasca del suelo. Como resultado se encontró presencia de cadmio en los tejidos analizados, también con niveles variables. De manera general, los niveles de presencia de cadmio en los tejidos vegetales va de mayor a menor en el siguiente orden: hojarasca, hojas, almendra, cacota (cáscara de la mazorca) y cascarilla (cubierta de la almendra).

La presencia de cadmio en algunos cultivos de cacao de Nilo y Yacopí plantea la necesidad de establecer estrategias de manejo para mejorar la calidad e inocuidad del fruto.

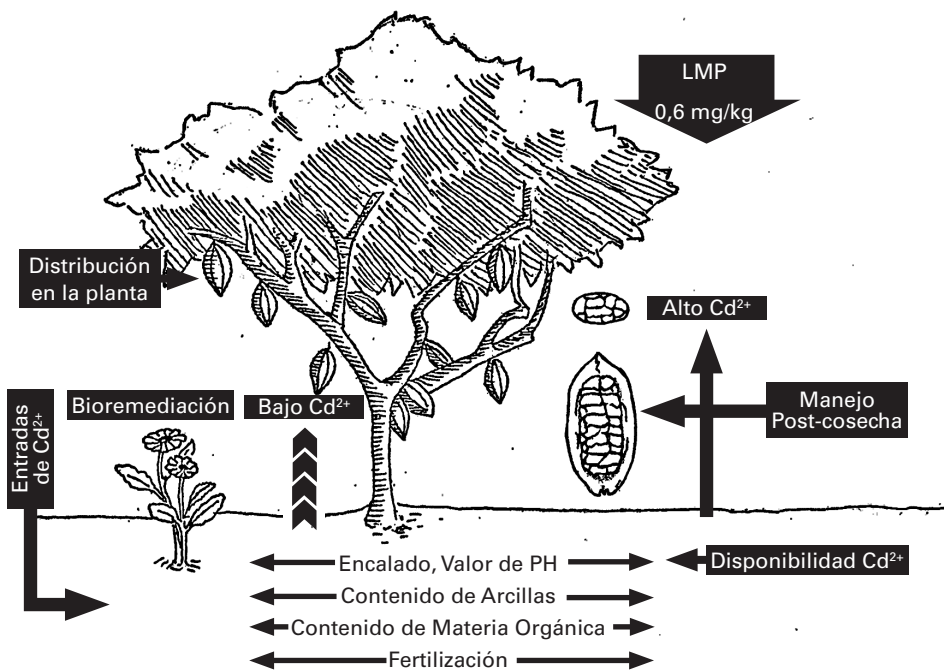
### **Medidas de mitigación de presencia de cadmio en cacao**

Con el propósito de hacer un manejo adecuado de presencia de cadmio en los sistemas productivos de cacao de Nilo y Yacopí, se sugiere considerar las siguientes medidas de mitigación, que a continuación se detallan.

1. Regular la entrada de cadmio a los suelos por el uso de insumos agrícolas. Se recomienda usar fertilizantes y cales con concentraciones de cadmio inferiores a 0,5 mg/kg. Los agricultores que compran fertilizantes y enmiendas podrían exigir que los proveedores les vendan productos con niveles bajos de cadmio, garantizados con análisis de laboratorio. También se deben evitar los fertilizantes que generan acidificación de suelo. La aplicación de cales de buena calidad favorece la baja disponibilidad del cadmio si se logra aumentar el pH del suelo por encima de 5,5.
2. Incluir el uso de microelementos (Zn, Fe, Mn y Ca) en los planes de fertilización para favorecer el antagonismo de estos elementos con el cadmio, principalmente el zinc, y así reducir la absorción de cadmio por la planta.
3. Emplear técnicas de bioremediación, que consisten en usar ciertos microorganismos y plantas con capacidad para acumular o metabolizar el cadmio presente en los suelos. Por un lado, las bacterias pueden acumular el cadmio en las paredes celulares evitando que lo tomen las plantas y los hongos. Éstas pueden absorber el cadmio y mantenerlo en su organismo durante toda su vida. Por otro lado, las micorrizas pueden favorecer los procesos de acumulación de cadmio en las raíces

evitando el transporte y translocación a otros tejidos de la planta. En cuanto a la fitoextracción, existen plantas hiperacumuladoras con capacidad de extraer grandes concentraciones de cadmio de los suelos (plantas del genero *Thalaspia*, *B. juncea*, *Averrhoa carambolo*, *A. haller*, *S. vulgaris* *B. vulgaris*, entre otras especies) reduciendo los contenidos totales y disponibles de cadmio en los suelos.

4. Seleccionar los genotipos (variedades) con menor capacidad de acumulación y translocación de cadmio al fruto.
5. Efectuar un buen manejo poscosecha. A través de la remoción de la testa (cascaquilla del grano) y transformación a licor de cacao se puede extraer cerca del 40% de los contenidos de cadmio en el grano (Mounicou *et al.*, 2003).
6. Reducir del ciclaje de cadmio. Si en algunos cultivos se obtienen granos de cacao con niveles relativamente altos de cadmio, y seguramente que la cacota y la hojarasca también contienen niveles altos del elemento. Por eso se debe evitar usar la cacota para compostarla y devolverla al cultivo como abono. Igualmente se debe retirar la hojarasca, al menos de la zona debajo del árbol, para que no se descomponga al pie de las plantas de cacao.



**Figura 33.** Mecanismos de mitigación para reducir el riesgo de contaminación de Cd en los suelos y la absorción y translocación en sistemas productivos de cacao.



## Literatura citada

- Adzimah, S. y Asiam, E. 2010. Design of a Cocoa Pod Splitting Machine. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 2(7). pp. 622-634.
- Agronet. 2016. Estadísticas Agrícolas. Área, producción, rendimiento y participación. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx> (Consultado: 15 de Feb., 2017).
- Agropecuarios.net. 2017. Riego y drenaje en el cultivo de cacao disponible en: <http://agropecuarios.net/riego-y-drenaje-en-el-cultivo-de-cacao.html> (Consultado 28 de Jul., 2017)
- Alarcón J., E. Arevalo, A. Diaz, J. Galindo, A. Rosero. s.f. Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): Medidas para la temporada invernal. pp11
- Alcaldía de Nilo. 2016. Nuestro municipio: información general. En: [http://www.nilo-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml#geografia](http://www.nilo-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia) (Consultado: 15 de Feb., 2017).
- Alcaldía de Yacopí. 2016. Nuestro municipio: información general. En: [http://www.yacopi-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml#geografia](http://www.yacopi-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia) (Consultado: 15 de Feb., 2017).
- Aldana, M. 2010. El injerto lateral o malayo: una práctica eficiente para la rehabilitación de árboles de cacao en Colombia USAID Programa MIDAS (No. Doc. 22673) CO-BAC, Bogotá).
- Alle, R.G., Howell, T.A. and Snyder, R.L. 2011. Irrigation water requirements. pp. 91-94. In: Stetson, L. and Mecham, B.Q., (ed.). Irrigation, Sixth edition. Irrigation Association. Falls Church, VA, USA.
- Arvelo, M.; Delgado, T.; Maroto, S.; Rivera, J.; Higuera, I.; Navarro, A. 2016. Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América. IICA. San José. C. R. 154p.
- Báez, N., 2008. Manejo de la arquitectura aérea del árbol de cacao "Poda de cono natural" FEDECACAO. San Vicente de Chucurí. 56p.
- Bailey, BA. Meinhardt, LW. 2016. Cacao Diseases. Switzerland. Springer International Publishing.
- Barreto M., J. Santos, R. Correa, E. Luz, J. Marelli, A. Souza. 2015. Detection of genetic resistance to cocoa black pod disease caused by three *Phytophthora* species. Euphytica. 15(1):p1490-1494
- Barrientos F., J.C. 2016. Diagnóstico del estado actual del cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca). Sub-proyecto Mejoramiento de la tecnología de producción de cacao en las provincias de Rionegro y Alto Magdalena, Cundinamarca. Proyecto Corredor Tecnológico Agroindustrial Derivado 2. Bogotá D.C.
- Bartok, J.W. 2009. Rainwater harvesting. University of Connecticut. NRME Department. Published by University of Massachusetts, Greenhouse crops and floriculture program. Amherst, USA.

- Batista, L; 2009. Guía Técnica del Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF. 250 p.
- Bermeo, P. 2017. Caracterización de la comunidad microbiana cultivable presente en suelos cacaoteros en el municipio de Nilo, Cundinamarca, como contribución al manejo de la fertilidad del suelo. Tesis de Pregrado. Dirección: Esperanza Torres Rojas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Bermeo, P. 2017. Evaluación de los requerimientos hídricos, actuales y futuros bajo escenarios de cambio climático en cultivos de cacao, en los municipios de Yacopí y Nilo, Cundinamarca. Informe Técnico. 24 p.
- Bertoldi, D., Barbero, A., Camin, F., Caligiani, A., & Larcher, R. 2016. Multielemental fingerprinting and geographic traceability of Theobroma cacao beans and cocoa products. Food Control, 65, 46-53. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.013>
- Braudeau, J. 1970. El cacao. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, Barcelona, España. 94-95 p.
- CABI. 2016. Crop Protection Compendium. Global module 7nd. Edition CAB International. UNK.
- Cáceres, J., Cordoba, A. 2017. NUTRICIÓN MINERAL DEL CULTIVO DE CACAO. Póster de presentación para capacitación Proyecto Cacao. Dirección: Stanislav Magnitskiy. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Cáceres, J., Soler, J. 2017. ALTERNATIVAS PARA DISMINUIR NIVELES DE CADMIO EN EL CULTIVO DE CACAO. Póster de presentación para capacitación Proyecto Cacao. Dirección: Martha Cecilia Henao. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Cáceres, J., Soler, J. 2017. El CADMIO Y EL CACAO. Póster de presentación para capacitación Proyecto Cacao. Dirección: Stanislav Magnitskiy. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Compañía Nacional de Chocolates. 2014. Guía para el cultivo del cacao. ISA. PNUD. 31 p.
- CATIE. 2012. El ciclo de vida y el manejo del cacaotal. Serie técnica. Materiales de extensión N° 6. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1° ed. Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- Crespo, E., y Crespo, F. 1997. Cultivo y beneficio del cacao CCN51. El Conejo. Quito, EC. 133 p.
- Cubillos, G. 2014. Introductory assays of the effects of entomopathogenic nematodes and *B. thuringiensis* on the Cocoa Pod Borer, *Carmentia foraseminis*. News of The Lepidopterists' Society Volume 56, Number 4. pp. 186, 189.
- Cubillos, G. 2013. Manual del Perforador de la Mazorca del Cacao *Carmentia foraseminis* (Busck) Eichlin. Compañía Nacional de Chocolates. 32 p.
- Daza, L., Velásquez, J. 2016. Caracterización de microorganismos con potencial para degradar celulosa, fijar nitrógeno y solubilizar fosfatos en un suelo cacaotero del municipio de Yacopí (Cundinamarca) como aporte al manejo de la fertilidad. Tesis de Pregrado. Dirección: Esperanza Torres Rojas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Durán R., Felipe. 2010. Cultivo y explotación del cacao. Grupo Latino Editores S.A.S., 1ra Ed. Colombia. 424 p.

- Echeverri, J. 2013. Tecnología moderna en la producción de cacao: Manual para productores orgánicos Vol. 2. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
- Evans H, Bastos C. 1979. Uma reavaliação do ciclo da vida da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacau. *Fitopatologia Brasileira* 4:104
- Evans H. 1981. Pod rot of Cacao caused by *Moniliophthora (Monilia) roreri*. *Phytopathological Papers* N° 24. Kew, England. Commonwealth Mycological Institute 44 p.
- Evans H. 1986. A reassessment of *Moniliophthora roreri* (Monilia) pod rot of cocoa. *Cocoa Grower's Bulletin* 37:34-43.
- FEDECACAO, 2017. Producción nacional de cacao. Estadísticas Nacionales Disponible en: <http://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-02-12-17-20-59/nacionales>
- FEDECACAO. 2016. Mejoramiento tecnológico del cultivo de cacao. 1ra Ed. Bogotá D.C. Panamericana Formas e Impresos S.A. 91p.
- FEDECACAO. 2015. Manejo de plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cacao. 98 p.
- FEDECACAO. 2015. Convenio de Asociación FEDECACAO MADR 20150859.
- FEDECACAO. 2012. Guía técnica para el cultivo del cacao. 5ta Ed. Bogotá D.C. Ediciones LCB Ltda. 189 p.
- FEDECACAO. 2004. Módulos Técnicos CACAO. PRONATTA. Bogotá. 54 p.
- FEDECACAO. 2001. Fundamentos para el establecimiento de cultivos de cacao de alta productividad. PPRONATTA. 26p.
- García L., Jairo; Romero C., Mandius y Ortiz, Lilia. 2005. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de cacao. Convenio CORPOICA-MINAGRICULTURA n° 034/2003. 74 p.
- González, L. 2012. Ficha técnica para el manejo del cultivo de cacao en el oriente del departamento de Caldas. Fundación Aceso. pp. 28, 29.
- Guest D. 2007. Black Pod: Diverse Pathogens with a Global Impact on Cocoa Yield. *The American Phytopathological Society*. 97(12):1650-1653
- He, S., He, Z., Yang, X., Stoffella, P. J., & Baligar, V. C. 2015. Chapter Four-Soil Biogeochemistry, Plant Physiology, and Phytoremediation of Cadmium-Contaminated Soils. *Advances in Agronomy*, 134, 135-225
- ICA. 2012 a. Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): medidas para la temporada invernal. 40 p.
- ICA. 2012 b. Inspección, vigilancia y control Barrenadores de fruto en cacao Caso especial: *Carmenta foraseminis* Eichlin (Lepidoptera:Sesiidae) Subgerencia de Protección Vegetal Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria Dirección Técnica de Sanidad Vegetal. Instituto Colombiano Agropecuario.
- ICCO (Organización Internacional del Cacao). 2016. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLII, No. 3, Cocoa year 2015/16. Disponible en [www.icco.com](http://www.icco.com).
- ICONTEC. 2003. Norma Técnica Colombiana, NTC 1252. Cacao en Grano. Bogotá D.C. ICONTEC.
- IGAC (Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"). 2000. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca Subdirección Agrológica, Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (Vol. 2). Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología.

- Isla, E., y Andrade B. 2009. Propuesta para el manejo del cacao orgánico. *Lima: Fundación Conservación Internacional.*
- Jaimes, Y. y Aranzazu, F. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en Monilia (*Moniliophthora roreri*). In: Hoyos L.M. (ed.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Colombia. 90 p
- Jaimes, Y. y Aranzazu, F. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). Rionegro, Colombia. pp. 30-33.
- Jiménez, C. S., 2015. Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad Estado legal mundial do cádmio em cacau (*Theobroma cacao*): fantasia ou realidade. *Producción Limpia*, 10 (1), 89-104.
- Leach, A. W., Mumford, J. D., & Krauss, U. 2002. Modeling *Moniliophthora roreri* in Costa Rica. *Crop Protection*, 21, 317–326.
- Leal, C. y Hernández, M. 1990. Aspectos bionómicos del perforador de la mazorca del cacao *Synanthedon theobromae* (Busck) (Lepidoptera: Sesiidae). Universidad Nacional de Colombia, Secc. Medellín. 79 p.
- Mejía, F., y Palencia, C. 2011. Abono orgánico: manejo y uso en el cultivo de cacao. Corpoica. ICPROC. Bucaramanga.
- Mounicou, S., Szpunar, J., Andrey, D., Blake, C., & Lobinski, R. 2003. Concentrations and bioavailability of cadmium and lead in cocoa powder and related products. *Food Additives & Contaminants*, 20(4), 343-352.
- Mujica, J., Barón, J. *et al.* 2007. Manejo productivo del cacao con énfasis en el control de la Monilia, en el departamento de Santander. ICA.
- Mujica J., D. Martínez. 2015. Manejo de plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cacao. Bogotá. pp39.
- Navarro M. y Mendoza I. 2006. Guía Técnica del Cultivo de Cacao en Sistemas Agroforestales. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio El Castillo, Río San Juan, Nicaragua. 67 p.
- Niemenak, N., Cilas, C., Rohsius, C., Bleiholder, H., Meier, U. y Lieberei R. 2009. Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 155.
- Nova, G., y Caro, F. 2014. Reforestación de micro cuencas. Cartilla N° 6. SENA. Subdirección de formación profesional y desarrollo social. 34 p.
- Palencia, G., y Gómez, R. 2009. *Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (Theobroma cacao L)* (No. Doc. 22465) CO-BAC, Bogotá).
- Parra D, Contreras I, y Pineda J. 2008. Escoba de bruja del cacao en Venezuela. Centro de Investigaciones del Estado Miranda (INIA). Venezuela. 53-56 p.
- Perea A., Aranzazu F. y Martínez N. 2013. Características del cacao de Colombia, catálogo de 26 cultivares. Universidad Nacional de Santander. Fedecacao. Bucaramanga, Colombia. pp 107.
- Perea, A., Martínez, N., Aranzazu, F. y Cadena, T. 2013. Características de calidad del cacao de Colombia. Catálogo de 26 cultivares. (1a ed.). Bucaramanga – Colombia. División de publicaciones UIS.
- Penagos, A. 2017. Informe de Practica Profesional Caracterización y evaluación del proceso de fermentación de cacao en los municipios de Nilo y Yacopí en Cundinamarca. Dirección: Aníbal Orlando Herrera. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

- Phillips-Mora W. 2008. Enfermedades del Cacao. IV Curso Internacional de cacao: Cacaocultura Moderna y su Papel en el Desarrollo Sostenible del Trópico Americano. Tropical Agricultural Research and Higher Education Center, Turrialba, Costa Rica. En línea: <http://intranet.catie.ac.cr/pcc/Divulgaci%C3%B3n/Presentaciones/Enfermedades%20del%20Cacao%20W.PHILLIPS.pdf>.
- Phillips W., Arciniegas A., Mata A. y Motamayor J. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Serie técnica. Manual técnico No. 105. 1º ed. Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 3ª. ed. 169-170.
- Porras VH y Sánchez LJ. 1991. Enfermedades del Cacao. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie: Tecnología, Comunicación y Desarrollo. Fascículo No. 5. La Lima, Cortes, Honduras. 14-16 p.
- Ramírez H., Gil Z., Benavides P. y Bustillo A. 2008. *Monalonion velezangeli*, la chinche de la chamusquina del café. Avances Técnicos 367. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Restrepo, J., y Hensel, J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. *Jairo Restrepo Rivera. Colombia*.
- Rodríguez, E. 2012. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*) Corpoica. (No. Doc. 22739) CO-BAC, Bogotá).
- Rodríguez, E. 2012. Manejo integrado de las enfermedades limitantes para la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Ibagué, Colombia. p. 33 – 53.
- Rodríguez E., A. Vera. 2015. Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora* sp.) en cacao. Bogotá. pp 17-25
- Rojas, F., Sacristán Sánchez, E. 2013. Guía ambiental para el cultivo del cacao 2 ed. (No. PDF 1025). FEDECACAO fondo nacional del Cacao. Bucaramanga.
- SENASICA y SAGARPA. 2016. Escoba de bruja del cacao. Ficha técnica N. 4. SENASICA. México D.F.
- Soler, Fernando. 2016. Resultados de análisis de presencia de cadmio en suelos de Nilo y Yacopí: Informe técnico.
- Surujdeo S., T. Sreenivasan, L. Motilal, P. Umaharan. 2016. Black Pod and Other Phytophthora Induced Diseases of Cacao: History, Biology, and Control. pp. 231-236. In: Bayley B., L. Meinhardt. Cacao Diseases A History of Old Enemies and New Encounters. Springer. Beltsville, Estados Unidos.
- Walker A., P. Van West. 2007. Zoospore development in the oomycetes. *Fungal Biol. Rev.* 21(1):10-18
- Universidad Nacional de Colombia. 2017. Laboratorio de Aguas y Suelos. ¿Cómo tomar las muestras de suelos, aguas y tejido vegetal? Disponible en [http://www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co/sites/default/files/IMGS/Aguas-como-muestras\\_2017.pdf](http://www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co/sites/default/files/IMGS/Aguas-como-muestras_2017.pdf)
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2010. Guía para la Producción de Patrones y Clones de Cacao en Vivero. Programa MIDAS.

- Vargas, A., Somarriba, E., y Carballo, M. 2005. Dinámica poblacional del chinche (*Monalonion dissimulatum* Dist.) y daño de mazorcas en plantaciones orgánicas de cacao del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas*, 43, 72-76.
- Vergara, J. 2005. Biología, manejo y control de la hormiga arriera. Gobernación del Valle. *Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia*.
- World meteorological Organization WMO. 2008. Guide to meteorological instruments and methods of observation. WMO-No. 8. 7th ed, updated 2010. Geneva, Switzerland.
- Zhang D. y Motilal L. 2016. Chapter 1. Origin, dispersal, and current global distribution of cacao genetic diversity. In: *Cacao Diseases. A history of old enemies and new encounters*. Cocoa Research Centre, The University of the West Indies, St Augustine, Trinidad and Tobago. 633 p.

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Guía técnica para el cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca) / [editores, Juan Carlos Barrientos Fuentes, John Anderson Ladino Orjuela y Wilson Iván Torres Díaz ; autores, John Anderson Ladino Orjuela [y otros veintiséis]]. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia : Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, 2019 (impresión de 2024)

1 recurso en línea (96 páginas) : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, fotografías, mapas

“Literatura citada”

ISBN 978-958-783-903-6 (digital)

1. Cacao -- Cultivo -- Nilo -- Yacopí -- Cundinamarca -- Colombia 2. *Theobroma cacao* 3. Manejo del cultivo 4. Propagación de plantas 5. Cacao -- Enfermedades y plagas 6. Medida fitosanitaria 7. Aplicación de abono 8. Poda 9. Plantas -- Efectos del cadmio 10. Cosecha 11. Tecnología postcosecha I. Barrientos Fuentes, Juan Carlos, 1970-, editor, autor de introducción II. Ladino Orjuela, John Anderson, 1987-, editor, autor III. Torres Díaz, Wilson Iván, editor

CDD-23 633.740986146 / 2024





Guía técnica para el cultivo de cacao en los  
municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca)  
se terminó de editar en la Universidad  
Nacional de Colombia en diciembre de  
2024. En su diseño se utilizaron fuentes  
Jenson y URW DIN.

Esta Guía técnica describe de manera sencilla todo el proceso de producción de cacao desde el establecimiento del cultivo hasta la obtención del grano seco, incluyendo su calidad. El temario inicia con la producción internacional, nacional y local de cacao, seguido de los requerimientos agroambientales del cultivo, modelo de siembra, propagación y establecimiento de las plantas de cacao, que incluye una fase de vivero; continúa con la descripción del manejo de la fertilidad, los requerimientos de riego, prácticas de poda y renovación; sigue con el manejo integrado de plagas y enfermedades; y concluye con aspectos relativos a la cosecha, poscosecha y calidad de grano. Todo lo anterior se desarrolla en el contexto territorial de los municipios Nilo y Yacopí del departamento Cundinamarca. Este documento tiene el propósito de servir de guía y consulta para productores cacaoteros y técnicos asesores en el cultivo de cacao.

La Guía técnica para el cultivo de cacao en los municipios Nilo y Yacopí (Cundinamarca) se ha elaborado en el marco del Subproyecto **Mejoramiento de la tecnología de producción de cacao en las provincias de Rionegro y Alto Magdalena, Cundinamarca**, que hace parte del Proyecto denominado Corredor Tecnológico Agroindustrial Derivado 2 (CTA – D2), en el cual participan la Secretaria de Ciencia Tecnología e Innovación del Departamento de Cundinamarca - SCTEI, la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico de Bogotá - SDDE, la Universidad Nacional de Colombia y Agrosavia. El financiamiento para la ejecución del Subproyecto como para elaboración y publicación de la Guía técnica proviene del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías denominado “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector Agropecuario Agroindustrial con el fin de mejorar todo el departamento de Cundinamarca y Centro Oriente”.

ISBN: 978-958-783-902-9

