

Establecimiento y manejo del cultivo de cacao en economías familiares

Sara Yuliana Robles-Rodas
Ellensol Caro-Tovar
Carmen Milena Guacaneme-Barrera
Marisol Medina-Sierra
Mario Fernando Cerón-Muñoz

Ciencias Agrarias

Establecimiento y manejo del cultivo de cacao en economías familiares

Sara Yuliana Robles-Rodas,
Ellensol Caro-Tovar,
Carmen Milena Guacaneme-Barrera,
Marisol Medina-Sierra y
Mario Fernando Cerón-Muñoz



Primera edición: abril de 2022

ISBNe: 978-628-7519-64-0

ISBN: 978-628-7519-63-3

Autores

Sara Yuliana Robles-Rodas,
profesional Laboratorios Territoriales
- Grupo GAMMA,
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad de Antioquia

Ellensol Caro-Tovar,
profesional Laboratorios Territoriales
- Grupo GAMMA,
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad de Antioquia

Carmen Milena Guacaneme-Barrera,
coordinadora Laboratorios Territoriales -
Grupo GAMMA,
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad de Antioquia

Marisol Medina-Sierra,
Grupo GAMMA,
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad de Antioquia

Mario Fernando Cerón-Muñoz,
Grupo GAMMA,
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad de Antioquia

Corrección de estilo:

Ari Vélez

Angélica Gómez

Diseño y diagramación:

Sandra Arango,
Oficio Gráfico



Este obra está bajo una licencia de
Creative Commons Reconocimiento- No Comercial-
Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.



Carrera 75 # 65-87;
Teléfonos: (604) 219 91 76
Medellín, Colombia



Página Web



Facebook

Todos los derechos reservados. El texto puede ser reproducido en todo o en parte y por cualquier medio citando la fuente. Esta publicación contó con el apoyo del CEDAIT –Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial El Carmen de Viboral, Antioquia, Occidente, subproyecto Implementación de los Laboratorios Territoriales en las subregiones del Bajo Cauca, Suroeste, Occidente y Urabá, liderado por la Universidad de Antioquia y la Universidad Católica de Oriente, con recursos del Sistema General de Regalías y la Gobernación de Antioquia

Contenido

Prólogo.....	7
Introducción.....	9
1. Establecimiento del cultivo de cacao.....	11
1.1 Preparación del terreno para la siembra	16
1.1.1. Distancia entre plantas para la siembra	18
1.1.2. Trazado	19
1.1.3. Cálculo de plantas a sembrar según el tipo de trazado.....	20
1.1.4. Establecimiento de sombrío transitorio y permanente	22
1.2 Siembra de cacao.....	25
1.2.1 Apertura de los hoyos.....	25
1.2.2 Preparación de los hoyos	25
1.2.3 Siembra o trasplante.....	28
2. Plan de fertilización para el cultivo de cacao y el sombrío transitorio y permanente.....	33
2.1 Fertilización para el cultivo de cacao	34
2.1.1 Fertilización edáfica en el cultivo de cacao.....	39
2.1.2 Fertilización foliar en el cultivo de cacao	40

2.1.3 Fertilización para el cultivo de plátano.....	40
2.1.4 Fertilización para el sombrío permanente aguacate	44
2.1.5 Fertilización para cultivo de coco	47
2.1.6 Fertilización para cultivos forestales	48
3. Clones de cacao	51
3.1 Autocompatibilidad, autoincompatibilidad, intercompatibilidad e interincompatibilidad en los clones de cacao	54
3.2 Propagación asexual o reproducción clonal	55
3.3 Tipos de injertos	56
4. Podas en el cultivo de cacao.....	61
4.1 Insumos y herramientas necesarias para las podas en el cultivo de cacao	62
4.2 Procedimiento para realizar adecuadamente las podas en el cultivo de cacao	62
5. Cosecha y beneficio en el cultivo de cacao	71
5.1 Normativa colombiana para el beneficio del cacao	71
5.2 Proceso de beneficio del grano de cacao.....	72
6. Plagas y enfermedades en el cultivo de cacao.....	87
6.1 Enfermedades en el cultivo de cacao	88
6.1.1 Monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>)	88
6.1.2 Fitóftora (<i>Pythophthora Sp</i>)	90
6.1.3 Escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>)	93

6.1.4 Rosellinia o llaga estrellada (<i>Rosellinia pepo</i>).....	97
6.1.5 Ceratocystis (<i>Ceratocystis fimbriata</i>)	98
6.2 Plagas en el cultivo de Cacao.....	99
6.2.1 Monalonion (<i>Monalonion dissimulatum</i>).....	99
6.2.2 Hormigas.....	101
6.2.3 Anillador de Ramas (<i>Ischioloncha sp</i>)	102
6.2.4 Chinche Negro (<i>Mecistorhinus pallesceus</i>).....	102
6.2.5 Carmenta negra (<i>Carmenta foraseminis</i>) y Carmenta amarilla (<i>Carmenta theobromae</i>).....	102
6.3 Animales benéficos	104
Glosario.....	105
Referencias bibliográficas	109

Establecimiento y manejo del cultivo de cacao en economías familiares

Sara Yuliana Robles-Rodas, Ellensol Caro-Tovar, Carmen Milena Guacaneme-Barrera, Marisol Medina-Sierra y Mario Fernando Cerón-Muñoz (Autores)

Fondo Editorial Biogénesis, 2022

Número de páginas: 118

ISBNe: 978-628-7519-64-0

ISBN: 978-628-7519-63-3

Prólogo. Introducción. Establecimiento del cultivo de cacao. Plan de fertilización para el cultivo de cacao y el sombrío transitorio y permanente. Clones de cacao. Podas en el cultivo de cacao. Cosecha y beneficio en el cultivo de cacao. Glosario.

Prólogo

Este libro es el resultado de la recopilación de material didáctico para el acompañamiento y asistencia técnica de familias productoras de cacao de Cauca y Necoclí en el proyecto de investigación y extensión “Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial El Carmen de Viboral, Antioquia, Occidente”, subproyecto de “Implementación de los Laboratorios Territoriales (LT) en las subregiones del Bajo Cauca, Suroeste, Occidente y Urabá”, liderado por la Universidad de Antioquia y la Universidad Católica de Oriente, con recursos del Sistema General de Regalías y la Gobernación de Antioquia. Los LT son espacios de construcción colectiva de conocimiento con las comunidades para la transferencia y adopción de tecnologías apropiadas, la integración de actores locales y, en especial, la búsqueda invaluable de la felicidad y la satisfacción de necesidades de los núcleos familiares campesinos en sus entornos productivos.

El libro comprende temáticas relacionadas con el establecimiento, la fertilización, clones, uso de sombríos, la poda, la cosecha, el beneficio, las enfermedades y las plagas. Se presentan ejemplos de las principales prácticas para el manejo del cacao, las cuales se ilustran por medio de un registro fotográfico y se sustentan con literatura adecuada para las condiciones colombianas.

GAMMA: Agrociencias, Biodiversidad y Territorio

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Antioquia

Introducción

Colombia posee una amplia variabilidad climática y agroecológica con potencial productivo para el cultivo de cacao (García, Romero y Ortiz, 2007), lo cual permite que las familias campesinas establezcan este cultivo en sus fincas y parcelas para su sustento. Recientemente se ha evidenciado un aumento de la producción de cacao en Colombia: de 59.740 toneladas producidas en el 2019 se pasó a 63.416 toneladas de cacao en el 2020, lo que representa un crecimiento del 6% (Federación Nacional de Cacaoteros [Fedecacao], 2021). Lo anterior evidencia el aumento de la productividad de este cultivo, así como el arduo trabajo de los productores que le han apostado a la siembra del cultivo de cacao.

Los ingresos obtenidos por el cultivo de cacao en Colombia dinamizan la economía campesina. El cultivo de cacao genera 165.000 empleos rurales, de los cuales 73.000 son directos y 92.000 son indirectos. El país cuenta con 65.341 familias productoras de cacao con áreas de siembra pequeñas, de 3,3 ha en promedio (MADR, 2020). El cacao es

catalogado como un cultivo de subsistencia del cual las familias campesinas obtienen el 75% de sus ingresos (Superintendencia de Industria y Comercio, 2012); por consiguiente, es necesario dar soporte técnico adecuado para que los productores aprovechen esta oportunidad en la economía rural colombiana.

Este libro es un documento orientador para aquellas familias campesinas que quieran establecer el cultivo de cacao y también para familias productoras con cultivo ya establecido que estén interesadas en mejorar sus cultivos o realizar las labores de forma más eficiente y planificada. Este libro es apto para cualquier lector pues las temáticas se explican de manera detallada, además cuenta con ilustraciones que facilitan la comprensión.



1. Establecimiento del cultivo de cacao

El establecimiento del cultivo de cacao inicia con la selección de un terreno ideal. Primero, es necesario que cumpla con las condiciones agroclimáticas adecuadas para el cultivo de cacao: la temperatura mínima requerida es entre 18 a 21 °C y máxima 30 a 32°C; debe tener precipitaciones de 1500 a 2000 mm al año y la altura ideal es entre los 0 y los 900 msnm (Dostert et al., 2011). Posteriormente se lleva a cabo un análisis físico-químico de los suelos para determinar sus aptitudes y deficiencias y así garantizar una producción sostenible. El proceso previo al establecimiento del cultivo incluye la preparación del terreno para la siembra, la organización y planeación de labores, la definición de la época de establecimiento y el tipo de trazado a utilizar (Quiroz y Mestanza, 2012).

A continuación se explica cómo se llevan a cabo una adecuada muestra de suelo y foliar:

Análisis físico y químico del suelo

Un análisis físico-químico permite identificar la cantidad de elementos mayores y menores disponibles en el suelo, los

cuales son necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta, así como para identificar si se requieren nutrientes o enmiendas correctivas (Garrido, 1994; Borrero, 2009 y Microfertisa, 2016).

Es necesario realizar una adecuada recolección de la muestra de suelo: se debe evitar tomar la muestra en un solo lugar, en potreros recién fertilizados, encharcados o junto a las cercas o caminos. Tomar las muestras así genera resultados errados que conllevan a la construcción de un plan de fertilización inadecuado (Microfertisa, 2016).

En su guía para la toma de muestras de suelo, Agrosavia (2017) establece los siguientes pasos para hacerlo correctamente:

Paso 1. Alistar los materiales: mapa de la finca, palín, cuchillo o machete, barreno, balde, básculas, bolsas, marcadores, rótulos y cinta.

Paso 2. Diseñar el plan de muestreo: definir las áreas para muestrear teniendo en cuenta lo siguiente: a) áreas a cultivar, b) lotes homogéneos, c) que no haya recibido recientemente aplicación de enmiendas, fertilizantes u otros agroinsumos, d) se recomiendan 10 submuestras por muestra distribuidas aleatoriamente en el terreno, preferiblemente que sigan una línea en zigzag.

Paso 3. Quitar la capa vegetal de los puntos de muestreo: limpiar con machete, pala o palín un área de 40x40 cm y 3 cm de profundidad, eliminando la cubierta vegetal (retirar la capa vegetal, hojarasca u otros).

Paso 4. Recolecta de la submuestra: hacer un hoyo en V con la pala o palín a una profundidad de 30 a 40 cm, tomar una tajada de la pared del hoyo de 2 a 3 cm de espesor y luego eliminar bordes para evitar contaminación. Para cultivo de árboles establecidos se debe muestrear en la zona de la gotera del árbol (Figura 1), pues allí están la mayoría de las raíces.



Figura 1. Toma de submuestra de suelo con palín y eliminación de bordes con machete

Paso 5. Depositar la submuestra en un balde (Figura 2).



Figura 2. Recolección de submuestras de suelo

Paso 6. Juntar y mezclar las submuestras de una muestra: se deben romper los terrones, retirar las raíces grandes, piedras u otros y mezclar para homogeneizar la muestra.

Paso 7. Organizar e identificar la muestra: después de mezclar las submuestras de suelo tomadas del lote se debe pesar 1 kilo de suelo, colocarlo en doble bolsa de plástico limpia y marcar para su identifica-

ción con la siguiente información: fecha de muestreo, nombre del lote, nombre de la finca, nombre del productor, cultivo establecido o por establecer, información de la última fertilización que se le realizó al lote, topografía y drenaje y, de ser posible, el punto de georreferenciación. De lo contrario, llenar la información solicitada en el formato adquirido previamente del laboratorio al que se enviará la muestra (Figura 3).



Figura 3. Empaque y marcación de la muestra de suelo

Paso 8. Enviar la muestra al laboratorio: esto se debe hacer lo más pronto posible. De lo contrario, mantenerla en lugar fresco, seco y oscuro, es preferible refrigerar a 4 grados.

Se recomienda tomar la muestra de suelo 2 o 3 meses antes de la siembra (Laboratorio Laserex, sf), de esta forma se asegura que se contará con el tiempo suficiente para recibir los resultados, analizarlos y elaborar el plan de fertilización. Una recomendación general es repetir el mues-



treo para el análisis al menos cada dos años; sin embargo, la frecuencia de muestreo depende de muchos aspectos como el uso del suelo, los planes de manejo agronómico, entre otros. Además, se debe tener en cuenta que para el momento de la toma de muestras no es conveniente fumar ni manipular las herramientas o el suelo sin guantes, de esta manera se evita la contaminación (Schweizer, 2010).

Análisis foliar

La toma de una muestra foliar es una práctica que puede ser alterada si se toma de manera incorrecta. Según Microfertisa (2016), la metodología a seguir para la toma de muestra foliar es:

Paso 1. Alistar materiales: bolsas de papel, guantes, báscula, rótulos y cinta, se recomienda no usar utensilios metálicos.

Paso 2. Diseño del plan de muestreo: realizar el muestreo en horas de la mañana, en plantas que se encuentren en pico de floración. Se debe realizar en hojas ubicadas en el tercio medio de la planta, en las ramas que están en los cuatro lados opuestos, para escoger hojas verdes bien desarrolladas con tejido fuerte. Evitar aquellas hojas que están envejeciendo.

Paso 3. Juntar y mezclar las submuestras para una muestra: son necesarias mínimo 8 submuestras por hectárea, estas deben estar conformadas por 20 o 25 hojas de la cuarta hoja de la rama (Figura 4) (Puentes et al, 2014). Dado el efecto residual no se pueden muestrear hojas con daños mecánicos o afectadas por plagas o enfermedades o plantas con aplicaciones recientes de fertilizantes, fungicidas, insecticidas u otros. Todas las submuestras se mezclan y se saca una muestra con peso entre 300 y 500 gramos. Usar guantes para este proceso.

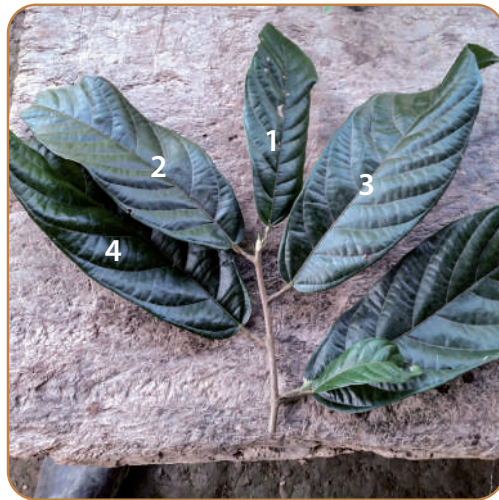


Figura 4. Ubicación de la cuarta hoja en la rama

Paso 4. Organizar e identificar la muestra: colocar las hojas dentro de la bolsa de papel e identificar con el nombre del propietario, teléfono, nombre de la finca, ubicación (vereda) y los datos del cultivo, edad y fecha de muestreo.

Paso 5. Enviar la muestra: enviar la muestra lo más pronto posible, sin superar los 3 días después de realizado el muestreo. Durante este tiempo se debe almacenar la muestra en la parte baja de la nevera evitando la exposición a la radiación solar y eléctrica.

La Tabla 1 indica las especificaciones para tomar una muestra foliar en los cultivos de cacao, plátano y aguacate.

I.1 Preparación del terreno para la siembra

Las labores de preparación de terreno donde se pretenda establecer un cultivo de cacao y el sombrío permanente y transitorio dependen del estado del terreno. En casos en los que se posea excesivo sombrío este



Tabla 1. Época y órgano para muestrear para análisis foliar en aguacate, plátano y cacao

Cultivo	Época de muestreo	Órgano de la planta a muestrear	Cantidad
Cacao	Floración	Cuarta hoja bien formada del ápice hacia debajo de cada rama	20 - 25
Plátano	Primeras manos visibles	Parte media de tercera hoja, sin incluir vena central	20 - 30
Aguacate	Antes de la floración	Hojas recién maduras	30 - 40

Fuente: adaptado de Microfertisa (2016)

se deberá eliminar parcialmente y dejar solo los árboles deseables mediante un raleo selectivo que permita obtener un trazado y distancias de siembra acordes a cada zona. Con este método se logra una distribución ordenada de las plantas y se facilita el manejo de la plantación (Cárdenas, 1972). El método más efectivo para el raleo o eliminación de árboles es el uso de arboricidas. Los arboricidas son productos químicos que se inyectan anillando el árbol, lo cual provoca su muerte de raíz y evita que queden restos de raíces en el suelo que puedan provocar enfermedades en las raíces del cacao, como la Rosellinia o raíz estrellada (Cueva, 2013). Para proteger los árboles nativos se recomienda eliminar árboles solamente cuando sea estrictamente necesario, es decir, cuando en el terreno exista un excesivo sombrío.

Las malezas se deben controlar, ya sea de forma mecánica, con una guadaña o machete o de forma química, con herbicidas, usando las dosis recomendadas por un profesional agrícola.

En terrenos donde se encuentran establecidos cultivos de pancoger se recomienda que, luego de ser aprovechados, se repique el material vegetal en partes pequeñas para facilitar la descomposición y la incor-

poración al suelo de elementos nutricionales de materia orgánica. Se deben evitar las quemas al momento de sembrar ya que generan daños en el ambiente como: (i) afectación del hábitat de la lombriz de tierra, lo cual incide negativamente en la penetración y drenaje de las aguas del suelo y (ii) reducción de la fauna, especialmente de las aves que huyen buscando protección; además, conlleva a problemas de salud como enfermedades respiratorias por la inhalación de humo que puede causar intoxicación cuando ingresa a los pulmones (Alvarado, 2007).

Debido a que el cacao no soporta más de 10 días con el agua represada, una actividad importante en la preparación del terreno es la construcción de drenajes por medio de canales superficiales en aquellos terrenos donde se acumule el agua o no drene fácilmente. Estos drenajes ayudan a airear y a mejorar la estructura del suelo, lo cual permite que las raíces se desarrollen mejor. Se recomienda construir un canal principal, con pala o palín, de 0,80 metros de ancho por 0,5 a 1 metros de profundidad, un canal secundario de 0,40 metros de ancho y de 0,25 a 0,5 metros de profundidad y un canal terciario de 0,20 metros de ancho y 0,13 a 0,25 metros de profundidad (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009).

1.1.1 Distancia entre plantas para la siembra

Existen varios elementos determinantes para definir la distancia de siembra: la variedad de planta a utilizar (forestal, frutal o una especie forrajera), la arquitectura de la planta, el clima, el sombrero y la forma en que se realizan las labores culturales y su periodicidad (Quiroz y Mestanza, 2012). Es importante conocer todas las variables mencionadas anteriormente ya que, por ejemplo, si se utiliza una distancia de siembra amplia entonces hay menor número de plantas sembradas o, si hay menor distancia, las ramas de una planta y otra se pueden cruzar y producir autosombreado, lo que provoca un aumento en la humedad por la falta de entrada de la



luz y puede conllevar a la presencia de enfermedades y a la reducción en la producción por la baja actividad fotosintética (Díaz y Soto, 2015).

1.1.2 Trazado

El trazado es el diseño o esquema con el que se determina la distribución, distancia y cantidad de plantas requeridas para el establecimiento del cultivo. El tipo de trazado depende de la forma del terreno y se debe llevar a cabo luego de definir la distancia de siembra (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA], 1991). El trazado permite ver cómo quedará establecido el cultivo, con lo cual se evita que al momento de sembrar queden mal ubicadas las plantas o que la siembra no quede uniforme.

Los tipos de trazado más utilizados para el cacao son cuadrado, triángulo o tresbolillo y curvas de nivel; este último es el tipo de trazado que se usa para terrenos en ladera o pendiente (IICA,1993). Las características de cada tipo se mencionan a continuación:

- *Trazado en cuadro:* debe ser usado en terrenos planos, puesto que en terrenos pendientes el agua corre por las calles y genera deslizamiento del suelo. En este trazado el tamaño de las estacas varía según la distancia de siembra, por ejemplo, si se va a utilizar una distancia de siembra de 4 metros por 4 metros se deben usar 1 o 2 estacas de cuatro metros (SENA,1991). El trazado en cuadro se representa en la Figura 5.
- *Trazado en triángulo o tresbolillo:* consiste en colocar cada planta en la esquina de un triángulo equilátero, para ello es necesario que antes de hacer el trazado se marque una línea guía en el terreno con dos varas iguales a distancia de siembra (SENA,1991), como se representa en la Figura 6.



Figura 5. Trazado en cuadrado en sombrío transitorio de plátano



Figura 6. Trazado en tresbolillo en cultivo de plátano para sombrío transitorio (derecha) y realización de trazado para establecimiento de cultivo de plátano con varas de madera (izquierda)

- *Trazado en curvas de nivel:* se realiza en terrenos con pendientes superiores al 13% para que el agua evacue más fácil, con esto se disminuye la posibilidad de que el terreno se erosione y se desprenda. Para hacer este trazado se debe marcar primero una línea madre o guía, la distancia entre línea y línea debe ser cuatro veces mayor a la distancia de siembra (IICA,1993).

1.1.3 Cálculo de plantas a sembrar según el tipo de trazado

Después de seleccionar el tipo de trazado se hacen los cálculos para conocer el número de plantas que se necesitan para establecer el cultivo.



En la Tabla 2 se presenta el número aproximado de árboles según la distancia de siembra.

Tabla 2. Distancias de siembra de cacao y número de árboles por hectárea (100 m*100 m)

Sistema	Distancia (m)	Bordes (m)	Número aproximado de plantas por fila	Número aproximado de filas	Número aproximado de plantas por ha	Número de plantas según Fedecacao ¹
Cuadrado	3	1,5	33	33	1.089	1.111
Cuadrado	3,5	1,75	29	29	841	816
Cuadrado	4	2	25	25	625	625
Rectángulo	3 y 4	1,5 y 2	33	25	825	833
Triángulo	3 (base 3 y altura 2,6)	1,5 y 3	33 y 32	19 y 19	1.235	1.282
Triángulo	3,5 (base 3,5 y altura 3,03)	1,75 y 3,5	29 y 28	16 y 16	912	942
Triángulo	4 (base 4 y altura 3,46)	2 y 4	25 y 24	14 y 14	686	721

Fuente: elaboración propia y Fedecacao¹ (2015)

Además del área total y la distancia entre plantas, el número de plántulas para un terreno dependerá de la inclinación, las áreas de los bordes, la presencia de áreas internas no usadas (por presencia de rocas de gran tamaño, árboles, áreas degradadas o que se presume que tendrá baja productividad, etc.), entre otros.

Para apoyar la planeación de la siembra se sugiere hacer un croquis del potrero a sembrar indicando los puntos cardinales. Existen aplicaciones digitales que se pueden descargar en el celular para calcular las áreas y

hacer el mapa de la finca. Marque las áreas no útiles para la siembra en el croquis. Si el potrero tiene una forma irregular es importante que trate de identificar las figuras geométricas más representativas (cuadrados, rectángulos y triángulos) e intente calcular las áreas de estas figuras. En lo posible, procure marcar puntos con las posiciones de las plantas o hacer una malla (cuadriculada) y realice el conteo aproximado de plantas a sembrar por potrero. En la Figura 7 tenemos un dibujo de un potrero a sembrar.

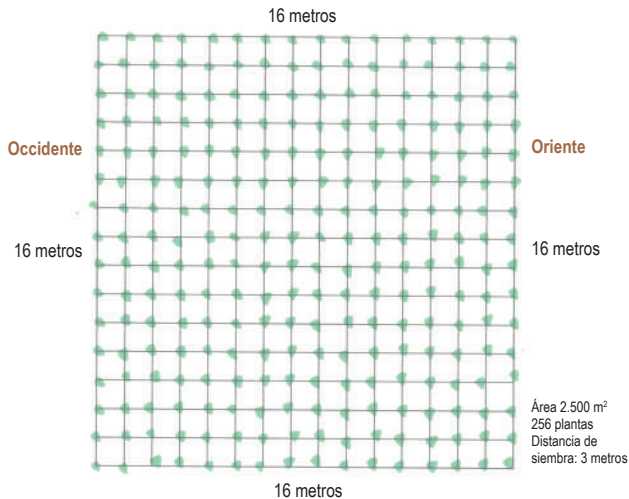


Figura 7. Ejemplo de mapa trazado a mano alzada de las áreas de un potrero como referente para establecer el área real a sembrar eliminando las áreas no aprovechables para identificar la forma geométrica que tendrá el trazado (cuadrado)

1.1.4 Establecimiento de sombrío transitorio y permanente

Durante su etapa de crecimiento (desde la siembra hasta los 3 años) el cacao necesita de sombríos transitorios que suministren un 70% de sombra. Una vez transcurridos 3 años, y ya iniciada su etapa productiva, se reducen los requerimientos de sombra a un 30%; esta puede ser pro-



vista por un sombrío permanente (Johnson, Bonilla y Agüero, 2008). Es preferible utilizar sombríos que generen alguna utilidad adicional.

Sombrío Transitorio

Las especies que se utilizan más comúnmente como sombrío transitorio según Fedecaco (2015) son: el plátano (*Musa AAB*), el banano (*Musa AAA*), el matarratón (*Gliricidia sepium*), la higuera (*Ricinus communis*), el maracuyá (*Passiflora edulis*) y la papaya (*Carica papaya*). Los sombríos transitorios más utilizados en Colombia son el plátano y el chopo o topocho (*Musa ABB*), esto se debe a su fácil manejo, su rápido crecimiento y a que contribuyen a la seguridad alimentaria de las familias campesinas (Ministerio de Agricultura [MADR], 2014).

Se recomienda intercalar el cultivo de cacao con el cultivo transitorio, asegurando el sombrío de las plantas de cacao hasta los primeros tres años de vida. El plátano deberá ser establecido de 6 a 7 meses antes de sembrar el cacao para que pueda suministrar sombra (Procacaho, 2016a). Se recomienda emplear el mismo sistema de siembra y distancias que en el cacao para facilitar el trabajo al momento de establecer este último (Figura 8).

Sombrío permanente

El sombrío permanente se siembra para acompañar el cacao en su vida adulta o etapa productiva. Como se mencionó anteriormente, en esta etapa el cacao necesita solo el 30% de sombra por lo que se recomienda eliminar progresivamente el sombrío transitorio hasta dejar solamente el sombrío permanente.

Las especies más utilizadas para sombrío permanente en Colombia son: Abarco (*Cariniana pyriformis*), Cedro (*Cedrela odorata*), Cedro cebollero (*Switenia macrophylla*), Coco (*Cocos nucifera*), Melina (*Gmelina arborea*),



Figura 8. Sombríos transitorios de plátano establecidos en un trazado cuadrado y una distancia de siembra de 4 m

Guayacán (*Guaiacum officinale*), Aguacate (*Persea americana*), Zapote (*Pouteria sapote*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Roble rosado (*Tabebuia rosea*), Choiba (*Dipteryx oleifera*) y Teca (*Tectona grandis*) (Fedecacao, 2015; Arvelo et al., 2017b; Compañía Nacional de Chocolates [CNCH], 2021a) (Figura 9).



Figura 9. Sombríos permanentes usados en el establecimiento de parcelas demostrativas de los LT en Necoclí y Caucasia: coco (izquierda), aguacate (centro) y abarco (derecha)



La densidad de siembra del sombrío permanente depende de las especies a sembrar (maderables o frutales), la zona y la frondosidad de la copa en etapa adulta. Sin embargo, Arvelo et al. (2017b) establecen una distancia de 15 m por 15 m para sombríos permanentes en el cultivo de cacao. Si se decide utilizar las especies mencionadas anteriormente es necesario que el productor tenga conocimiento sobre su manejo y sobre cómo se realizan oportuna y correctamente la podas y el manejo de la altura.

1.2 Siembra de cacao

La siembra de cacao inicia con el trazado demarcado en campo para conocer dónde se ubicará cada una de las plantas de cacao. Posteriormente se realiza la apertura de los hoyos de siembra y, por último, el trasplante de la planta en bolsa al suelo.

1.2.1 Apertura de los hoyos

Se recomienda que los hoyos tengan un diámetro de 40 cm por 40 cm de profundidad. Con esto se busca separar la primera capa de suelo (primeros 10 a 20 cm), que se caracteriza por tener un color oscuro y un alto contenido de materia orgánica, la cual se utilizará posteriormente en el llenado del hoyo (Larrea, 2008). La apertura del hoyo se hace con palín, pala o paladraga (Figura 10). El ahoyado permite aireación y descompactación del suelo para que las raíces puedan extenderse y profundizar con facilidad.

1.2.2 Preparación de los hoyos

La preparación de los hoyos se debe hacer antes de la siembra y teniendo en cuenta el resultado del análisis de suelos, dado que en terrenos



Figura 10. Apertura de hoyos para la siembra de plántulas de cacao

donde el pH es menor a 5.5 es necesario aplicar enmiendas agrícolas tales como cal dolomita, roca fosfórica o calfos. La elección de la fuente y la cantidad a usar depende de lo reportado en el análisis de suelos. Se recomienda aplicar la enmienda en el fondo y en las paredes del hoyo (Borrero, 2009) (Figura 11). Es de suma importancia contar con la asesoría de un ingeniero agrónomo para evitar daños, quemaduras o problemas nutricionales en la planta.

Las dosis se deben aplicar según las recomendaciones emitidas en los resultados del análisis del suelo; cuando no se tienen dichos resultados se puede optar por incorporar al suelo extraído del hoyo un kilo de materia orgánica compostada mezclada con 200 g de cal dolomita. Esta actividad deberá ser realizada 20 o 30 días antes de la siembra de los sombríos y el cacao para evitar que las plantas se quemen (Siembra, 2020).

En caso de no tener un análisis de suelo que indique el pH, se sugiere recorrer el terreno donde establecerá el cultivo y observar plantas indicadoras de suelos pobres y ácidos como la Shapumba o el Helecho águi-



Figura 11. Aplicación de cal en la preparación del hoyo para la siembra

la (*Pteridium equilinum*) y el rabo de zorro (*Andropogon bicornis*) (Proamazonia, 2003). Estas plantas, conocidas popularmente como malezas, crecen en suelos ácidos o deficientes de nutrientes y pueden ayudar posteriormente a la protección del suelo.

La materia orgánica o compost se puede comprar u obtener de los recursos disponibles en la finca, como árboles o troncos descompuestos, estiércol de vaca, hojarasca y demás residuos de origen orgánico. Es necesario que estos recursos estén muy bien compostados, pues un compost inmaduro puede causar malos olores y atraer insectos cuando se almacena. En cuanto a su aplicación en el suelo, un compost inmaduro continúa su proceso de descomposición en la tierra y puede quemar las raíces de las plantas o favorecer la aparición de insectos que les causan daños (Barrera, 2006).

Las micorrizas son un producto biológico cuyo ingrediente activo es fúngico –es decir, hongos habitantes nativos del suelo– y vienen mezcladas con suelo donde normalmente se multiplican. Estos hongos ayudan en la translocación de fósforo y nitrógeno del suelo hacia las plantas mediante procesos simbióticos (Blanco y Salas, 1997). Durante

la siembra se debe aplicar, con el suelo húmedo, 200 g de suelo con raíces micorrizadas por hoyo y luego agregar un poco de abono orgánico (Mejía y Palencia, 2002). Al entrar en contacto con el suelo, las micorrizas buscarán hacer simbiosis con las raíces; esto incrementa la absorción de los nutrientes y del agua, lo cual posibilita un mejor crecimiento y rendimiento en las plantas (Noda, 2009). El uso de las micorrizas no es obligatorio en la siembra y no genera efectos negativos en las plantas.

Para evitar una sobredosis de productos es necesario contar con un recipiente con la medida exacta que se agregará por hoyo, este puede ser construido con materiales de reciclaje disponibles en el predio (Figura 12).



Figura 12. Recipientes dosificadores contruidos con material reciclado

1.2.3 Siembra o trasplante

La siembra de las plántulas de cacao a sitio definitivo se debe hacer con cuidado para evitar que se presenten muertes en las plantas o daño en las raíces. En su guía técnica de cacao el Instituto para el Desarrollo y la Democracia [IPADE] (2009) indica cómo se debe realizar la siembra:

La época ideal para la siembra es al inicio o final de las lluvias. Tomar la plántula en la mano y, aún con la bolsa, medir el hoyo para asegurar que



esta quede al nivel del suelo; las raíces se pudren si la planta queda por debajo del nivel y la planta se maltrata si queda por encima (Figura 13).



Figura 13. Planta de cacao sembrada a nivel del suelo

Quitar la bolsa y, sin que se desmorone el pilón de suelo, ubicar la planta en el hoyo de forma que quede en la mitad y derecha (Figura 14).



Figura 14. Retiro de la bolsa plástica preservando el pilón del suelo

Terminar de agregar el suelo desmenuzando los terrones y ejercer presión moderada alrededor de la plántula sembrada para evitar espacios donde se pueda acumular agua. Este procedimiento puede aplicarse de igual manera para las especies de sombrío transitorio y maderables de sombrío permanente. Es preferible hacerlo en las horas más frescas del día.

Si en el momento de la siembra el sombrío transitorio no cuenta con las condiciones para ofertar el 70% de sombra, se puede optar por otras alternativas de apoyo usando materiales disponibles en la finca. En la Figura 15 se observa el uso de palmito para proteger las plantas de la luz solar directa.



Figura 15. Alternativa de apoyo para sombrío usando palmito

Fedecacao y el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta) (2001) señalan que se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Aclimatar las plántulas, para lo cual se debe realizar una exposición paulatina al sol durante 15 días antes de la siembra.



- Trasplantar plantas que visualmente sean vigorosas y se encuentren en buen estado. Las plántulas que son injertadas en vivero se trasplantan a los 3 meses de edad, cuando se observan 6 hojas completas y bien formadas. Para plantas que se injertarán en campo se realiza el trasplante a los 2 meses de edad (Arvelo et al., 2017a).
- Eliminar plantas que presenten deformación o cambio de dirección en la raíz (cola de marrano) (Figura 16). Las plantas con raíces deformadas presentan dificultad para absorber el agua y los nutrientes del suelo, lo cual provoca un crecimiento lento, amarillamiento y caída de las hojas y, en algunas ocasiones, la detención en el crecimiento de la planta (Rivera, 2018). Todas las plantas con deformación en la raíz deben ser descartadas.



Figura 16. Plántulas de cacao con raíces deformadas



2. Plan de fertilización para el cultivo de cacao y el sombrío transitorio y permanente

El diseño de un plan de fertilización requiere de un resultado de análisis de suelo veraz que incluya el aporte de elementos mayores y menores según la necesidad del suelo. Los elementos mayores primarios son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K); los mayores secundarios son: Calcio (Ca), Azufre (S) y Magnesio (Mg) y los elementos menores son: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Boro (B) y Zinc (Zn) (QuimiNet, 2007).

La aplicación de fertilizantes debe considerar el tipo de cultivo, la edad del cultivo, el intervalo de aplicación entre productos, las condiciones ambientales (verano o invierno) y las prácticas en campo como el control de malezas, el control fitosanitario y las podas. En la siguiente sección se recomiendan los planes de fertilización para los cultivos de cacao, plátano, frutales y maderables.

2.1 Fertilización para el cultivo de cacao

El cacao, como cualquier planta, necesita nutrientes en todas sus etapas (crecimiento, juvenil y adulto o en producción). La falta de elementos nutricionales en una planta puede generar un deterioro prematuro, disminuir la cantidad y calidad de los frutos y aumentar la susceptibilidad a enfermedades sanitarias. Por el contrario, los cultivos de cacao que cuentan con un plan de fertilización presentan mayores rendimientos en producción y tolerancia a factores ambientales, plagas y enfermedades (Fedecacao, 2015).

Síntomas de deficiencias nutricionales en las plantas de cacao

La Corporación PBA (2012) afirma que estos problemas de nutrición son generados por la deficiencia de elementos mayores y menores. A continuación se ofrece información sobre algunos de ellos.

- **Nitrógeno (N):** es un elemento mayor que tiene la facilidad de trasladarse a cualquier parte de la planta. La ausencia de nitrógeno en las plantas se evidencia a simple vista por falta de pigmento verde en las hojas (Figura 17). Al aumentar la luminosidad aumenta la intensidad del síntoma, es decir, cuanto más expuestas al sol están las plantas más visibles son los bajos niveles de N, pues presentan áreas de color amarillo pálido entre las venas de las hojas. Cuando hay poco N en la planta las hojas bajas se tornan de un color amarillento (Corporación PBA, 2012).
- **Fósforo (P):** este es un elemento mayor, su deficiencia provoca un crecimiento tardío en las plantas, desarrollo anormal en raíces (frágiles y baja cantidad de raíces) y frutos (fallas en el proceso de maduración) (Uniban, 2021), desarrollo incompleto de las hojas pequeñas, decoloración de las hojas adultas en bordes y las puntas, mayor



Figura 17. Síntomas de plántulas en vivero con deficiencia de Nitrógeno: falta de pigmentación verde en hojas

palidez en las hojas jóvenes que en las venas y quemadura en las puntas de las hojas (Figura 18). Además, las hojas maduras pueden desarrollar un color verde fuerte y las bases de las hojas permanecen incluso después que la hoja no está (Fedecacao y MADR, 2011).

- **Potasio (K):** es uno de los elementos mayores más importantes en la nutrición de las plantas de cacao. Las hojas adultas con deficiencia de potasio se tornan de color amarillo o naranja y se caen con facilidad; además, las hojas jóvenes son cada vez más pequeñas. Otro síntoma es la aparición de parches intervenales de color verde amarillento pálido en el borde de las hojas, parches que después se necrosan (Figura 19). También los tallos y las ramas se vuelven débiles (Corporación PBA, 2012).



Figura 18. Síntomas de plántulas de vivero con 2 meses de siembra donde se evidencia deficiencia de fósforo: retraso en el crecimiento y hojas alargadas (izquierda) y planta de vivero sana con 2 meses de siembra (derecha)

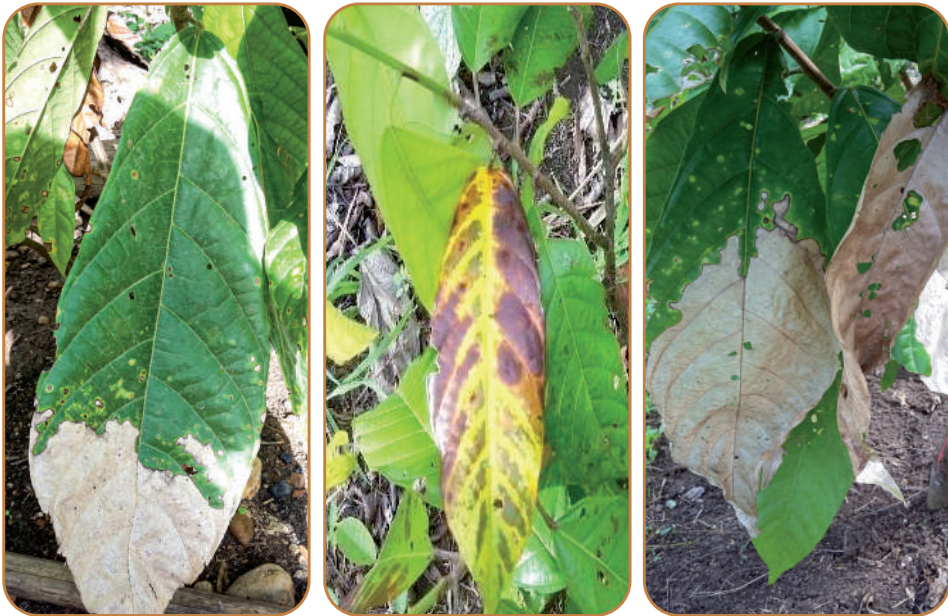


Figura 19. Coloración en hojas de cacao causada por deficiencia de potasio



- **Azufre (S):** los síntomas de la deficiencia de azufre son difíciles de diferenciar ya que son similares a los síntomas de deficiencia de nitrógeno: las primeras hojas presentan un color pálido brillante, incluso en la vena central, pero no hay reducción en el tamaño de las hojas (Corporación BPA, 2012).

En la Figura 20 se observa la deficiencia nutricional de varios elementos. La deficiencia de boro se evidencia por el enroscamiento en hojas, la deficiencia de calcio por la deformación en hojas y la falta de tejido duro y la deficiencia de fósforo por el encorvamiento de las plantas.



Figura 20. Deficiencia de boro, de calcio y de fósforo

Tasas de extracción de nutrientes en el cultivo de cacao

Por lo general la aplicación de fertilizantes por pequeños productores en cultivos de cacao se realiza sin asesoría técnica, lo cual genera daños ambientales y elevados costos de producción. Leiva-Rojas y Ramírez-Pisco (2017) mencionan la importancia de conocer la extracción y acumulación de nutrientes en el cultivo de cacao para tomar medidas acertadas en el plan de fertilización y asegurar la disponibilidad adecuada de nu-

trientes en cada etapa de vida de la planta de cacao. Puentes et al. (2014) aconsejan usar cantidades apropiadas de nutrientes que dependerán del tipo de clon, lo cual incide en las finanzas del sistema productivo y en el ambiente. En la Tabla 3 se relaciona el contenido de nutrientes en grano seco y la extracción por tonelada en grano seco. En la Tabla 4 se presenta la relación cuantitativa de la extracción acumulada de nutrientes totales en árboles de cacao (Leiva-Rojas y Ramírez-Pisco, 2017).

Tabla 3. Contenido de nutrientes por grano seco (5,5% de humedad) descascarado y extracción de nutrientes por tonelada en grano seco en el municipio de Chigorodó

Zona de vida	Edad del cultivo	Elementos								
		%					mg /Kg			
		N	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Cu	Zn
Bosque húmedo tropical	8 años	2,37	1,07	12	0,36	0,51	23,3	26,2	21,1	43,5
Extracción de nutrientes por tonelada de grano seco										
Zona de vida	Edad del cultivo	Kg					g			
		N	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Cu	Zn
Bosque húmedo tropical	8 años	24	11	1,2	3,6	5,1	23,3	26,2	21,1	43,5

Fuente: adaptado de Leiva-Rojas y Ramírez-Pisco (2017)

Tabla 4. Relación cuantitativa de la extracción acumulada de nutrientes totales en árboles de cacao según la edad del cultivo en el municipio de Chigorodó

Edad del cultivo	N	K	Ca	Mg	P	S
4 años	0,94	1	0,9	0,38	0,13	0,06
8 años	0,97	1	0,93	0,42	0,13	0,05
10 años	1,06	1	1,16	0,5	0,14	0,07
15 años	0,85	1	0,86	0,4		0,06
30 años	0,89	1	0,83	0,28		0,08

Fuente: adaptado de Leiva-Rojas y Ramírez-Pisco (2017)



Estudios realizados por Leiva-Rojas y Ramírez-Pisco (2017) concluyeron que el mayor contenido de nutrientes del árbol de cacao se encuentra concentrado en las hojas, de modo que una fertilización efectiva debe tener en cuenta todos los elementos presentes en la biomasa del árbol incluyendo la extracción de los granos cosechados.

2.1.1 Fertilización edáfica en el cultivo de cacao

Con los resultados de los análisis de suelo y foliar se procede a la aplicación de fertilizantes edáficos en el cultivo de cacao (Figura 21). En términos generales se pueden tomar como referencia los valores presentados en la Tabla 5, la cual presenta las fuentes y los porcentajes de cada elemento mayor o menor en los diferentes fertilizantes del mercado.



Figura 21. Aplicación de fertilizantes edáficos en el cultivo de cacao

Tabla 5. Fertilización edáfica para cultivo de cacao después de la siembra

Fertilizante	15 días después del trasplante		4 meses después de la siembra	
	Fuente	g/planta	Fuente	g/planta
Mayores	17N- 6P - 18K	30	17 N- 6 P - 18K	60
	0-0-60K	20	0-0-60(K)	50
Menores	3N-0P-0-K 6S-2,5B-0,5 Cu-17Si-15 Zn	20	3N-0P-0-K 6S-2,5B-0,5 Cu-17Si-15 Zn	20
Enmiendas	26 Ca-12 Mg-5S	50	26 Ca-12 Mg-5S	50

Fuente: adaptado de Microfertisa (2016)

2.1.2 Fertilización foliar en el cultivo de cacao

La fertilización foliar en cacao hace referencia a la aplicación de productos fertilizantes a las hojas, estos productos pueden ser líquidos o en polvo. Se recomienda hacer la fertilización foliar en época seca (verano) y en horas de la mañana o la tarde (Microfertisa, 2016). En la Tabla 6 se muestran las fuentes y porcentajes de elementos mayores y menores que poseen los fertilizantes comerciales.

Tabla 6. Fertilización foliar para cultivo de cacao

Tipo de fertilizante	Primer semestre		Segundo semestre	
	Fuente	g/20litros	Fuente	g/20litros
Menores	50N-0P-0K-3 Mg-4,5S	150	50N-0P-0K-3 Mg-4,5S	150
Bioestimulantes	Bioestimulantes 10N-30P-10K-1,5Mg-4 Aminoácidos	100	Bioestimulantes 10N-30P-10K-1,5Mg-4 Aminoácidos	100

Fuente: adaptado de Microfertisa (2016)

2.1.3 Fertilización para el cultivo de plátano

El cultivo de plátano es el sustento económico para las familias campesinas mientras inicia el ciclo de producción del cultivo de cacao. A con-



tinuación se mencionan algunos síntomas que muestran estas plantas cuando hay falta de nutrición.

Síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo transitorio de plátano

Al igual que en el cultivo de cacao, el plátano muestra síntomas de deficiencia que no se deben pasar por alto pues pueden acentuarse si no se atienden a tiempo. A continuación se señalan las características señaladas por Uniban (2021) para la identificación de las principales deficiencias nutricionales por observación, según la deficiencia del nutriente presenta en la planta de plátano.

- **Nitrógeno:** se presentan síntomas como poco grosor en el pseudotallo y poca producción de colinos, en caso extremo se evidencia en el pseudotallo y en los peciolo un color rojizo (Uniban, 2021).
- **Potasio:** las hojas viejas se tornan de color amarillo y se enrollan hacia adentro; luego se vuelven de color café y mueren prematuramente, también afecta los racimos pues no hay buen llenado y el sabor es insípido (Uniban, 2021).
- **Azufre:** en el plátano, la principal característica de la deficiencia es la clorosis brillante en la hoja bandera (Uniban, 2021).
- **Boro:** esta deficiencia es comúnmente llamada rabo de zorro o tabaco, se caracteriza porque la hoja bandera (Figura 22) tiene problemas para desenvolverse y crecer y por un enrollamiento hacia la nervadura central.
- **Calcio:** su deficiencia se caracteriza por la aparición de zonas de color blanco en hojas nuevas, reducción de la lámina foliar y necrosamiento.
- **Magnesio:** es un elemento móvil y los síntomas de deficiencia son similares a las del nitrógeno, las deficiencias son más visibles en hojas que reciben el sol directo a orillas de los cultivos.

- **Zinc:** la ausencia de este elemento inmóvil puede generar franjas blancas contiguas a la nervadura central de las hojas nuevas, disminución de la lámina foliar, color rojizo por debajo de la hoja, racimos pequeños y deformes. Además, puede desencadenar la muerte de la yema apical.



Figura 22. La hoja bandera de plátano se ubica en la parte superior de la planta y se caracteriza por su posición erecta, izada como una bandera

Fertilización edáfica en el sombrío transitorio de plátano

La fertilización en las primeras etapas de crecimiento del plátano es fundamental para el desarrollo futuro. Por ello se recomienda que la primera aplicación se realice cuando la planta tenga entre 3 y 5 semanas de edad y muy cerca de la plántula, ya que tiene pocas raíces (Figura 23) (Colección Educativa Guatemala, s.f).

A los dos meses es recomendable aportar 40 g de urea por planta y repetir la aplicación a los 3 meses, con 50 g de urea por planta, y luego



Figura 23. Aplicación de fertilizantes edáficos en plátano alrededor de la planta

a los 4 meses, con 50 g de urea por planta. En el quinto mes se deben aplicar 60 g de un fertilizante rico en potasio por planta para obtener racimos grandes. De igual manera, en plantas adultas se sugiere que se aplique una fórmula rica en potasio (60 g/planta) repartida en 6 aplicaciones al año (Colección Educativa Guatemala, s.f).

En la Tabla 7 se muestran las fuentes y porcentajes de elementos mayores y menores de algunos productos comerciales edáficos para el establecimiento y el sostenimiento del cultivo de plátano.

Fertilización foliar en el sombrío transitorio de plátano

La fertilización foliar en plátano es muy común y sencilla de realizar dado el gran tamaño de las hojas. Es recomendable hacerla en épocas secas para ejecutar ferti-riego. En la Tabla 8 se muestran las fuentes y porcentajes de elementos mayores y menores de productos comerciales a usar en la fertilización foliar.

Tabla 7. Fertilización edáfica para cultivo de plátano

Ciclo	Producto	Dosis
Siembra (aplicación en hueco)	Materia orgánica	500 gr
	5N -15P -15K	60 gr
	Micorriza	200 gr/planta
	Hidroretenedor	1 litro/hidratado
2 meses	15N-0P-0K-25Ca / 21N-0P-0K+1Ca + 7,5 Mg	40 gr/planta
4 meses	46N-0P-0K-14SO ₃ / 21N 0P-0K-24S/46N -0P-0K	40 gr/planta
6 meses	3N-0P-0K-6S-2,5B-0,5Cu-17Si-15Zn	20 gr/planta
8 meses	23N-0-30P	60 gr/planta
10 meses	15N-4P-23K-4Mg-2S / 0-0-60k	60 gr/planta

Fuente: adaptado de Agenda Producción Plátano Uniban (2021)

Tabla 8. Fertilización foliar para cultivo de plátano

Ciclo	Producto	Dosis
1 (enero)	42N -3P--3K- Fitohormona	1g/1 litro de agua
2 (febrero)	5N- 5P- 5K- 7Mg- 9AAL*	1 cm ³ /1 litro de agua
3 (marzo)	10N- 30P- 10K- 1,5Mg- 4AAL*	1 cm ³ /1 litro de agua

*AAL = Aminoácidos libres

Fuente: adaptado de Uniban (2021)

2.1.4 Fertilización para el sombrío permanente aguacate

La fertilización para el cultivo de aguacate se divide en tres etapas: (i) formación de tejidos y crecimiento, (ii) floración y (iii) llenado de frutos. A continuación se mencionan los requerimientos nutricionales, según la etapa, que señala Corpoica (2008):



- **Formación de tejidos y crecimiento:** la siembra de aguacate se realiza en época de invierno y requiere de la aplicación de productos nitrogenados: 4 aplicaciones entre 3 g y 5 g en el primer año para promover un mayor crecimiento (Figura 24) (Colección Educativa Guatemala, s.f).



Figura 24. Aguacate con 2 meses de trasplantado de 80 cm aproximadamente (derecha), la misma planta de aguacate con 14 meses de trasplantado donde muestra formación de tejidos y crecimiento (3 metros de altura aproximadamente) (izquierda)

- **Floración:** esta etapa normalmente inicia a partir de los 4 años, pero depende de la variedad de la planta. El árbol demanda gran cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y calcio. Se deben incorporar al suelo unos días antes de iniciar esta etapa para asegurar su disponibilidad.
- **Llenado de fruta:** este ciclo se da entre los 4 y 7 meses después de la floración y depende de la variedad de aguacate y las condiciones climáticas. La dosis de fertilización irá en aumento según el desa-

rollo del fruto. Los elementos más importantes en esta etapa son nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

Fertilización edáfica y foliar en el cultivo de aguacate

Existen muchas variedades, tipos de climas y formas de reproducción para el cultivo de aguacate, de acuerdo con ello varía también el inicio de producción. Algunos materiales propagados por semilla inician la producción hasta después de 4 años de establecidos y se estabilizan a los 9, otros cultivos injertados inician producción a los 2 años y se estabilizan a los 4, con lo cual logran una vida útil de 15 años (Corpoica, 2008). En la Tabla 9 se presentan algunas opciones para la aplicación de fertilizantes al suelo.

Tabla 9. Fertilización edáfica para cultivo de aguacate

Tipo de elementos	Floración		Llenado de fruto	
	Fuente	g/plan	Fuente	g/plan
Mayores	15N	300	17N-6P-18K	250
	0-0-25Mg 0,3S			
	0-0-60K	50	0-0-60K	50
Menores	3N-0K-0-6S-2,5B-0,5Cu-17Si-15Zn	100	3N-3P-0-15Ca-5Mg-1,5S-1B-0,75Cu-1Mg-2,2Zn	400

Fuente: adaptado de Microfertisa (2016)

La fertilización foliar en el cultivo de aguacate es adicional, está ligada a las necesidades del cultivo según los análisis previos. Se recomienda los fertilizantes foliares quelatados (compuesto en el que un nutriente metálico es ligado con un producto biológico para formar un compuesto soluble disponible para las plantas) dada su mayor eficiencia respecto a otro tipo fertilizantes foliares. De igual manera, se sugiere usar fertilizantes foliares con boro en una dosis de 1 cm³ por litro de agua (Colección Educativa Guatemala (s.f.)).



2.1.5 Fertilización para cultivo de coco

El cultivo cocotero es considerado una opción para sombrero de cacao (Figura 20), su fertilización está influenciada por los resultados de los análisis de suelos y foliares. Además, se deben tener en cuenta aspectos como la producción, la variedad y la edad del cultivo (Lizano, 2018). Es importante tener presente que las aplicaciones de fertilizantes edáficos se deben realizar en época de lluvia. En los suelos arcillosos o francos se pueden hacer dos aplicaciones por año, ya que estos atrapan más nutrientes. La aplicación de fertilizantes se debe hacer en forma circular, guardando una distancia entre aplicación y planta de 15 cm. La distancia de aplicación se aumenta a medida que crece planta, hasta llegar a los 2 metros (Lizano, 2018).

Fertilización edáfica en el cultivo de coco

Se seleccionan productos fertilizantes edáficos y foliares que suplan los déficits nutricionales en las plantas. La Tabla 10 presenta opciones para la fertilización en cultivos cocoteros.

Tabla 10. Fertilización edáfica para cultivo cocotero

Fuente	Primer semestre	Segundo semestre
	Cantidad	Cantidad
18N-46P (DAP)	70 gr/ planta	100 gr/planta
Fungicida	1 litro /200 litros de agua	-
Insecticida	1 cm ³ /litro de agua	-
Materia orgánica	5 lb	-
Micorriza	200 gr/planta	-
46N-0P-0K	50 gr/planta	70 gr/planta

Fuente: adaptado de Lizcano (2018)

El hidróxido de cobre tiene componentes fungicidas en el cultivo de coco y ayuda a la planta contra cualquier ataque de hongos. La dosis

recomendada por Microfertisa (2016) es de 20 gramos por bomba de 20 litros. Una buena fertilización asegura un crecimiento adecuado (Figura 25).



Figura 25. Resultados de la aplicación del plan de fertilización para coco (planta de 4 meses de edad)

2.1.6 Fertilización para cultivos forestales

La dinámica de crecimiento en las plantaciones forestales genera una demanda variable de nutrientes, por ello es necesario el aporte de nutrientes en suelos de baja fertilidad. Las necesidades de fertilización se presentan con mayor relevancia para algunos elementos como nitrógeno, fósforo y potasio (Barrera, s.f). En esta sección se hablará del abarco (*Cariniana pyriformis*).

Plan de fertilización del abarco

Las especies forestales tienen la capacidad de buscar alimento en lo más profundo al romper con sus raíces los horizontes del suelo (Camacho y



Montero, 2005). La fertilización para cultivos forestales es importante, dada su arquitectura grande y fuerte de entre 30 y 40 metros. En la Tabla 11 se presentan opciones de productos fertilizantes para los primeros meses de establecimiento del abarco.

Tabla 11. Fertilización edáfica para el abarco

Fuente	Establecimiento	Primer semestre	Segundo semestre
	gr/planta	gr/planta	gr/planta
15N-15P-15K	30	100	200
46N-0-0	-	102	107
3N-0P-0-6S-2,5B-0,5Cu-17Si-15Zn	3	10	15
Micorriza	500		
Hidroretenedor	1 litro/hidratado		
Materia orgánica	500		

Fuente: adaptado de Microfertisa, 2016

En la asociación de los cultivos de cacao, plátano, frutales y forestales se deben tener en cuenta las condiciones de cada zona (clima, suelos y economía), buscar sombríos aptos y contribuir a la seguridad alimentaria de los habitantes rurales.



3. Clones de cacao

Es posible conseguir un cultivo de cacao altamente productivo, tolerante a plagas y enfermedades, de fácil manejo y que se adapte a la zona, este es el sueño del productor de cacao al momento de establecer el cultivo si se utilizan variedades mejoradas y se hacen labores oportunas y adecuadas para el cultivo (Phillips et al., 2012).

La productividad está muy determinada por el método de propagación usado. La propagación por semilla no es recomendada, pues la polinización cruzada genera variación de las características y de su desempeño productivo. Como no es posible saber de qué planta se obtuvo el polen al momento de la fecundación, las plantas que nacen pueden tener diferentes características (Procacaho, 2006b). La semilla se usa para la producción de plantas para patronaje y el patrón es el encargado de recibir la yema del clon a injertar (Corpoica, 2007).

En vista de lo anterior, se hace necesario obtener plantas con características iguales. Ambesi-Impiombato (2000) menciona que “la clonación es el procedimiento de obtener una población de varios individuos genéticamente

homogéneos a partir de uno solo mediante reproducción asexual” (p. 1). En pocas palabras, un clon es la copia idéntica de una planta original que fue seleccionada por sus buenas características, lo cual garantiza que los nuevos individuos tendrán esas mismas cualidades.

Resulta pertinente estudiar las características de cada variedad y su adaptación a la zona en la que se sembrará el cultivo; Fedecacao argumenta que la única forma de asegurar la alta productividad en el cultivo de cacao es sembrando materiales provenientes de clones universales y regionales (Fedecacao - Programa Nacional de Transferencia [Pronatta], 2000). Los clones universales provienen de otros países y se adaptan muy bien a las condiciones de nuestro país, mientras que los clones regionales son los provenientes de Colombia. En la Tabla 12 se mencionan los clones regionales autorizados por el ICA.

Tabla 12. Clones de cacao aceptados por el ICA en Colombia

Código ICA	Variedad híbrida	Creador	Zona de adaptación
CAO-14-002	TCS 06	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA	Región natural andina - zona montaña santandereana
CAO-14-001	TCS 01	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA	Región natural andina - zona montaña santandereana
CAO -17-011	TCS 13 (Theobroma corpoica La Suiza)	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA	Montaña santandereana y Magdalena Medio
CAO -17-012	TCS 19 (Theobroma corpoica La Suiza)	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA	Montaña santandereana y Magdalena Medio



Código ICA	Variedad híbrida	Creador	Zona de adaptación
CAO-14-006	FEAR 5	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-14-007	FEC 2	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-14-009	FLE 2	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-14-010	FLE 3	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-14-004	FSA 12	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-14-005	FSA 13	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-14-008	FSV 41	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-17-13	FSV 155	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona andina y montaña santandereana
CAO-14-003	FTA 2	Federación Nacional de Cacaoteros - Fedecacao	Zona montaña santandereana y zona piedemonte llanero
CAO-20-014	CNCh 12	Compañía Nacional de Chocolates S.A.S.	Caribe (caribe seco – caribe húmedo)
CAO-20-015	CNCh 12	Compañía Nacional de Chocolates S.A.S.	Caribe (caribe seco – caribe húmedo)

Fuente: ICA (2021)

3.1 Autocompatibilidad, autoincompatibilidad, intercompatibilidad e interincompatibilidad en los clones de cacao

Otra causa de la baja productividad es la incompatibilidad y la interincompatibilidad entre las plantas de cacao. Estas no son más que un fenómeno genético-químico que permite la entrada del polen a la planta por autopolinización o el polen de otra planta vecina por polinización. Si no se da alguno de estos procesos la flor no puede ser fecundada y no habrá formación de frutos (Centro de Exportaciones e Inversiones Nicaragua [CEI], 2014).

Los clones de cacao se clasifican en clones autocompatibles, autoincompatibles, interincompatibles e intercompatibles (Tabla 12) (Díaz y Urbina, 2015). A continuación se explica en qué consiste cada uno:

- **Clones autocompatibles:** hace referencia a la capacidad que tiene la flor de polinizarse con el polen de ella misma o con el polen de otras flores del mismo árbol, con una efectividad mayor del 30% (Aranzazu, Martínez y Rincón, 2008).
- **Clones autoincompatibles:** la flor no consigue fecundarse con polen de ella misma o fecundar las flores de la misma planta (Díaz y Urbina, 2015).
- **Clones intercompatibles:** el polen que está en las flores del árbol puede fecundar las flores de árboles vecinos (CEI, 2014).
- **Clones interincompatibles:** el polen que está en las flores del árbol no puede fecundar a las flores de árboles vecinos (CEI, 2014).

El productor debe conocer las características de compatibilidad antes de comprar el material vegetal, para lo cual se puede asesorar con el



vendedor o, en el mejor de los casos, con un profesional en el área. Así el productor podrá escoger los clones adecuados que puedan fecundar entre sí, a sí mismos o que por el contrario no puedan fecundar a otros árboles. Sin embargo, es deber del productor de cacao analizar todas las características que le aportan los clones en los diferentes indicadores de productividad para decidir qué clones incluir en su cultivo y la forma como serán ubicados en el trazado.

3.2 Propagación asexual o reproducción clonal

La propagación sexual se hace por semilla y la propagación asexual usa partes de la planta para clonar el cacao, por ejemplo, con las varetas. La propagación por semilla o sexual fue muy usada hasta el año 2000, actualmente en los cultivos de cacao se usan plantas clonadas (CNCH, 2021c).

La propagación asexual, o clonación, en el cacao se realiza de cuatro formas: por enraizamiento de estacas, acodos, embriogénesis somática y por injertación. Cualquiera de ellas cumple los propósitos de preservar las características genéticas del árbol que se desea clonar, obtener plantas precoces en cuanto a la producción de frutos y reproducir plantas tolerantes a plagas y enfermedades –este último es el mayor problema en el cultivo de cacao, de acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2020)–. El cultivo de cacao en Colombia se desarrolla en terrenos de ladera o pendiente, por lo que la mejor forma de propagar el cacao es a través de la injertación, pues el anclaje es dado por la raíz pivotante y otros métodos de propagación carecen de dicha raíz, lo que puede ocasionar caída de las plantas adultas (Fedecacao, 2015).

La injertación consiste en cortar varetas o ramas de la planta a clonar para perpetuar sus características. La vareta también es denominada yema y se injerta en otra planta con raíces llamada patrón (Arvelo et al.,

2017a). El patrón se produce sexualmente por semilla en vivero y luego es trasplantado a campo. Es importante conocer las características de las variedades antes de injertar porque se transmiten incluso aquellas que no son acordes a las necesidades del cultivo.

3.3 Tipos de injertos

Existen 4 tipos de injerto: parche, por púa terminal, por aproximación y malayo. A continuación se explica la forma en que se realiza cada uno de ellos:

- *Injerto tipo parche:* se hace cuando la planta aún está en vivero y consiste en sustraer de la varetta una sola yema e injertarla en el patrón debajo de la cicatriz de los cotiledones o a 20 centímetros de altura de la bolsa. Para ello, con la navaja injertadora se realizan dos cortes verticales en el patrón y un corte horizontal arriba de los 2 primeros cortes y se levanta la corteza (Arvelo et al., 2017a), luego se une la yema con el patrón de tal forma que parezca un parche, de ahí su nombre; es importante que la yema sea del tamaño del corte. Posteriormente se amarra la yema a la cáscara que se dejó y se sujeta el injerto de abajo hacia arriba con cinta de plástico o papel vinipel, asegurándose de que quede bien amarrada (Instituto para el Desarrollo y la Democracia [IPADE], 2007).
- *Injerto púa terminal:* se realiza cuando la planta está en vivero, aproximadamente a los 2 meses de edad. Se injerta el patrón por la parte de arriba (púa terminal) con una varetta de 3 a 4 yemas, de la siguiente manera: primero se corta el patrón a una altura de 15 cm y se hace una abertura en el tallo, por la mitad; en la varetta se realiza un corte en forma de V y se inserta la varetta en el patrón, luego se amarra con papel vinipel o con cinta de plástico de arriba hacia aba-



jo y, por último, se cubre con una bolsa plástica transparente o de papel. Cabe resaltar que la vareta debe ser del mismo grosor que el patrón (Merchán, Flórez y Quiroz, 2015).

- *Injerto de aproximación o pechito con pechito:* este tipo de injerto es el más utilizado y se realiza cuando la planta ya está en campo. Se corta una parte de la vareta para sacar de 2 a 3 yemas por injerto, en cada extremo se hace un corte en bisel con la navaja y un último corte a lo largo, dejando descubierta la parte leñosa. Luego se hace un corte al patrón en el tallo a lo largo, del mismo tamaño que la vareta, se pega la vareta al patrón y se amarra de abajo hacia arriba con vinipel (Figura 26). Se debe soltar a los 15 o 20 días (Instituto Colombiano Agropecuario y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [ICA y MADR], 2012).



Figura 26. Injerto de aproximación

- *Injerto de leño grueso o malayo:* solo se hace en árboles adultos o leñosos, bien sea para injertar por primera vez o para renovación de copa (Figura 27). Se utilizan entre 4 y 5 yemas de la vareta y al final de esta se hacen 2 cortes: uno en forma de bisel por el lado donde va pegado el patrón y otro más corto. En el árbol donde se hará la

injertación se hace un corte con la navaja de forma horizontal que llegue hasta la parte leñosa; arriba del corte horizontal se corta una parte de la corteza hasta llegar al corte horizontal, nuevamente se hace un corte vertical desde el centro del corte horizontal hasta 6 cm hacia abajo. Con la punta de la navaja se abre un poco el corte horizontal y se inserta la vareta y con un cordón se amarra la vareta al árbol; luego se tapa completamente con vinipel para evitar el ingreso del agua lluvia (Chávez et al., 2010). Aproximadamente a los 20 o 30 días se retira la envoltura plástica y se deja el cordón por unos días más; cuando el injerto ya está pegado y fuerte se debe despatronar el árbol. Por recomendación del ICA y MDR (2012) el despatronamiento se debe hacer de la siguiente manera: podar el árbol (patrón) con el fin de estimular el crecimiento de las yemas del injerto; cuando este ya tenga hojas y se observe un buen desarrollo, cortar inicialmente el 40% de la hojas y ramas del patrón por el lado donde está pegado el injerto. Aproximadamente a los 30 días se corta el 40 % adicional y, por último, se elimina el 20% faltante para dar paso a la formación de la copa del injerto.



Figura 27. Injerto malayo o en leño grueso



Un cultivo organizado es aquel en el que se identifica la ubicación de los clones injertados. Corpoica (2004) señala que: “con el propósito de evitar confusiones se recomienda identificar cada grupo de árboles que conforman un clon con un material durable y legible” (p. 20). Los Laboratorios Territoriales del CEDAIT usaron placas de plástico o estacas de madera marcados con pintura de aceite (Figura 28).



Figura 28. Identificación de clones con placas de madera o plástico y pintura de aceite



4. Podas en el cultivo de cacao

La poda en el cultivo de cacao es una labor cultural que se utiliza para regular el crecimiento de la planta, lo cual otorga una estructura adecuada en forma de copa. La poda tiene como objetivo incentivar el crecimiento de las ramas principales del árbol, mantener una altura ideal para realizar fácilmente las labores necesarias, permitir la entrada de la luz y el aire –evitando el exceso de humedad– y eliminar chupones, ramas enfermas, ramas mal desarrolladas y ramas entrecruzadas con otras ramas (CNCH, 2021b).

Báez (2008) considera que:

[...] la poda en árboles caelíferos es una práctica de mayor importancia, sin dejar de un lado, las demás labores como fertilización, control fitosanitario, manejo de malezas, cosecha, riego y material genético entre otras; ya que en ellas se busca la obtención de cosecha, permanentemente en cantidades considerables y de excelente calidad. (p.1)

Si se realizan de forma adecuada y en la época correcta, las labores mencionadas por Báez (2008) garantizan larga vida útil y productiva para las plantas de cacao.

4.1 Insumos y herramientas necesarias para las podas en el cultivo de cacao

Las podas en el cultivo de cacao deben realizarse empleando los siguientes insumos y herramientas (Fedecacao - ICA, 2011) (Figura 29):

- Tijera podadora de mano
- Tijera aérea
- Serrucho
- Podón para ramas gruesas
- Pasta cicatrizante
- Alcohol desinfectante o cloro al 10%



Figura 29. Herramientas y materiales utilizados en la poda

4.2 Procedimiento para realizar adecuadamente las podas en el cultivo de cacao

Quiroz (2021) hace las siguientes recomendaciones para realizar una poda en los árboles de cacao:



- Evitar podas excesivas, no quitar más del 30% de las hojas porque se debilita la planta y realizar podas suaves en plantas sin mucho follaje y con poca sombra.
- No podar la planta que tenga mazorcas o floración, esto puede generar la pérdida de pepinos o provocar la caída de las flores.
- Al momento de la poda se deben quitar plantas ladronas, frutos o partes de la planta enfermas y eliminar nidos de comején u hormiga.
- Aplicar pasta cicatrizante en cortes de gran tamaño para evitar la entrada de hongos y plagas.
- Tenga en cuenta que todos los cortes deben hacerse en forma de bisel o a ras para evitar heridas en el tronco o en los cortes, tampoco se deben dejar puntas o tocones para evitar la entrada de insectos.
- Antes de iniciar la poda se deben desinfectar las tijeras con alcohol o cloro.
- La poda se debe realizar en orden y verificando la presencia de plagas o enfermedades

El tipo de poda depende de la edad y la etapa en la que se encuentra la planta de cacao, según lo mencionado por Procacaho:

La poda que se realiza durante los primeros 3 años de edad de la plantación se conoce como poda de formación temprana. También está la poda de mantenimiento, que es la que se realiza en la planta durante su vida productiva para regular su crecimiento, desarrollo y darle sanidad a la misma. La labor de poda se vuelve cada vez más complicada y los árboles requieren un mayor esfuerzo para recuperarse cuando no se realiza con la frecuencia necesaria y en la forma correcta; por ello, en casos extremos la práctica se convierte en lo que se conoce como poda de rehabilitación. (2015, p.1)

En ese sentido, es necesario tener conocimiento del tipo de poda a utilizar en su cultivo para no afectar la planta o para no hacer la labor de

manera incorrecta. Hay un tipo de poda para cada edad del cultivo o etapa de desarrollo. Los tipos de poda que se realizan en el cultivo de cacao son: la poda de formación, la poda de mantenimiento y la poda de rehabilitación. Estos se describen a continuación.

Poda de formación

Se realiza buscando la forma de copa del árbol y dejando de 3 a 6 ramas principales en las que se encuentran los frutos, dado que la planta de cacao es cauliflora, esto es, los frutos nacen en el cable o leño. La poda de formación se hace desde el vivero hasta que la planta alcanza de 2 a 3 años, momento en que inicia su etapa productiva; con ello se da equilibrio a la planta (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009). Esta actividad varía según el estado de crecimiento de las plantas (etapa vegetativa del árbol) y según su origen, ya sea que esta sea una planta nacida de una semilla o una planta lograda por injerto.

Los pasos para realizar la poda de formación se describen a continuación:

- *Paso 1:* desinfectar herramientas con alcohol o cloro antes de iniciar la poda, hacerlo también cuando se pasa de una planta a otra.
- *Paso 2:* la poda de formación inicia en el vivero; se quitan las ramas y tallos sobrantes, aquellos que son muy pequeños, buscando dejar un solo tallo principal para que reciba todo el alimento y crezca adecuadamente.

En plantas híbridas o criollas la poda se debe hacer buscando que el crecimiento del tallo se dirija hacia arriba y el desarrollo de las ramas se dirija hacia los lados. Se debe comenzar con esta poda cuando las ramas primarias comienzan a desarrollarse y a formar una mesa u horqueta,



lo que sucede aproximadamente 7 o 9 meses después del trasplante de la planta. La idea es dejar de 3 a 4 ramas en cada horqueta y eliminar las ramas que nacen debajo de la misma, las cuales se conocen popularmente como *chupones*. Esta poda se realiza durante el primer año. Durante el segundo año se hacen podas en las ramas secundarias y terciarias, buscando la forma de copa en el árbol (Fedecacao, 2019). Esta poda ayuda a que el árbol tenga una arquitectura homogénea y que se definan el tronco, la zona de producción y la copa del árbol.

Las plantas injertadas no producen la mesa u horqueta y su crecimiento se da a partir del patrón. En caso de que la planta injertada aún no se haya despatronado, es decir, que no se ha eliminado el patrón, la poda se debe hacer con tijeras podadoras de mano cuando el injerto ya esté fuerte y tenga de 3 a 4 pares de hojas de color verde oscuro (Fedecacao, 2019). Se debe despatronar 3 meses después de injertada la planta, haciendo un corte en forma de bisel (Figura 30) por la parte contraria del injerto, luego se debe aplicar pastas cicatrizantes en el corte (CNCH, 2021c).



Figura 30. Planta de cacao injertada antes (derecha) y después de despatronar (izquierda)

La copa del árbol debe formarse con 3 o 4 ramas laterales bien distribuidas, que se desprenden del tronco principal y se abren desde el injerto para formar la copa. Se deben eliminar las ramas que se entrecruzan, las que se forman muy abajo, a una distancia menor de 30 cm del suelo, y las que se formen abajo del injerto, es decir, los chupones, pues hacen parte del patrón y sus características no son las deseables (Agencia de Servicios Agropecuarios de Margarita [ASA MARGARITA], 2012). En tal caso, la poda es más fácil que la realizada en árboles híbridos, pues consiste únicamente en ayudar a la planta a que tenga una forma de copa y definir las ramas de producción, lo que se le llama zona de producción.

- *Paso 3:* aplicar pasta cicatrizante en los cortes grandes para evitar ataques de enfermedades.

Poda de mantenimiento

Esta poda se realiza cuando el árbol ya tiene una formación en copa, el objetivo es conservar esta estructura y un árbol sano y productivo después de dos o tres años. La poda de mantenimiento puede hacerse dos veces al año y se aconseja realizarla finalizando la época seca, para que las lluvias venideras estimulen el crecimiento de las ramas. Se deben eliminar todos los chupones que han crecido en el tronco y en las ramas primarias, además, se deben quitar ramas enfermas, quebradas, anormales, débiles, secas o muy juntas (Fundación Maquita Cushunchic [MCCH], s.f). Hacer esta poda a tiempo hace que la cosecha no se retrase y que el árbol quede equilibrado.

Los pasos para realizar la poda de formación son:

- *Paso 1:* desinfectar herramientas con alcohol o cloro antes de iniciar la poda y seguir haciéndolo cuando se pasa de una planta a otra (Figura 31).



Figura 31. Desinfección de tijeras podadoras antes de realizar la labor

- *Paso 2:* realizar la poda manteniendo la forma y altura adecuada de la planta (3 a 4 metros) y despuntando las ramas que están muy altas o que van hacia abajo. Deben eliminarse las plumillas, los chupones y las ramas enfermas (Figura 32 y Figura 33). No se deben podar árboles en floración debido a que las flores pueden caerse o los frutos pueden no crecer. Deben eliminarse las plantas parásitas, bejucos u otras, así como las plantas no deseables que crecen sobre la copa del árbol (Báez, 2008).
- *Paso 3:* aplicar pasta cicatrizante en los cortes grandes para evitar enfermedades.

Poda de rehabilitación

Esta poda se realiza cuando el cultivo de cacao se encuentra en un estado de abandono y requiere cortes severos para recomodar la estructura de los árboles. Por lo general las plantas reaccionan muy bien y pueden aumentar los rendimientos en forma permanente por varios años. Este



Figura 32. Poda de mantenimiento



Figura 33. Árbol de cacao antes (izquierda) y después (derecha) de la poda de mantenimiento



tipo de poda es recomendada si la plantación o los árboles que se desean regenerar son de buena producción. De lo contrario, es recomendable renovar la plantación con nuevas plantas mejoradas (Quiroz, 2021).

Los pasos para realizar la poda de rehabilitación son:

- *Paso 1:* desinfectar herramientas con alcohol o cloro antes de iniciar la poda, hacerlo también cuando se pasa de una planta a otra.
- *Paso 2:* la poda inicia eliminando abundantes hojas y ramas para que la planta genere nuevas ramas o chupones basales. De estos nuevos chupones se seleccionará posteriormente el más adecuado para dar formación en estilo de copa al nuevo árbol (López, Ramirez y Mendoza, 2011).
- *Paso 3:* esta poda debe complementarse con cuidados especiales a las plantas podadas. Es necesario aplicar fertilizantes y hacer control de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- *Paso 4:* aplicar pasta cicatrizante en los cortes grandes para evitar enfermedades (Figura 34).



Figura 34. Aplicación de pasta cicatrizante en los cortes



5. Cosecha y beneficio en el cultivo de cacao

En esta sección se describe el proceso de cosecha y beneficio del grano de cacao de acuerdo con estándares de calidad que permiten alcanzar mayores rendimientos económicos por cada grano cosechado. Un proceso de beneficio adecuado asegura una buena calidad, mejora precios de venta y permite el reconocimiento en el gremio cacaocultor en tanto:

El proceso de cosecha y beneficio del grano de cacao expresa las características organolépticas del chocolate y requiere de una serie de actividades que buscan obtener granos de buena calidad, inocuos y limpios para su comercialización, garantizando que el grano sea apreciado y apetecido por la industria y asegurando su compra a un precio adecuado en el mercado nacional e internacional. (Fedecacao, 2016, p. 58)

5.1 Normativa colombiana para el beneficio del cacao

La norma que determina la calidad del grano del cacao en Colombia es la NTC 1252, actualizada el 17 de marzo del

2021. En ella se contempla la clasificación del grano en tres categorías: cacao premio o especial, cacao estándar y cacao corriente. A continuación se presentan los requerimientos de esta norma para la clasificación del tipo de grano de cacao (Tabla 13).

Tabla 13. Clasificación de calidad del cacao colombiano en grano por la Compañía Nacional de Chocolates basado en la norma NTC 1252

Requisito físico químico			
Tipo de cacao	Premio/ Especial	Estándar	Corriente
% Humedad	7%	7,5%	7,5%
Masa (peso) 100 granos	>120g	95-120g	<95g
% Granos insuficientemente fermentados	30%	35%	45%
% Granos bien fermentados	70%	65%	55%
Tolerancia para el cacao en grano			
% Impurezas o materias extrañas	0%	0,3%	0,5%
Granos con moho (300 granos)	1%	3%	5%
Granos picados o germinados (300 granos)	1%	2%	3%
Granos planos o partidos (300 granos)	1%	2%	5%
% Contenido de almendra*	-	-	40-60%
Granos sin fermentar (300 granos)	1%	3%	3%

*Almendra: grano de cacao obtenido después de la fermentación y el secado sin incluir la testa

Fuente: Icontec (2021); Compañía Nacional de Chocolates (2021d)

5.2 Proceso de beneficio del grano de cacao

Durante todo el procedimiento de postcosecha se realiza un proceso continuo de limpieza y clasificación del grano para asegurar un beneficio adecuado (Figura 31) (Fedecacao, 2016). Se recomienda ejecutar cada uno de los pasos que se mencionan a continuación:



- *Cosecha:* esta comienza con una adecuada recolección de las mazorcas, teniendo en cuenta sus etapas de maduración y tomando las sugerencias que se describen a continuación.
- *Recolección:* se realiza separando del árbol únicamente las mazorcas de cacao maduras con las tijeras podadoras; es importante cortar cerca del fruto para evitar dañar el cojín floral (la estructura de la planta en el tronco de donde brotan las flores) (Figura 35). Las mazorcas maduras tienen el mucílago que recubre los granos en perfectas condiciones, lo cual garantiza un exitoso proceso de fermentación (Fedecacao, 2012).



Figura 35. Corte de mazorca madura evitando el daño al cojín floral

La mazorca madura se reconoce por el cambio de color y el sonido que hace cuando se golpea. La Compañía Nacional de Chocolates (2019b) menciona que aquellas mazorcas que normalmente son de color verde madurarán amarillas y las que son de color rojo madurarán anaranjado

o un rojo más claro (Figura 36). Respecto al sonido, al golpear las mazorcas maduras suavemente con la tijera se escuchará un sonido hueco. Por último, una mazorca madura también se conoce por el olor a cacao maduro (Fedecacao, 2016).

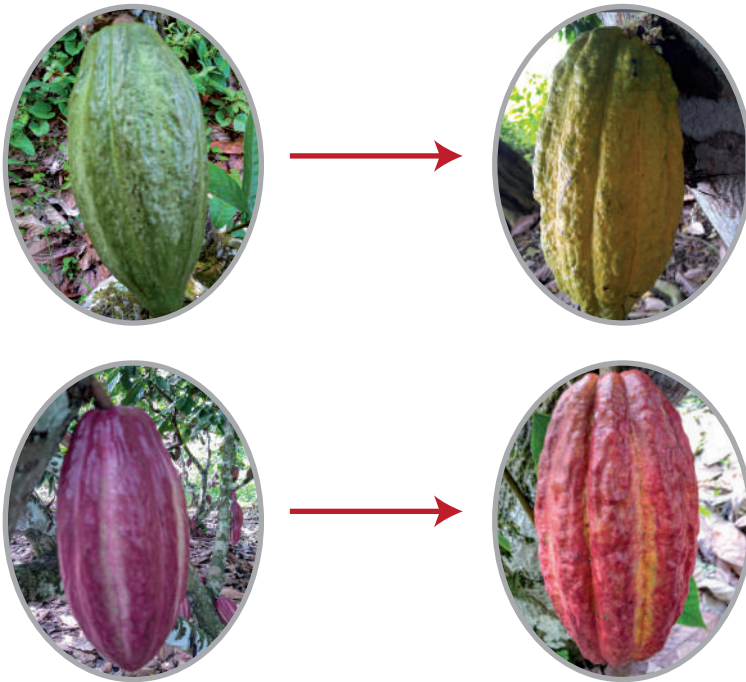


Figura 36. Proceso de madurez y coloración en las mazorcas de cacao

La recolección debe realizarse teniendo en cuenta la cantidad de producción y la incidencia de plagas y enfermedades. Según Fedecacao (2016), una recolección ideal se realiza cada 15 días en época de cosecha y cada 20 o 25 días en época de baja producción (Figura 37). Deben evitarse periodos muy largos de cosecha, pues se corre el riesgo de tener mazorcas con sobremaduración o pérdidas por presencia de plagas u otras afecciones. La recolección de las mazorcas de cacao debe



realizarse con tijera podadora y sobre la base de la mazorca, como lo muestra la CNCH (2019b). El uso de otras herramientas como el machete puede generar heridas al árbol o partir los granos de cacao. En ninguna circunstancia se debe arrancar la mazorca con las manos, esta práctica destruye los cojines florales y compromete la futura producción (Fedecacao, 2015).



Figura 37. Frutos de cacao cosechados

Si el terreno es plano, las mazorcas de cacao recolectadas se pueden organizar en pilas o montones, pero si el terreno está en una pendiente se deben recolectar planta a planta y realizar ahí mismo la partida y el desgrane de la mazorca.

Partida de mazorcas

Se debe realizar individualmente, separando las mazorcas maduras de aquellas que presentan signos de enfermedad. Las mazorcas sobremaduras y con granos en proceso de germinación se desechan (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).

Hay diferentes formas de realizar la partida o quiebre de las mazorcas de cacao. Según Fedecacao (2015) esta labor debe desarrollarse con un mazo de madera (Figura 38), se debe reposar la mazorca en un tronco firme y soltar un golpe seco sobre ella. También es posible golpear la mazorca sobre un ángulo o lámina en forma de triángulo sin filo cortante (CNCH, 2019b).



Figura 38. Mazo de madera para la partida de mazorcas

La partida de la mazorca no debe realizarse con machete pues esto puede dañar los granos y generar heridas que se convierten en puertas de acceso para hongos e insectos. Al evitar el uso del machete también se disminuye el riesgo de accidentes y heridas en las manos del recolector (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).

La mazorca debe ser partida de forma vertical. Fedecacao (2009) explica que el corte debe ser de punta a punta, y no en el centro, para facilitar la extracción del grano (Figura 39).



Figura 39. Corte transversal de la mazorca de cacao partida con mazo de madera

Desgrane

Esta actividad, comúnmente llamada “desgranado”, “desengullada” o “deguyada” (Fedecacao, 2009), consiste en la extracción de los granos de cacao arrastrando los dedos suavemente a lo largo de la vena central, conocida como placenta (Fedecacao, 2015). La extracción debe realizarse evitando que partes de la placenta se mezclen con los granos, ya que se convierte en impurezas y perjudican la calidad (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008). Adicionalmente, Fedecacao (2016) afirma que los granos de cacao deben depositarse en un recipiente limpio, libre de pesticidas, fertilizantes, suelo, basura o cualquier otro contaminante (Figura 40). Los frutos deben ser desgranados y llevados a fermentación máximo 2 días después de la recolección, pues el proceso de fermentación inicia al interior de la mazorca desde que se despega del árbol (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).



Figura 40. Proceso de desgrane de mazorcas de cacao

Es recomendable distribuir las cáscaras en el lote, pues según Fedecacao (2012) esta práctica fomenta la descomposición y la generación de abono orgánico de buena calidad (Figura 41).



Figura 41. Cáscaras de mazorcas de cacao usadas para abono orgánico

Fermentación

La fermentación también es llamada comúnmente “cura” o “avinagrada”. Cuando se realiza de manera adecuada se garantiza la calidad del grano de cacao, ya que en esta etapa se desarrolla el sabor y aroma. Un proceso de fermentación adecuado se caracteriza por un grano de cacao



de color marrón y un interior con grietas que tienen la apariencia de un riñón (Fedecacao, 2015). En la fermentación los elementos que componen el mucílago se transforman en agua, alcohol y ácidos que, por la acción de levaduras y otros microorganismos, facilitan un proceso de oxidación y de transformación del pH (Fedecacao, 2012).

Este proceso se desarrolla en dos etapas: la primera ocurre en ausencia de oxígeno, sobre ella Fedecacao (2015) explica que se trata de una fase anaeróbica en la que los granos de cacao se depositan en un cajón fermentador tapado con costales por 36 horas. La segunda etapa consiste en una fase aeróbica en la que se suministra oxígeno a la masa de los granos realizando volteos cada 24 horas (Figura 42) (Fedecacao, 2016). Los volteos generan un proceso de oxidación en el grano y deben realizarse empleando una pala de madera. Es importante evitar emplear las manos pues aumentan la temperatura de la masa (Fedecacao, 2015).



Figura 42. Volteo de la masa de cacao en la fermentación durante la etapa aeróbica

El tiempo de fermentación debe ser de 120 a 144 horas (5 a 6 días) calculadas desde el depósito de los granos de cacao a los cajones fermentadores. Además,

Nunca se deben mezclar granos cosechados de diferentes días, los depositados con posterioridad no alcanzarán a completar todos los procesos requeridos, produciéndose una fermentación incompleta, por esto es importante organizar la recolección de mazorcas para obtener los volúmenes mínimos para poder iniciar la fermentación el mismo día para toda la masa cosechada (Fedecacao, 2015, p. 199)

Tampoco se recomienda depositar los granos en costales y dejarlos a la intemperie en los cultivos (Fedecacao, 2012).

Los recipientes apropiados para la fermentación, según Cubillos, Merizalde y Correa (2008), son cajones de madera libres de olores y procesos químicos, con perforaciones en el fondo y a los lados para la salida de la baba (Figura 43). Los cajones deben estar 20 cm por encima del suelo para garantizar un buen drenaje y deben permanecer cubiertos y abrigados bajo techo (CNCH, 2019b). Es importante que el cajón fermentador se encuentre en un sitio destinado únicamente para esta labor, en el que no haya acceso de animales ni presencia de agroquímicos, ya que el grano de cacao es higroscópico, es decir, tiene la capacidad de absorber los olores del entorno, lo que puede afectar su sabor (CNCH, 2019b).



Figura 43. Características del cajón fermentador para cacao



Para aprovechar todos los recursos que se generan en las diferentes etapas, durante la fermentación CNCH (2019b) se recomienda recoger el lixiviado que destila de los cajones y usarlos como herbicida natural.

El tamaño de los cajones fermentadores varía según la cantidad de cosecha de la finca. En la Tabla 14 se presentan algunas recomendaciones en función de las dimensiones y la capacidad de los cajones:

Tabla 14. Dimensión y capacidad de cajones fermentadores de cacao

Largo (metros)	Ancho (metros)	Alto (metros)	Capacidad (kilogramos)	
			Cacao fresco	Cacao seco
1	0,40	0,60	378	141
1,5	0,80	0,80	648	246
2	0,60	0,60	756	288

Fuente: Fedecacao (2012)

Los cajones fermentadores pueden ser de diferentes tipos y estilos, existen cajones fermentadores tipo escalera, lineales y tambor. La madera es la mejor opción hasta el momento ya que permite conservar la temperatura durante el proceso (Figura 44) (CNCH, 2019b).



Figura 44. Cajones fermentadores tipo escalera y lineal

Secado

Este proceso se realiza para reducir la humedad del grano hasta el 7%, según la norma NTC 1252 (Icontec, 2012). La reducción de agua garantiza que el grano pueda ser almacenado sin riesgo de acceso de hongos (Fedecacao, 2009). De acuerdo con el CNCH,

En esta fase el grano aún experimenta procesos fisicoquímicos identificados por la desaparición del color violeta al interior de la almendra y la aparición del color marrón, este cambio de pigmentación indica que se están generando las características organolépticas deseables para el grano. (2019b, p. 15)

Fedecacao (2016) recomienda un secado entre 4 a 6 días, dependiendo del clima y de la estructura de secado empleada (Figura 45):

En el proceso de secado se aconseja que en el primer día se exponga a baja intensidad solar, posteriormente, no habrá inconveniente para hacer el secado durante todo el día (Fedecacao, 2015, p. 200)



Figura 45. Grano de cacao en proceso de secado

Durante el volteo de los granos, que se realizan entre los días 1 y 6 de exposición al sol (Figura 46), se despegan granos y se retiran residuos o basuras que comprometen la calidad del producto.

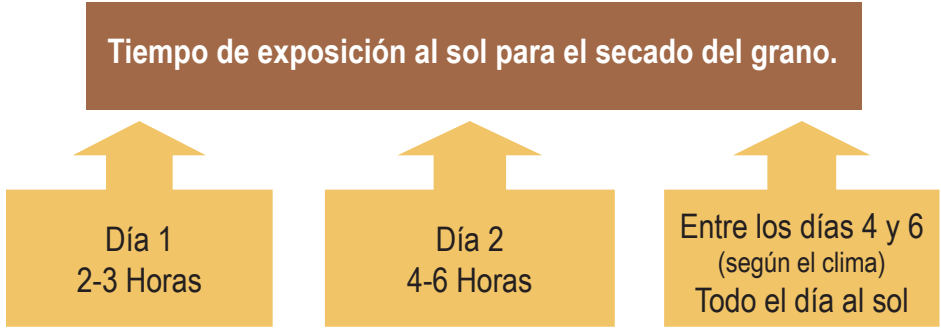


Figura 46. Periodo de secado del grano de cacao

Según Cubillos, Merizalde y Correa (2008), el secado del cacao se puede realizar de dos formas: con secado natural y con secado artificial, empleando medios mecánicos como los silos. Fedecacao (2015) menciona que la radiación solar es la fuente más económica y adecuada para realizar esta labor, y se deben usar estructuras como casas elba o marquesinas (Figura 47 y Figura 48), preferiblemente con techo, para proteger el grano de la lluvia.



Figura 47. Secadero de cacao tipo casa elba



Figura 48. Secadero de cacao tipo marquesina

No se deben usar otros materiales como cemento, zinc o cuero de animales (Figura 49), ya que estos producen contaminación por elementos nocivos (Fedecacao, 2012).



Figura 49. Secado de cacao en forma inadecuada usando teja de zinc, material inapropiado para este proceso

El porcentaje de humedad en el grano de cacao debe ser del 7%. La verificación del porcentaje de humedad se puede realizar usando un higrómetro o de forma manual. Cubillos, Merizalde y Correa (2008) re-



comiendan tomar un puñado de granos y apretarlos, si suena crujiente entonces está en el punto de secado.

Selección

Según Fedecacao (2015) esta etapa se desarrolla para eliminar impurezas y granos con hongos, pizarrosos, dañados, vanos sin almendra y residuos de placenta seca. Este proceso puede realizarse de forma manual o mecánica, utilizando zarandas que clasifiquen los granos en premio, corriente y pasilla según la norma NTC 1252 del Icontec (2012). La prueba de corte del grano (Figura 50) debe realizarse periódicamente de la siguiente manera: tomar 100 granos y partirlos con tijera o con guillotina de forma vertical, de punta a punta, para que el grano quede dividido en dos partes iguales; luego se observan las características de calidad como color, arriñonado, peso del grano, entre otras (Fedecacao, 2009).



Figura 50. Prueba de corte de cacao para verificar características de calidad

Empaque y almacenamiento

Esta labor se realiza cuando los granos ya se encuentran clasificados en cacao premio, corriente o pasilla. Los granos deben empacarse según su selección en costales de fique secos y limpios (Figura 51) que tengan una capacidad de 50 kg (Fedecacao, 2016). El almacenamiento debe hacerse en un lugar fresco y seco, sin humedades, goteras o contacto de sol directo; debe estar libre de roedores y no se debe almacenar junto con productos alimenticios o agroquímicos. Los bultos deben ubicarse sobre estibas de madera y alejados de la pared (CNCH, 2019b).



Figura 51. Granos de cacao empacados y almacenados en costales de 50 kg

Comercialización

Se lleva a cabo cuando el grano llega a un destinatario final para ser procesado e iniciar su transformación. Esta última actividad puede clasificarse en dos grupos, de acuerdo con estándares internacionales: el primer grupo es la línea de cacao corriente usada para producir manteca de cacao, la segunda línea contempla granos específicos de sabor, aroma y color que utilizan en chocolates finos, coberturas o polvos de recetas domésticas para diferentes alimentos o bebidas que están en el mercado. Esta clasificación es netamente comercial y no está orientada por aspectos geográficos, genéticos, climáticos o de beneficio (Fedecacao, 2012).



6. Plagas y enfermedades en el cultivo de cacao

Como cualquier otra planta, el cacao está expuesto a agentes perjudiciales. Las plagas y enfermedades en el cultivo de cacao son la principal causa de pérdidas económicas en los cacaotales. Fedecacao (2015) menciona que la acción de patógenos causa efectos negativos en términos de producción y deterioro de la planta, lo cual ocasiona su muerte. Fedecacao (2009) señala:

La temperatura, la humedad, la precipitación y la radiación solar juegan un papel importante en el comportamiento vegetativo, reproductivo y sanitario de los materiales en el cultivo de cacao, pero el cambio constante de estos favorece la reproducción de patógenos generando ambientes propicios para la reproducción de hongos que afectan los cacaotales. (p.112)

El impacto negativo de las enfermedades, según Fedecacao y el ICA (2015), está directamente relacionado con el deficiente manejo agronómico y la fragilidad de los materiales genéticos. Para contrarrestar dichas condiciones ambientales que aumentan las posibilidades de enfermedades, Fedecacao (2012) recomienda incluir en las prácticas

agronómicas la poda, el control de maleza, la construcción de drenajes y la utilización de adecuadas densidades de siembra.

6. | Enfermedades en el cultivo de cacao

6.1. | *Monilia* (*Moniliophthora roreri*)

La *Monilia* tiene varios nombres comunes como moniliasis, paludismo, mancha, podredumbre del fruto, nieva, hielo, ceniza o pringue (CNCH, 2019a). Esta enfermedad es endémica en Colombia y solo afecta a los frutos de cacao (CNCH, 2019a). La *Monilia* ocasiona las mayores pérdidas en los cacaotales al afectar a las mazorcas en diferentes etapas de vida.

Síntomas

En la Tabla 15 se muestra la relación entre edad y síntomas presentes en los frutos.

Tabla 15. Síntomas en los frutos afectados por *Monilia*

Meses	Número de días después de la infección	Síntomas de <i>Monilia</i> en frutos	Pérdida de almendra
1	30	Maduración prematura, marchitez. Puede formar polvo blanco (esporas).	Total
2	31	Gibas, mancha café, formación de polvo blanco (esporas).	Total
3	43	Puntos aceitosos color verde oscuro, mancha café, polvo blanco (esporas).	80%

Fuente: Adaptado de ICA (1979)

Ciclos de la *Monilia*

El polvo blanco (espora) infecta el fruto al ingresar al interior de la mazorca. Cuando ingresa, invade todos los tejidos internos, forma gibas,



compacta los granos de cacao y vuelve a la mazorca de color necrótico (Fedecacao y MADR, 2011). En la Figura 52 se observan algunas características de vida del hongo y de infección en las mazorcas de cacao.



Figura 52. Estadios de la infección causada por Monilia en mazorcas de cacao

Control y manejo de la Monilia

Para un efectivo control y manejo de la Monilia en cacao es necesario comprender que este proceso se debe hacer de manera manual y cultural, pues no hay experiencias exitosas con productos químicos en Colombia (CNCH, 2019a). Fedecacao (2015) afirma que se requiere de un manejo permanente, especialmente en épocas de lluvia y de formación de frutos y en lotes cerca a fuentes de agua o con sistemas de drenaje insuficientes. El control de frutos se realiza cortando las mazorcas antes de la esporulación. Según Fedecacao y el ICA (2015) hay tres pilares fundamentales para la efectividad del control de la Monilia:

- *Compromiso del productor*, es decir cacaocultores laboriosos, capacitados y comprometidos con sus cultivos y familias.
- *Manejo de condiciones microclimáticas* a través de podas, sistemas de drenaje y regulación del sombrero y de malezas.
- *Reducción de fuentes de infección*, la cual se lleva a cabo, según la CNCH (2019a), por medio de la eliminación semanal de frutos enfermos. Esta actividad debe realizarse durante 3 meses, en horas de la mañana (cuando aún hay humedad) y procurando mover lo menos posible el fruto. Los frutos enfermos deben ser cubiertos con la hojarasca. Merchán (1981) menciona que las esporas pueden viajar distancias de hasta 20 metros y causar infección en otros frutos. Sin embargo, la CNCH (2019a) dice que, si los frutos infectados son separados del árbol y depositados en el suelo, la humedad y los microorganismos de este cortan el ciclo de reproducción del hongo.

6.1.2 Fitóftora (*Pythophthora Sp*)

Es una enfermedad de origen fúngico que también se denomina cáncer o mazorca negra. Es normal encontrar este hongo en el suelo y es muy común en todo el mundo; sus ataques son visibles en hojas, raíces, tallos y frutos, en los cuales causa pudrición y manchas de color marrón (Figura 53). Es normal que el hongo se desarrolle a partir de los frutos que están pegados al tallo y no se retiran (Fedecacao, 2009).

Síntomas de la Fitóftora

- *Síntomas en frutos*: estos pueden manifestarse a cualquier edad y consisten en la aparición de una mancha color chocolate. Fedecacao (2015) indica que las mazorcas afectadas son más blandas y livianas que aquellas afectadas por *Monilia*.



Figura 53. Fitóftora en mazorcas de cacao

- *Síntomas en raíz:* presenta muerte del tejido. Fedecacao (2009) señala que la raíz no absorbe nutrientes ni agua cuando la enfermedad invade gran parte de la periferia radicular. Esto causa la muerte del árbol.
- *Síntomas en tronco:* se evidencia muerte del tejido externo que, según Fedecacao (2012), se puede observar a simple vista en el tallo. Aparece como una pudrición de color café que segrega una sustancia gelatinosa; el árbol muere cuando el hongo le da la vuelta al árbol (Figura 54).
- *Síntomas en vivero:* es un ataque común en plántulas pequeñas. Según Fedecacao y MADR (2011), los medios húmedos, la falta de aireación y el rocío de agua desde el suelo a las hojas favorecen la propagación del hongo en la planta.

Características de la Fitóftora

En la Figura 55 se muestran las características de este hongo y su desarrollo en campo, que inicia con la mancha negra en la mazorca y llega hasta la fase reproductiva (5 - pelusa blanquecina).



Figura 54. Fitóftora en tronco de árbol de cacao

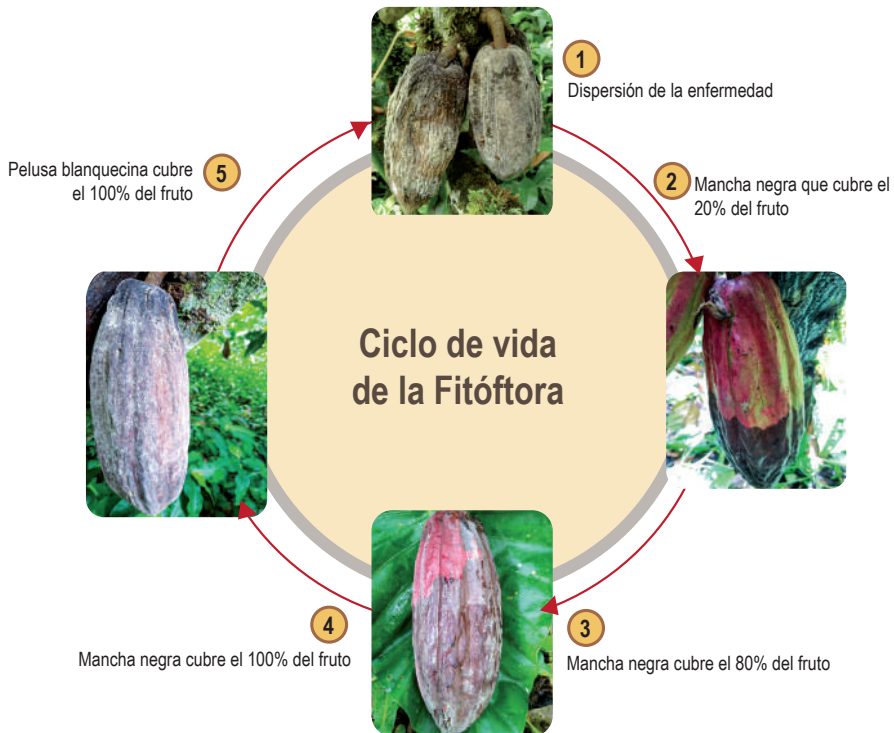


Figura 55. Estadios de la enfermedad causada por la Fitóftora



Medidas de control para la Fitóftora

Según Fedecacao y el ICA (2015), algunas de las medidas para controlar la Fitóftora son:

- Regular el sombrero y realizar las podas controlando así la reproducción del hongo.
- Controlar las malezas en el lote.
- Recolectar semanalmente los frutos con mancha café junto con los de Monilia (RE-SE remoción semanal de frutos enfermos).
- Controlar insectos, ya que estos propagan la enfermedad.
- Garantizar la nutrición, sombra y buen sustrato de las plantas.
- Aplicar productos cúpricos cada 20 días en los frutos bajos.
- Tratar con cal los residuos de cosecha o mazorcas enfermas.
- Desinfectar las herramientas usadas en labores culturales.
- Si la enfermedad se encuentra en el tronco se debe hacer una cirugía para retirar el área afectada, hasta llegar al tejido sano, y cubrir con una pasta cicatrizante a base de productos cúprico.

6.1.3 Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*)

Esta afección es originada por un microorganismo fúngico que ataca los tejidos aéreos en crecimiento, estructuras florales y frutos (Fedecacao, 2015a). Esta enfermedad se expresa de diferentes maneras, dependiendo del área alterada y su nivel de progreso.

Síntomas

Síntomas en ramas: en las puntas de las ramas se forman ramas hipertrofiadas, es decir, abultadas, gruesas, cortas y con hojas anormalmente alargadas. Los tallos de color verde tienen apariencia vigorosa, pero es

un falso vigor; después entran en una fase de marchitez, necrosis y secamiento y su apariencia es como de escoba (Fedecacao y ICA, 2015) (Figura 56).



Figura 56. Síntoma de escoba de bruja en ramas

Síntomas en cojines florales: las flores afectadas se observan más grandes y abundantes y están fuertemente unidas al árbol; sin embargo, con el pasar de los días comienzan a desprenderse con facilidad (Fedecacao, 2015).

Síntomas en frutos: estos pueden ser atacados en cualquier estado de desarrollo. Fedecacao e ICA (2015) señalan que los frutos menores de un mes detienen su desarrollo, se marchitan y mueren, mientras que aquellos entre 1 y 4 meses presentan características similares a las que produce la Monilia. Además, los frutos toman una apariencia de chirimoya, fresas, zanahoria o pimentón (Fedecacao y MADR, 2011). En la Figura 57 es posible visualizar la escoba de bruja afectando flores y frutos.

Ciclo de vida del hongo

Este depende de condiciones climáticas que favorezcan su desarrollo. Fedecacao (2015) indica que la forma reproductiva es parecida a un pa-



Figura 57. Escoba de bruja afectando flores y frutos

raguas de color claro, rosado o blanco en el que se forman esporas livianas que son llevadas por el viento y tienen una vida útil de 48 horas. En la Figura 58 se muestran las características, el tiempo y desarrollo de la enfermedad.



Figura 58. Estadios de la enfermedad escoba de bruja en árbol de cacao

Medidas para prevenir o controlar la escoba de bruja en cacao

Algunas de las medidas para prevenir o controlar la escoba de bruja en cacao se relacionan a continuación (Fedecacao e ICA, 2015):

- Regular los sombríos para lograr la circulación de aire y penetración de luz en el lote.
- Realizar poda de sostenimiento o rehabilitación.
- Remover ramas, frutos y cojines florales afectados.
- Tapar las partes afectadas con hojarasca.
- Revisar con frecuencia la plantación.

Existe una planta parásita, comúnmente llamada golondrina o pajarito, que puede ser confundida con la escoba de bruja (Figura 59). Esta planta se adhiere en las ramas más altas del árbol por medio de raicillas que luego forman unos nódulos, a través de los cuales se alimentan de la savia del árbol. Su manejo es manual y si no se controla puede crecer muy rápidamente. Se deben eliminar las ramas donde se observe la planta parásita, junto con la raicillas y nódulos.



Figura 59. Planta parásita (golondrina o pajarito)



Además de las enfermedades mencionadas previamente, existen dos afecciones poco comunes en los cacaotales que es importante mencionar: *Rosellinia* y *Ceratocystis*. Ambas se describen a continuación.

6.1.4 *Rosellinia* o llaga estrellada (*Rosellinia pepo*)

Esta enfermedad, conocida comúnmente como llaga estrellada o podredumbre negra de la raíz (Fedecacao, 2009), se genera en la raíz de los árboles y es producida por un hongo que habita naturalmente en el suelo. Se desarrolla en el lote por focos y avanza progresivamente alrededor de los árboles de cacao generando amarillamiento, defoliación y muerte. Usualmente este hongo es parásito y ataca otros cultivos como el café, aguacate, maderables y yuca. El mal se extiende cuando raíces infectadas tienen conexión con raíces saludables (Fedecacao, 2012) (Figura 60).



Figura 60. Raíz afectada por la enfermedad *Rosellinia*

Control de la *Rosellinia*

Controlar este hongo es difícil, ya que es nativo de suelo; sin embargo, Fedecacao e ICA (2015) proponen algunas estrategias para hacerlo:

- Identificar los árboles con síntomas.
- Recoger la hojarasca y la maleza del lote, quemar o aplicar cal.
- Picar los árboles y las raíces enfermos y aplicar un producto que provoque la muerte inmediata.
- Extraer las raíces del foco enfermo.
- Si el foco lo permite, hacer una zanja que aisle las raíces de los árboles enfermos de aquellos sanos.
- Realizar control de malezas.
- Aplicar cal en las zanjas y en los lotes enfermos.
- Dejar que el sol penetre en el lote baldío por 4 meses, luego sembrar gramíneas y repicar cuando tengan una altura de 50 cm.
- Vigilar el lote permanentemente para realizar acciones oportunas.

6.1.5 *Ceratocystis* (*Ceratocystis fimbriata*)

Es una enfermedad causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata* (Figura 61) y, según Fedecacao (2009),

[...] es transmitida por un insecto tipo cucarrón (*Xyleborus sp*) o por medio de herramientas sin desinfectar; afecta raíces, tronco y ramas, comúnmente es llamada mal de machete; en el área afectada se observan huecos y aserrín, luego amarillamiento de las hojas, se produce la muerte súbita del árbol con las hojas pegadas de las ramas. (p. 157)

Control de la enfermedad

Fedecacao e ICA (2015) recomiendan las siguientes acciones para controlar esta enfermedad:

- Evitar las heridas innecesarias a los árboles y cicatrizar en caso de heridas por podas.



Figura 61. Daño en ramas causadas por el insecto *Xyleborus* sp.

- No usar herramientas infectadas por labores en árboles enfermos o realizar desinfección de herramientas con hipoclorito.
- Destruir los árboles o partes secas afectadas y cicatrizar las heridas.
- En el último caso, aplicar insecticida de contacto, eliminar los árboles y quemarlos.

6.2 Plagas en el cultivo de Cacao

Todas las partes de la planta de cacao sirven para la alimentación de muchas clases de seres vivos. Algunas especies de plagas son la chiza, el mojoy, el grillo, el comején, las ardillas, los pájaros, los monos, los trips y los pulgones (Fedecacao, 2012). En las figuras 62 y 63 se ilustran otras clases de organismos que pueden generar daño a la plantación de cacao.

6.2.1 *Monalonion* (*Monalonion dissimulatum*)

El *Monalonion* es un insecto comúnmente conocido como grajo y ataca el fruto y los cogollos. En estado adulto es de color naranja, con antenas y alas oscuras; en estado inmaduro es una palomilla de color amarillo,



Figura 62. Monos y ardillas que pueden generar problemas en el cultivo de cacao



Figura 63. Daño en mazorca causado por ardilla (izquierda) y pájaros (derecha)

sin alas y con un cuerpo débil y aguado. Es un insecto chupador que deja manchas negras en la cascara de la mazorca (Figura 64). El control de sombríos y malezas, las buenas distancias de siembra y la poda son la mejor forma de aplacar los ataques, ya que este insecto no resiste la luz solar. Además, las avispas y otros insectos hacen control biológico de este insecto (Fedecacao, 2009).



Figura 64. Ataque por Monalonion en mazorca

6.2.2 Hormigas

Entre las especies de estos insectos cortadores de hoja que causan daño al cacao están la arriera (*Atta*) y las hormigas brujas (*Agromyexm*), estas últimas atacan de noche y se desplazan a través de túneles (Figura 65). El control de hormigas inicia con la ubicación de los hormigueros, los cuales se recomienda destruir; también se recomienda tomar acciones como colocar cebos envenenados para que las hormigas los lleven a los hormigueros o aplicar insecticidas en la boca de los hormigueros (Fedecacao, 2015).

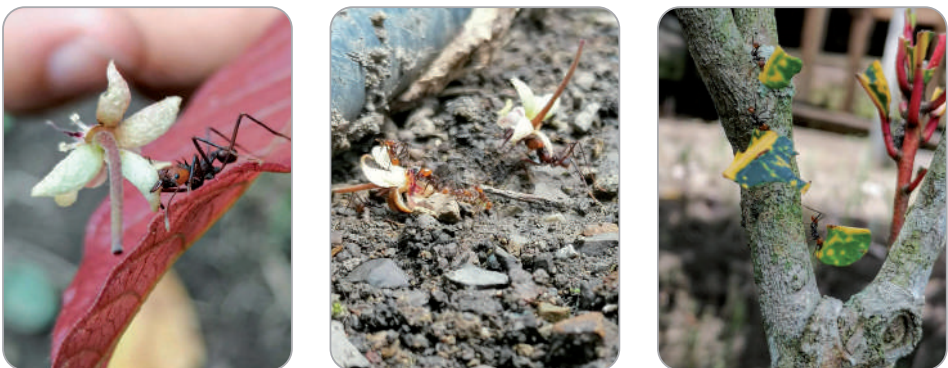


Figura 65. Hormiga

6.2.3 Anillador de Ramas (*Ischioloncha* sp)

Es un insecto tipo cucarrón con antenas largas. Las hembras trozan parte de las ramas jóvenes, sin cortarlas del todo, por lo cual quedan colgando y se secan; debajo de las ramas ovipositan y las larvas se alimentan de partes de la planta. El control para este insecto es cortar las ramas trozadas que están colgando, aplastar los insectos y regular la sombra en el cultivo (Fedecacao, 2012).

6.2.4 Chinche Negro (*Mecistorhinus pallescens*)

Es un cucarrón café, chupador y picador, excreta un líquido de mal olor para defenderse. Normalmente ubica sus huevos en la base de la mazorca. En las partes de la planta afectadas se observan puntos negros y crecimiento tardío (Fedecacao, 2009).

6.2.5 Carmenta negra (*Carmenta foraseminis*) y Carmenta amarilla (*Carmenta theobromae*)

Este insecto recibe su nombre por el color que adquiere en estado adulto. Fedecacao (2015) indica que la diferencia entre ambos radica en que la carmenta amarilla resulta menos peligrosa que la carmenta negra, pues la primera solo daña la cáscara y la placenta, mientras que la segunda daña cáscara, la placenta y el grano (Figura 66).

La carmenta adulta pone los huevos sobre la mazorca y cuando eclosionan penetran el fruto. El control, según Fedecacao e ICA (2015), se realiza de la siguiente manera:

- Control de sombra, maleza y podas.
- RE-SE (recolección semanal de frutos enfermos).



Figura 66. Daño en mazorca causado por la carmenta negra

- Recolectar y desgranar las mazorcas cosechadas en un tiempo inferior a 2 días.
- Al momento de desgranar, es importante observar si hay pupas o larvas y destruirlas.
- Usar recipientes separados para depositar frutos enfermos y sanos.
- Tapar con plástico los residuos de cosecha para evitar que el insecto salga y continúe el ciclo.
- Otras plagas que necesitan control en los cacaotales son el comején (Figura 67) y los grillos (Figura 68), dado que un ataque de gran proporción ocasiona la defoliación y muerte de las plantas.

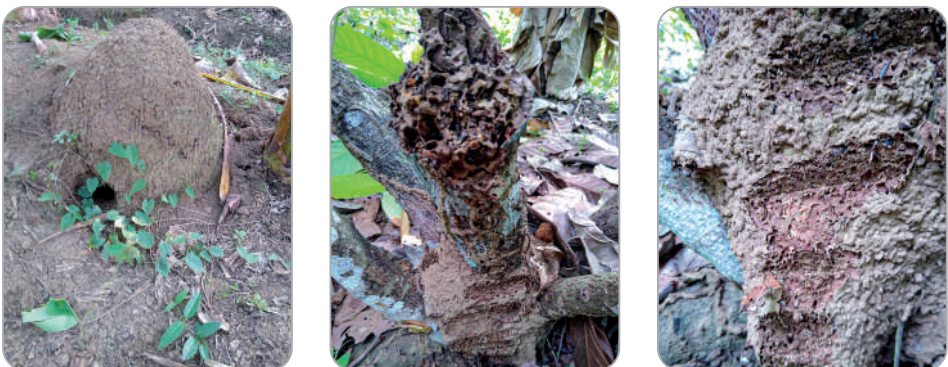


Figura 67. Nidos de comején en plantaciones de cacao



Figura 68. Grillo en cacaotales

6.3 Animales benéficos

El cultivo de cacao cuenta con una diversidad de especies que favorecen el manejo y regulan las plagas. Estas se denominan animales benéficos y entre ellos se encuentran las avispas, chinches, cucarrones, rezanderas, lagartos, sapos, pájaros y murciélagos. Estas especies realizan un control biológico, razón especial para reducir el uso excesivo de insecticidas que afectan a estos controladores biológicos y polinizadores, como la *Forcipomyia*, insecto encargado de polinizar las flores de cacao (Fedecacao, 2012).



Glosario

Arvenses: también conocidas como malezas, estas plantas retrasan el crecimiento y producción de los cultivos debido a que compiten por alimento, agua y espacio.

Asexual (reproducción asexual): producción de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano o parte de una sola planta que sería la progenitora.

Autocompatible: la capacidad que tiene la flor de polinizarse con su propio polen o con el polen de otras flores del mismo árbol.

Biológico: que está relacionado únicamente con la naturaleza.

Caulifloro: sus flores nacen en el cable o en leño (tronco y ramas).

Cojín floral: estructuras que agrupan las flores de cacao.

Disponibilidad de nutrientes: hace referencia a aquellos elementos que están aptos para que las plantas los absorban.

Esporulación: es un tipo de reproducción asexual que involucra esporas.

Estomas: son poros presentes en las hojas que permiten el paso del alimento suministrado en la fertilización foliar.

Fertilización edáfica: cualquier aplicación de fertilizantes al suelo.

Fertilización foliar: cualquier aplicación de fertilizantes a las hojas.

Foco: es un lugar específico donde se encuentran un grupo de árboles que reúnen características similares de una enfermedad determinada.

Fungicida: producto químico que se usa para evitar el crecimiento de los hongos en las plantas, en especial la Fitóftora en cacao.

Genética: estudio de los genes y los mecanismos que regulan la transmisión de los caracteres hereditarios.

Germinación: proceso en el que una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta.

Herbicida: producto químico altamente tóxico que se usa para eliminar malezas o arvenses en los cultivos.

Higroscópico: capacidad de atraer humedad del medio en forma de vapor.

Injertación: consiste en cortar varetas o ramas de la planta para clonar con las características que se desea replicar e injertar en otra planta con raíces llamada patrón.

Inocuo: granos de cacao que no hacen daño a la salud y que están libres de contaminantes dado su correcto procesamiento de beneficio.

Intemperie: hace referencia a estar desprotegido o sin cubierta.



Levadura: hongos microscópicos capaces de iniciar un proceso de fermentación.

Llaga: herida con apariencia de úlcera o ampolla que segrega líquidos de mala apariencia.

Microorganismos: organismos que solamente pueden verse a través de un microscopio.

Mitaca: época que se da en la mitad de las dos grandes cosechas de cacao.

Mucílago: baba azucarada que recubre los granos de cacao.

Necrosis: deterioro de los tejidos causado por la muerte de las células. Se evidencia por una coloración oscura en el tejido afectado.

Nervadura: son pequeños hilos que distribuyen la savia por toda la hoja.

Organolépticas: características que pueden ser percibidas por los órganos del sentido, tales como olor, sabor, color y textura.

Palomilla: tipo de insecto que aún no llega a su estado adulto.

Pasilla: grano de cacao delgado con poca proporción de almendra.

pH: medida que permite identificar si una solución o muestra (puede ser de suelo o agua) es ácida, neutra o alcalina.

Placenta: estructura interna de la mazorca de cacao a la que vienen pegados los granos.

Postcosecha: todos los procesos que se realizan desde que la mazorca madura hasta que se lleva a comercializar. En esta etapa se busca obtener la mejor calidad de grano y reducir las pérdidas.

Precusores: sustancias que inducen la expresión del sabor, olor y color del cacao en el proceso de beneficio.

Productos cúpricos: son un tipo de fungicidas de contacto a base de cobre que actúan de forma preventiva o como barrera contra los hongos.

Raleo: eliminación de plantas que están muy juntas, se puede hacer de forma manual o mecánica.

Roedor: animales pequeños y con dientes filosos capaces de dañar bolsas, costales, superficies y alimentos; entre los roedores se encuentran, por ejemplo, las ratas y los castores.

Savia: es el líquido interno que poseen las plantas.

Silvicultura: son todas aquellas actividades relacionadas con el cuidado de los bosques o árboles forestales.

Suelos arcillosos: son aquellos suelos conformados mayoritariamente por arcilla y en menor parte por barro y arena, son comúnmente llamados suelos pantanosos.

Suelos francos: son aquellos que tienen cantidades casi iguales de arcilla y arena, son los suelos ideales para la agricultura.

Tubo polínico: conducto que transporta el polen hacia el interior de la flor para la fecundación.

Vareta: rama de cacao que contiene yemas que se usan en la injertación.

Yema: brote que se desarrolla en la axila de una hoja.

Zaranda: herramienta con malla o entretejido de acero que posee orificios estandarizados y es usada para la clasificación del grano de cacao.



Referencias bibliográficas

- Agencia de Servicios Agropecuario de Margarita (ASA MARGARITA). (2012). *Poda de formación en cacao injertado*. Infoagro,1. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/HojasDivulgativas/Poda_formacion_cacao_injertado.pdf
- Agrosavia. (2017). *GA-G-17 Guía toma de muestras de suelo para análisis químicos y físicos*. versión 2. Departamento de Laboratorios de Investigación y Servicios.
- Alvarado, N. (2007). *Las quemas en la agricultura (caña de azúcar) su regulación desde el punto de vista agrario y ambiental*. [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica, Facultad de derecho. San José de Costa Rica]. Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://ijj.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2017/07/Quemas-agricolas.pdf>.
- Aranzazu, F., Martínez, N. y Rincón-Guarín, D. (2008). *Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao- Modelos para el empleo de los materiales de cacao más usados en Colombia utilizando los mejores porcentajes de intercompatibilidad*. Unión Temporal Cacao de Colombia (UNO), Bucaramanga. Recuperado el 24 de abril de 2021, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2205/44149_56306.pdf?sequence=1&isAllowed=y

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2205/44149_56306.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arvelo, Á. S., González, D. L., Maroto, S. A., Delgado, T. L. y Montoya, P. R. (2017a). *Manual técnico del cultivo de cacao, Buenas prácticas para América Latina*. San José, Costa Rica. Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>

Arvelo, Á. S., González, D. L., Maroto, S. A., Delgado, T. L., y Montoya, P. R. (2017b). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. México. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2793>

Báez, N. (2008) *Manejo de arquitectura aérea del árbol de cacao "poda de cono natural"*. Recuperado el 5 de mayo de 2021, de [http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/poda_cono_natural08_\(1\).pdf](http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/poda_cono_natural08_(1).pdf)

Barrera, S. (s.f.). Fertilización en plantaciones forestales en el trópico. *Universidad de la Salle, Bogotá*. Gerente terranova semillas S.A.S. Recuperado el 15 de abril de 2021, de https://www.academia.edu/6921391/FERTILIZACION_EN_PLANTACIONES_FORESTALES_EN_EL_TR%C3%93PICO

Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas espirométricas en el seguimiento del proceso*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de ingeniería química]. Recuperado el 21 de enero de 2022. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Blanco, F. y Salas, E. (1997). Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 21(1), 55-67. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_055.pdf

Borrero, C. (2009). Fertilización del cultivo de cacao en sitio definitivo. *San José del guaviare, septiembre del 2009*. Recuperado el 26 de abril de 2021, de http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/FERTILIZACION_DEL_CULTIVO_DE_CACAO_EN_SITIO_DEFINITIVO.pdf

Camacho, R. y Montero, I. (2005). *Manual de identificación de especies forestales con manejo certificable por comunidades*. Instituto amazónico de investigaciones científicas. SINCHI. Impreso en Colombia por panamericana formas e impreso. Recuperado



- el 26 de mayo de 2021, de <https://sinchi.org.co/manual-de-identificacion-de-especies-forestales-con-manejo-certificable-por-comunidades>
- Centro de Exportaciones e Inversiones (CEI). (2014). *Diseño y manejo de la sombra en el cacao*. Boletín cacao, 5, Nicaragua. Recuperado el 27 de abril de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/280055003_Esquina_Tecnica_Cacao
- Chávez, E., Astorga, C., Vásquez, N., Cerda, R., Orozco L. y Quesada, F. (2010). *Injertos y otras técnicas de propagación del cacao*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)-Turrialba, Costa Rica. Recuperado el 15 de septiembre de 2021, de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7734>
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH). (2019a). La Moniliasis del cacao: daños. Síntomas, epidemiología y manejo. *Compañía Nacional de Chocolates, 2019, 10-23*. Recuperado el 15 de agosto de 2021, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35705>
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH). (2019b). *Cosecha, beneficio y calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L.)*. *Compañía Nacional de Chocolates 2019, 9-32*. Recuperado el 15 de septiembre de 2021, de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla-Cosecha-Benef-Calidad-SEP-2019.pdf>
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH). (2021a). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) sistemas agroforestales sostenibles*. Recuperado el 15 de septiembre de 2021, de https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-SISTEMAS-AGROFORESTALES-1_compressed.pdf
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH). (2021b). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) fisiología y podas*. Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-FISIOLOGIA-Y-PODAS-CACAO.pdf>
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH). (2021c). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) material vegetal y propagación*. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-MATERIAL-VEGETAL.pdf>
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH). (2021d). *El grano de cacao y su calidad*. Recuperado el 26 de octubre de 2021, de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2018/05/el-grano-del-cacao-y-su-calidad.pdf>

- Colección Educativa Guatemala (s.f). *Recomendaciones técnicas para el cultivo de aguacate*. Recuperado el 26 de octubre de 2021, de <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoAguacate.pdf>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2004). *Injertación temprana en producción masiva de clones*. Recuperado el 26 de mayo de 2021, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2134/41566_41528.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2007). *Patrones para cacao*. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de Recuperado el 26 de mayo de 2021, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2222/42973_48680.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2008). *Tecnología para el cultivo de aguacate*. Manual técnico 5, centro de investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Recuperado el 26 de mayo de 2021, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13459>.
- Corporación PBA (2012). *Guía técnica para el establecimiento y manejo del cultivo de cacao*. Red de productores de cacao de la región caribe colombiana. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <http://www.corporacionpba.org/portal/sites/default/files/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20el%20manejo%20del%20cultivo%20de%20cacao.pdf>
- Cubillos, G., Merizalde, G. y Correa, E. (2008). Manual de beneficio del cacao. *Secretaría de agricultura de Antioquia, compañía nacional de chocolates, corporación para investigaciones biológicas, grupo GIEM universidad de Antioquia, octubre de 2008*. Recuperado el 27 de abril de 2021, de https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/manual_beneficio_cacao.pdf
- Cueva, A. (2013). *Cacao sombreadamiento - agroforestería - nutrición - fertilización - fisiología*. [Texto universitario N° 3, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico-profesional de Agronomía]. Recuperado el 26 de mayo de 2021, de <http://files.jose-villalobos-tantalean.webnode.es/200000122-f2f0701e34/Texto%20N%C2%BA%203%20sombreadamiento%20-%20fertilizaci%C3%B3n%20cacao%20Mayo.%202013.pdf>
- Díaz, E. y Urbina, J. (2015). *Estudio sobre la auto- intercompatibilidad de 5 clones de cacao (Theobroma cacao L.), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015* [Seminario de grados, Universidad Nacional



- Autónoma de Nicaragua, Managua facultad regional multidisciplinaria “Cornelio Silva Arguello”]. Recuperado el 30 de junio 2021, de <https://repositorio.unan.edu.ni/794/1/10418.pdf>
- Díaz, M. y Soto, V. (2015). *Diseño del sistema agroforestal para la zona rural de la vereda Pascata de Turmequè Boyacá* [Trabajo de grado, Universidad Distrital “Francisco José De Caldas”, Facultad De Ingeniería, Proyecto Curricular De Ingeniería Industrial Bogotá D.C.]. Recuperado el 30 de junio 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2914/D%EDazRojasMairaMarcela2015.pdf;jsessionid=668EFCC2FEEB8F7769E1361C661DAACA?sequence=1>
- Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao). (2015) *Guía Técnica para el Cultivo de Cacao*, sexta edición. Bogotá D.C, Colombia. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <https://es.scribd.com/document/401136726/FEDECACAO-GUIA-TECNICA-2015-BAJA-9-pdf>
- Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao) - Programa Nacional de Transferencia de Tecnología (Pronatta). (2001) *Fundamento para el establecimiento de cultivos de cacao de alta productividad*. Osmo Industrias Gráficas Recuperado el 10 de marzo de 2021 de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4022/1/2006718101731_Cultivo%20cacao%20alta%20productividad.pdf
- Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao) - Programa Nacional de Transferencia de Tecnología (Pronatta). (2000). *Fundamento para la siembra de plantaciones de cacao de alto rendimiento con énfasis en la selección del material genético y el suelo*. <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34898/59302.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- _____. (Fedecacao). (2009). *Guía técnica para el cultivo de cacao*, cuarta edición. Bogotá D.C, Colombia. Publicación financiada por Fedecacao fondo nacional del cacao- convenio Campaña Monilia 2008.
- _____. (2012). *Guía técnica para el cultivo de cacao*, quinta edición. Bogotá D.C. Recuperado el 15 de abril de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11685>
- _____. (2016) *Mejoramiento tecnológico del cultivo de cacao*, primera edición. Bogotá D.C, Colombia. Corporación Planta. ISBN: 978-958-98858-7-1
- _____. (2019). *Poda y Manejo de la Luz en el cultivo de cacao y otros frutales*. Recuperado el 15 de abril de 2021 de: https://drive.google.com/file/d/1hHft43nFVS_ByJgJj6V-FCr9W_1KCUMN/view

- _____ e Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). *Fichas técnicas sobre el cacao*. Bogotá D.C. Publicación financiada por Fedecacao fondo nacional del cacao- convenio de Cooperación 002 de 2011.
- _____ e Instituto colombiano agropecuario (ICA) (2015). *Manejo de plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cacao*. Bogotá.
- _____ y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2011). Fichas técnicas sobre el cacao. *Publicación financiada por Fedecacao fondo nacional del cacao ministerio de agricultura y desarrollo rural-convenio 065 de 2011, 16-78*.
- Fundación Maquita Cushunchic (MCCH). (s.f). *Podas cacao*. Quito-Ecuador. Recuperado el 30 de junio 2021, de http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Podas_en_cacao.pdf.
- García, J., Romero, M. y Ortiz, L. (2007). *Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo Colombiano para el cultivo de cacao*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)-Mosquera. Recuperado el 26 de mayo de 2021, de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2189>
- Garrido, S. (1994). Interpretación de análisis de suelos. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Núm 5/93 HD, 2-39. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf
- Hernández, J., Oliveira, A., Palacios, A., Sandoval, A., Grajales, M., Estrada J., Domínguez, E., Báez, M., Ortiz, E., Ávila, L., Alejo, A. y Coutiño, M. (1999). *Tecnología para la producción de palma de aceite*. Libro técnico número 4, México, Veracruz, 150p Recuperado el 27 de abril de 2021, de https://www.academia.edu/6776610/TECNOLOG%C3%8DA_PARA_LA_PRODUCCI%C3%93N_DE_PALMA_DE_ACEITE_Elaeis_guineensis_Jacq_EN_M%C3%89XICO
- Cárdenas, A. (1972). *Curso de cacao*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17321>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. y Weigend, M. (2011). *Hoja botánica: Cacao Theobroma cacao L*. Primera edición, Lima Perú. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de http://www.botconsult.de/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2021). Materiales de semilla inscriptos en el ICA. Recuperado el 6 de octubre de 2021, de <https://www.ica.gov.co/>



- getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Evaluacion-Agronomica-y-Control-en-Comercializacio/RNC-completo-3-2021-1.xlsx.aspx?lang=es-CO
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y Ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) Medidas para la temporada invernal*, 4- 38. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2357>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (1993). El cultivo de cacao, preparación del terreno. Guía del agricultor. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11875>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). *Guía técnica para la propagación clonal del cacao*. Recuperado el 6 de octubre de 2021, de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1142>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2009). *Guía Tecnológica del cultivo de cacao*. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Guia-CACAO-2010.pdf>
- Instituto para el Desarrollo y la Democracia (IPADE). (2007). *Aprendiendo a injertar cacao*. Recuperado el 6 de octubre de 2021, de http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Aprendiendo_a_injertar_cacao.pdf
- Instituto para el Desarrollo y la Democracia (IPADE). (2009). *Guía técnica para promotores Cultivo de cacao en sistemas agroforestales*. Recuperado el 27 de abril de 2021, de <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Cultivo-de-cacao-en-sistemas-agroforestales.pdf>
- Instituto Colombiano de Normalización y Certificación (Icontec). (2012). Norma Técnica Colombiana NTC 1252: Cacao en grano. Cuarta actualización. Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://pdfcoffee.com/ntc-1252-cacao-en-grano-24-09-2012-v4-3-pdf-free.html>
- Instituto Colombiano de Normalización y Certificación (Icontec). (2021). NTC:2021. *Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad, actualizada el 17 de marzo de 2021*.
- Johnson, J., Bonilla, J. y Agüero, L. (2008). *Manual de manejo y producción del cacaotero*. León, Nicaragua 10 de septiembre del 2008. Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://www.cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENFO1J71.pdf>
- Laboratorio Laserex. (s.f.). Protocolo toma de muestras de suelo. *Universidad del Tolima.3-3*. Recuperado el 8 de marzo de 2021, de <http://administrativos.ut.edu>

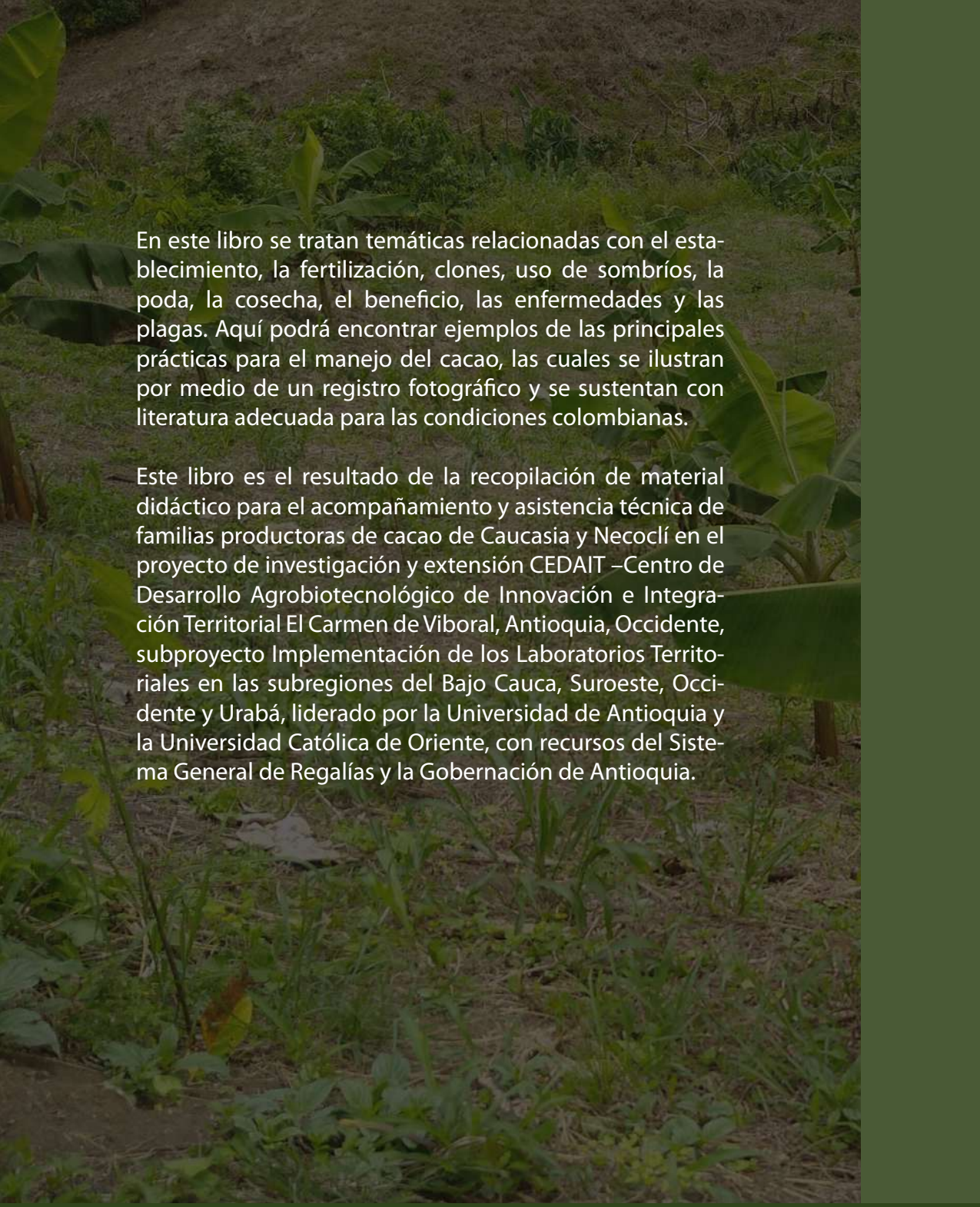
co/images/Sistema_gestion_calidad/proyeccion_social/03_p_entrega_resultado_laserex/Protocolo_toma_de_muestras_de_suelos.pdf

- Larrea, M. (2008). *El cultivo de Cacao Nacional: un bosque generoso. "Manual de campo para la implementación de prácticas amigables con la biodiversidad en cultivos de Cacao Nacional"*. Programa Nacional Biocomercio Sostenible del Ecuador (EcoCiencia / CORPEI), Programa de Facilitación del Biocomercio-UNCTAD. Quito Recuperado el 27 de junio de 2021, de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43804.pdf>
- Leiva-Rojas, I. y Ramírez-Pisco, R. (2017, del 13 al 17 de noviembre). Acumulación y extracción de nutrientes en el cultivo del cacao [conferencia]. *International symposium on cocoa research (ISCR)*. Lima, Perú 13-17, noviembre 2017. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias agrarias sede Medellín (Colombia). Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://www.icco.org/wp-content/uploads/T2.55.ACUMULACION-Y-EXTRACCION-DE-NUTRIENTES-EN-EL-CULTIVO-DEL-CACAO-Theobroma-cacao-L..pdf>
- Lizano, M. (2018). *Guía técnica del cultivo de coco*. Ministerio de agricultura y ganadería. Programa nacional de frutas del salvador. Recuperado el 8 de marzo de 2021, de <http://simag.mag.gov.sv/uploads/pdf/2013819141156.pdf>
- López, P., Ramírez, M. y Mendoza, A. (2011). *Paquete tecnológico (Theobroma cacao L.) Establecimiento y mantenimiento*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Recuperado el 15 de julio de 2021, de http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/cacao_establecimiento_y_mantenimiento.pdf
- Mejía, L. y Palencia, G. (2002). *Abono Orgánico, Manejo y uso en el cultivo de cacao*. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7362e/A7362e.pdf>
- Merchán, V. (1981). Avances en la investigación de la moniliasis de cacao en Colombia. *Programa de fitopatología, ICA*. Apartado aéreo 876-manizales Colombia. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/21917>
- Merchán, M., Flores, E. y Quiroz, J. (2015). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. Instituto Nacional Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quevedo, Ecuador. Recuperado el 27 de marzo de 2021, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5417>
- Microfertisa (2016). *Manual Técnico de fertilización de cultivos*. Digiprint editores S.A.S.



- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2014). Cacaocultura renovada 2014. Recuperado el 19 de mayo de 2021, de <https://www.Fedecacao.com.co/site/images/pyardley1.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2020). *Cadena de cacao*. Recuperado el 8 de marzo de 2021, de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *SciELO Cuba*, v.32 n.2. Recuperado el 15 de julio de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001
- Phillips, W., Arciniegas, A., Mata, A. y Motamayor, J. (2012). *Catálogo de clones de cacao*, p.4. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)-Turrialba, Costa Rica. Recuperado el 30 de agosto de 2021, de https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf
- Proamazonia. (2003). Ministerio de agricultura. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos degradados en zonas de cultivo de Coca. Perú. de <https://es.scribd.com/document/417542818/Suelos-Degradados-1>
- Proyecto de Mejoramiento de Ingresos y Empleo para Productores y Productoras de Cacao en Honduras (Procacaho). (2015). Poda de formación en el cultivo de cacao. *Infocacao*, 3, p54. Recuperado el 8 de marzo de 2021, de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No3_Octu_2015.pdf
- Proyecto de Mejoramiento de Ingresos y Empleo para Productores y Productoras de Cacao en Honduras (Procacaho). (2016a). Establecimiento de la sombra para plantaciones nuevas de cacao. *Infocacao*, 7. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/infocacao_no7_mar_2016.pdf
- Proyecto de Mejoramiento de Ingresos y Empleo para Productores y Productoras de Cacao en Honduras (Procacaho). (2016b). Propagación del cacao por injerto. *Infocacao*, 8. Recuperado el 27 de julio de 2021, de <https://docplayer.es/58486981-Propagacion-del-cacao-por-injerto.html>
- Puentes, Y., Menjivar, J., Gómez, A. y Aranzazu, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Facultad de ciencias agropecuarias, universidad nacional sede palmira*. Recuperado el 27 de julio de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v63n2/v63n2a07.pdf>

- QuimiNet. (11 de enero de 2007). *Los elementos nutricionales en las plantas*. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de <https://www.quiminet.com/articulos/los-elementos-nutricionales-en-las-plantas-17563.htm#:~:text=Los%20nutrientes%20minerales%20son%20aquellos,manganeso%2C%20molibdeno%20y%20zinc>.
- Quiroz, J. (2021, 26 de agosto). Manejo práctico de podas en cacao para el mejoramiento de la producción [Taller práctico presencial]. Organizado por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO), Ecuador. Recuperado el 27 de julio de 2021 de <http://www.anecacao.com/uploads/SEMINARIOS/EL-ORO/james-quiroz.pdf>
- Quiroz, J. y Mestanza, V. (2012). Establecimiento y manejo de una plantación de cacao. *Boletín técnico N°.146*. Recuperado el 27 de julio de 2021, de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/boletin_146_establecimiento_y_manejo_de_una_plantaci%C3%B3n_de_cacao.pdf
- Rivera, J. (2018). *Raíces saludables significan larga vida productiva para cacao, café y otros perennes leñosos* / José Mauricio Rivera C. Editorial La Lima. Recuperado el 27 de julio de 2021, de <https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/fiha.pdf>
- Schweizer, S. (2010). *Muestreo y análisis de suelo para diagnósticos de fertilidad*. Comité editorial Instituto nacional de innovación y transferencia de tecnología agropecuaria (INTA). Recuperado el 8 de marzo de 2021, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (1991). *Reforestación de microcuencas, trazado para la siembra*. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1498>
- Superintendencia de Industria y Comercio (2012). Cadena productiva del cacao: diagnóstico de libre competencia. Recuperado el 15 de julio de 2021, de https://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Cacao.pdf
- Uniban (2021). "Agenda producción de plátano". *Revista C. I. Uniban*, 88-100.



En este libro se tratan temáticas relacionadas con el establecimiento, la fertilización, clones, uso de sombríos, la poda, la cosecha, el beneficio, las enfermedades y las plagas. Aquí podrá encontrar ejemplos de las principales prácticas para el manejo del cacao, las cuales se ilustran por medio de un registro fotográfico y se sustentan con literatura adecuada para las condiciones colombianas.

Este libro es el resultado de la recopilación de material didáctico para el acompañamiento y asistencia técnica de familias productoras de cacao de Cauca y Necoclí en el proyecto de investigación y extensión CEDAIT –Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial El Carmen de Viboral, Antioquia, Occidente, subproyecto Implementación de los Laboratorios Territoriales en las subregiones del Bajo Cauca, Suroeste, Occidente y Urabá, liderado por la Universidad de Antioquia y la Universidad Católica de Oriente, con recursos del Sistema General de Regalías y la Gobernación de Antioquia.

CEDAIT

Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico
de Innovación e Integración Territorial

LABORATORIOS
TERRITORIALES

GAMMA
Agrociencias, Biodiversidad y Territorio