



MANUAL TÉCNICO

SIEMBRA DE CACAO FINO Y DE AROMA

esencial
**COSTA
RICA**

 **PROCOMER**
COSTA RICA *exporta*

 **BID**



Introducción	5
Condiciones agroclimáticas.....	7
Temperatura	7
Precipitación.....	7
Luminosidad	8
Vientos.....	8
Altitud.....	9
Suelos.....	10
Preparación del suelo	11
Distancia de siembra.....	13
Trazado y estaquillado del terreno ..	15
Siembra de la sombra del Cacao	18
Hoyado y siembra	18
Equipo para la siembra.....	20
Podas del cacao.....	20
Despunte	21
Poda de formación	22
Poda de mantenimiento	22
Poda sanitaria.....	23

Sombra y distancia entre árboles.....	25
Tipos de sombra.....	25
Diseños de siembra	29
Fertilización	37
Manejo de plagas y enfermedades ..	44
Moniliasis	45
Mazorca negra	47
Antracnosis	49
Mal de machete	51
Monalunion o chinche del cacao.....	52
Thrips	52
Ardillas, monos, roedores y aves ..	53
Prácticas de control de enfermedades	54
Referencias	57

Índice de cuadros

1. Número de plantas de cacao por hectárea según el diseño y la distancia de siembra14
2. Especies más comunes y distancias de siembra recomendadas como sombra en sistemas agroforestales de cacao35
3. Cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas de cacao a diferentes edades de la plantación..... 41
4. Tabla de referencia para la interpretación de análisis de suelo 42
5. Número de aplicaciones y cantidad de fertilizante a aplicar anualmente según la edad de la plantación ...43

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Cacaotal con encharcamiento por la baja infiltración de agua.....12	11. Poda de mantenimiento del árbol en producción 23	21. Mazorca con puntos aceitosos ... 46
2. Construcción de drenaje para la salida de agua durante la preparación del terreno12	12. Rama afectada por enfermedad rosada lista para ser podada..... 24	22. Mazorca mostrando madurez prematura 46
3. Estaquillado para la siembra de cacao15	13. Sistema agroforestal de cacao con sombra temporal de banano..... 26	23. Mancha chocolate causada por infección de monilia 47
4. Diseño de estaquillado para la siembra de una plantación de cacao a 3 x 3 m en cuadro16	14. Sistema agroforestal de cacao con sombra permanente de cedro ... 27	24. Mazorca cubierta por esporas de monilia 47
5. Diseño de estaquillado para la siembra de una plantación de cacao a 3 x 3 m en tresbolillo.....17	15. Planta de cacao rodeada de maíz como sombra emergente... 28	25. Mancha parda causada por el ataque de mazorca negra 48
6. Hoyo con las dimensiones recomendadas para la siembra de la planta de cacao19	16. Plantas de cacao protegidas con hojas de palma como sombra emergente 29	26. Aparición incipiente de micelio de <i>Phytophthora</i> sobre una mazorca 48
7. Siembra de cacao19	17. Sistema agroforestal de cacao integrado con especies anuales, frutales, leguminosas y forestales 30	27. Mazorca cubierta por esporas de <i>Phytophthora</i> 49
8. Crecimiento de un chupón en planta injertada joven21	18. Diseño de un sistema agroforestal de cacao mixto..... 36	28. Síntomas producidos por <i>Colletotrichum</i> sp50
9. Despunte de la planta de cacao a los 6 meses de edad21	19. Disponibilidad de macro y micronutrientes de acuerdo con el pH del suelo 38	29. Síntomas producidos por <i>Ceratocystis</i> sp.....51
10. Poda de formación 6 meses después del despunte..... 22	20. Mazorca con gibas..... 46	30. Mazorca siendo atacada por <i>monalonion</i> 52
		31. Frutos de cacao con daños causados por ratas y pájaro carpintero31

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de gran valor, pues es el insumo principal de una inmensa gama de productos industriales que mueven la economía de muchos países. Tanto la industria alimenticia, como la cosmética y farmacéutica explotan además de los granos, la manteca, el licor y el polvo de cacao en una gran variedad de productos de diferentes categorías.

El árbol de cacao tiene su origen en las zonas boscosas del Amazonas, donde predominan las condiciones tropicales de constantes precipitaciones, alta humedad ambiental, temperaturas cálidas y

radiación solar en todo el año. Este escenario, que es el ideal para la producción de cacao, es también el que más favorece el desarrollo de hongos, bacterias y otros patógenos que ponen en riesgo no solamente la cantidad de producción obtenida, sino también, la calidad de lo que se produce.

A pesar de su origen, el 76% del cacao que se produce a nivel mundial proviene del continente africano, mientras solamente el 17% de América. En Suramérica, y en menor medida en Centroamérica, es posible encontrar una amplia gama de grupos genéticos o tipos de cacao que le brindan a la región una importante ventaja en comparación

con los países más productores a nivel mundial.

Esta diversidad genética que se encuentra en el centro de origen es la fuente de cacaos con características especiales como resistencia a enfermedades y sabores y aromas particulares con que los productores pueden competir en mercados internacionales con productos de la más alta calidad.

El comercio y la industria diferencia los cacaos según su calidad entre “cacao común” y “cacao fino y de aroma”. A pesar de que todos los cacaos tienen la habilidad de desarrollar aromas durante el tostado, por los componentes que poseen en sus cotiledones, los aromas finos son determinados por el genotipo. Estas

variedades especiales, además de contar con aromas normales a cacao, se distinguen por tener componentes de aromas particulares que se expresan durante el procesamiento.

De acuerdo con la Organización Internacional de Cacao (ICCO), a pesar de existir en los mercados, una creciente demanda por los cacaos finos y de aroma, este corresponde únicamente al 5% del cacao producido a nivel mundial. De hecho, la ICCO, para promover la calidad del cacao entre sus países miembros, ha establecido una calificación de la proporción del cacao que exporta cada país, que cumpla con esta categoría.

Son pocos los países con un reconocimiento de 100% de su cacao

como “fino y de aroma”, la mayoría de ellos de América. Costa Rica es el único país centroamericano con esta calificación, lo cual le permite a los productores negociar precios más altos en los mercados internacionales en comparación con el cacao tradicional.

Es importante tener en cuenta que a pesar de la calidad y los sabores que distinguen al cacao del país, las prácticas de manejo definen en gran medida la calidad final del producto. Esto hace que sea fundamental contar con los conocimientos necesarios para manejar correctamente las plantaciones, la cosecha y la fase de beneficiado, ya que, de lo contrario, se podría perder la posibilidad de expresar el buen potencial del mismo.

Conscientes de la necesidad de brindar asistencia técnica y apoyo formativo a las empresas y a los productores y productoras costarricenses, se ofrece esta serie de manuales que reúne un conjunto de prácticas y recomendaciones técnicas que impacten positivamente la competitividad de Costa Rica en los mercados de cacao fino y de aroma y en el estilo de vida de las familias productoras.

Los temas incluidos en los manuales se refieren a la siembra, cosecha y post-cosecha, siendo estas las etapas más críticas que han sido identificadas como los factores que le restan potencial a la producción cacaotera del país y el acceso a los mercados en los que existe posibilidad de ingresar.

CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS

Por ser originario de la zona tropical húmeda de los bosques de Suramérica, el cacao debe ser cultivado en ambientes específicos que le permitan crecer y desarrollarse adecuadamente para alcanzar todo su potencial productivo y no en todas las zonas del país encontramos esas condiciones. Antes de iniciar con la preparación del terreno donde se establecerá el cacaotal, es fundamental conocer las condiciones ambientales del sitio. El Instituto Meteorológico Nacional (www.imn.ac.cr) cuenta con la información de la mayoría de regiones de Costa Rica, por lo que lo más

recomendable es tener los datos de la zona más cercana a la finca.

Estos factores pueden influir positiva o negativamente en el comportamiento de las plantas de cacao, por lo que se detallan a continuación:

TEMPERATURA

Idealmente la temperatura promedio mensual debe ser entre 25 a 26°C. No se recomienda sembrar en lugares donde la temperatura mínima promedio sea menor a 21°C y donde la mínima absoluta baje de 10°C.

La diferencia entre la temperatura máxima y la mínima en un mismo día no debe ser mayor a 9°C, ya que esto tiene un efecto negativo sobre la floración y la formación y maduración de los frutos. Además, a temperaturas por debajo de los 25°C se reduce el crecimiento del tronco, mientras que se reduce la formación de las flores a temperaturas menores a 21°C y mayores de 28°C.

PRECIPITACIÓN

El cacao requiere de lluvias para su adecuado desarrollo, pero se debe tener en cuenta no solo la cantidad, sino también la intensidad y la frecuencia. Se considera óptima

una precipitación entre 1500 y 3000 mm anuales distribuidos en todo el año, aunque esto puede variar según las condiciones generales del sitio.

En lugares más cálidos se requieren entre 1500 y 2500 mm por año, mientras en sitios más frescos entre 1000 y 2000 mm. No es recomendable sembrar en lugares donde haya más de tres meses consecutivos de sequía, es decir, menos de 100 mm mensuales, de lo contrario se requiere establecer un sistema de riego que supla a la plantación del agua necesaria para su desarrollo.

LUMINOSIDAD

El cacao es una especie tolerante a la sombra, por lo que su fisiología y metabolismo están adaptados a condiciones de baja luminosidad. Generalmente, este factor se mide en radiación solar y brillo solar, sin embargo, dado que las necesidades de las plantas varían según las condiciones del sitio, lo más sencillo es hacerlo con base en las condiciones de clima relacionadas con la nubosidad.

De esta variable van a depender las necesidades de sombra en el cacaotal, así como la frecuencia y la intensidad de las podas. En lugares donde predomina una alta densidad de nubes la mayor parte del año, la

necesidad de sombra será menor que en lugares con alta radiación.

Además, la nubosidad y la exposición solar influyen directamente en la iluminación y en el calor proveniente de la luz solar. La intensidad de luz se relaciona con la capacidad fotosintética y otros procesos fisiológicos de la planta, mientras que el calor con el desarrollo de los tejidos.

VIENTOS

El viento puede afectar negativamente las plantas de cacao cuando alcanza velocidades superiores a los 14 km/h. Los vientos fuertes pueden causar la caída prematura de las hojas, pues estas pierden humedad y se secan más

rápidamente que en condiciones óptimas, lo cual implica un desgaste de energía de la planta en la reposición de las hojas caídas en lugar de la formación de ramas y frutos.

Normalmente las raíces del cacao son fuertes y están bien ancladas al suelo, por lo que los vientos no causan la caída de árboles, pero sí pueden ocasionar el acame o tumbamiento de plantas de sombra temporal o la quiebra de ramas de las especies de sombra permanente que podrían causar fuertes daños en la plantación, por lo que se recomienda el establecimiento de cortinas rompevientos con especies que conserven la mayor parte del follaje durante todo el año para minimizar los efectos negativos.

ALTITUD

La altitud tiene una relación directa con la diferencia de temperaturas entre el día y la noche, con la luminosidad y con los vientos. El rango de altitud óptimo puede variar de acuerdo con la posición del lugar con respecto al ecuador, pues conforme aumenta la distancia, se reduce la posibilidad de sembrar en altitudes mayores.

En Costa Rica, las condiciones más favorables se encuentran entre los 0 y 900 m.s.n.m., aproximadamente, aunque se sabe que por encima de los 600 m.s.n.m. se reduce el crecimiento y la capacidad de floración de las plantas de cacao.





SUELOS

Debe ser analizado desde diferentes aspectos, relacionados con sus propiedades físicas y químicas.

PROFUNDIDAD

Debe tener al menos 1,5 m de profundidad para permitir la penetración de las raíces.

TEXTURA

Lo ideal son los suelos francos a franco-arcillosos, que sean sueltos que permitan la penetración de las raíces y a la vez, la retención de agua.

ESTRUCTURA

Se recomienda sembrar en suelos ricos en materia orgánica, ya que esta facilita la formación de agregados en las capas superiores y evitar suelos con grandes cantidades de grava o arena gruesa que dificultan la retención de agua.

PENDIENTE

Por facilidad para las prácticas de manejo, lo mejor es plantar en terrenos planos o con pendientes de suaves a moderadas no mayores al 25%. A pesar de que es posible sembrar en terrenos con pendientes pronunciadas, lo mejor es hacerlo donde sea posible caminar fácilmente y sin riesgo de una caída.

PH

El rango aceptable se encuentra entre 6,0 a 7,5 en la capa superficial, siendo 6,5 el pH ideal.

SIEMBRA DE CACAO FINO Y DE AROMA

PREPARACIÓN DEL SUELO

Una vez que se ha seleccionado el sitio donde se va a establecer el cacaotal, se debe preparar el terreno. Las actividades a realizar dependen del uso que ha tenido el suelo anteriormente: si es un tacotal cubierto de maleza densa, un potrero, una parcela con cultivos anuales, un cacaotal viejo, etc. En todos los casos, el área debe ser preparada con varios meses de anticipación, preferiblemente en los meses menos lluviosos, los cuales varían entre regiones.

- **Tacotal o montaña:** Lo primero que se debe hacer es la tumba y pica de la vegetación existente para eliminar principalmente los árboles pequeños y podar los árboles más grandes si se conservarán como parte del sistema agroforestal que se establecerá. Es importante picar lo suficiente la vegetación para que la materia orgánica se incorpore al suelo y extraer del terreno las ramas y troncos gruesos que dificulten las

demás labores, nunca hacer una quema para no perder materia orgánica ni microorganismos.

- **Potrero:** Debido a que posiblemente el suelo esté muy compactado, se debe arar a la mayor profundidad posible, que puede ser entre 20 y 30 cm, para facilitar el anclaje de las raíces de cacao.
- **Cultivos anuales de ciclo corto:** Después de la cosecha, se debe adicionar fuentes extras de materia orgánica y fertilizantes, pues estas son plantas muy extractoras de nutrientes.
- **Cacaotal viejo:** Se pueden cortar todos los árboles e iniciar desde cero o eliminar los árboles improductivos y conservar los mejores. Otra opción es sembrar el cacao nuevo debajo de cacaotal viejo para que funcionen como sombra los primeros años y eliminarlos progresivamente.

Es muy importante construir drenajes en las zonas donde no haya buena filtración o se dificulte la salida del agua (Figura 1), pues esto causa problemas en el desarrollo de las plantas y la diseminación de enfermedades por el exceso de humedad. Estos drenajes deben recoger el agua acumulada y sacarla de la plantación evitando la salida de la hojarasca del suelo (Figura 2).



Figura 1. Cacaotal con encharcamiento por la baja infiltración de agua



Figura 2. Construcción de drenaje para la salida de agua durante la preparación del terreno

DISTANCIA DE SIEMBRA

Las distancias de siembra más comúnmente recomendadas son: 3 × 3 m; 2,5 × 2,5 m o 3 × 4 m; sin embargo, la densidad de siembra y la distancia se debe definir con base en las condiciones ambientales del sitio, la presencia de enfermedades y la topografía del terreno. En lugares con mucha luminosidad y poca humedad se siembra a distancias menores, mientras en los más lluviosos y húmedos y con más incidencia de enfermedades, se recomiendan las distancias mayores.

La dirección de la plantación más adecuada es de norte a sur para

que las especies de sombra cubran por más tiempo durante el día las plantas de cacao. En lugares con alta incidencia de monilia, las calles se orientan en la dirección que corre el viento, para permitir la salida de humedad, mientras que en terrenos con pendientes fuertes, se recomienda sembrar en dirección de la pendiente, preferiblemente en triángulo para evitar la erosión del suelo.

Para calcular el número de plantas que caben en un área determinada y a una distancia definida, se utiliza una simple operación matemática, dividiendo el área entre el producto de multiplicar la distancia de siembra:

$$n = \frac{A}{d_1 \times d_2}$$

Donde:

n = número de plantas por área

A = área determinada

d1 = distancia de siembra 1

d2 = distancia de siembra 2

Así, por ejemplo, si se va a plantar una hectárea (10 000 m²) a una distancia de 3 × 3 m en cuadro, la cantidad de plantas por hectárea es de 1.111, la cual se determina mediante la siguiente operación:

$$n = \frac{10\,000}{3 \times 3}$$

$$n = \frac{10\,000}{9} = 1.111$$

En el caso de que se opte por sembrar en tresbolillo, triángulo o “pata de gallo”, la operación es similar, pero las distancias se multiplican además por una constante de 0,866 (seno de 60°). Esto quiere decir que, en una hectárea, a la misma distancia de 3 × 3 m pero en este diseño, la cantidad de plantas es de 1283.

$$n = \frac{10\,000}{3 \times 3 \times 0,866}$$

$$n = \frac{10\,000}{7,794} = 1283$$

El número de plantas por hectárea según la distancia de siembra y el diseño se detalla a continuación (Cuadro 1):

Cuadro 1. Número de plantas de cacao por hectárea según el diseño y la distancia de siembra

Distancia de siembra	Cuadrado	Tresbolillo
3 × 3 m	1111	1283
4 × 4 m	625	721
2,5 × 2,5 m	1600	1847
2,8 × 2,8 m	1275	1472
3 × 4 m	833	962
2,5 × 3 m	1333	1539
2,8 × 3 m	1190	1374

TRAZADO Y ESTAQUILLADO

DEL TERRENO

Se refiere a la distribución espacial en el terreno para determinar los lugares donde se sembrará cada planta de cacao y de sombra.

Para el estaquillado se necesitan muchas estacas para marcar los lugares donde va cada planta, que pueden ser de bambú, de madera o cualquier otro material que sirva como marca (Figura 3).

Para hacer el trazado se necesita cinta métrica y algunas estacas o varillas que midan lo mismo que la distancia de siembra. Lo primero que hay que marcar es una línea

madre con una cuerda, en el borde de la parcela en dirección norte-sur, la cual servirá como guía de la dirección de las calles. Se pone una marca en la esquina donde irá la primera planta (1) y luego se siguen estos pasos:

Si se va a trazar una plantación a una distancia de 3×3 m en cuadro, se coloca sobre la línea madre una estaca de 3 m y se marca ese punto (2). Luego, desde la esquina donde se marcó la primera planta, se coloca otra estaca de 3 m formando un triángulo y para asegurarse que

Figura 3. Estaquillado para la siembra de cacao



está en ángulo recto, se mide con la cinta métrica 4,24 m. En el punto donde la estaca de 3 m coincide con los 4,24 m desde el punto 2, se marca un nuevo punto (3).

Con la ayuda de las estacas de 3 m, se continúa en toda el área formando un ángulo recto desde dos puntos ya establecidos y así se marca todo el terreno (Figura 4).

Para trazar una parcela a tresbolillo se necesitan estacas o varillas que midan lo mismo que la distancia de siembra. Siguiendo el ejemplo de una parcela a 3×3 m de distancia, para iniciar, igualmente se traza la línea madre en dirección norte-sur y se marca el punto donde se ubicará la primera planta en la esquina (1).

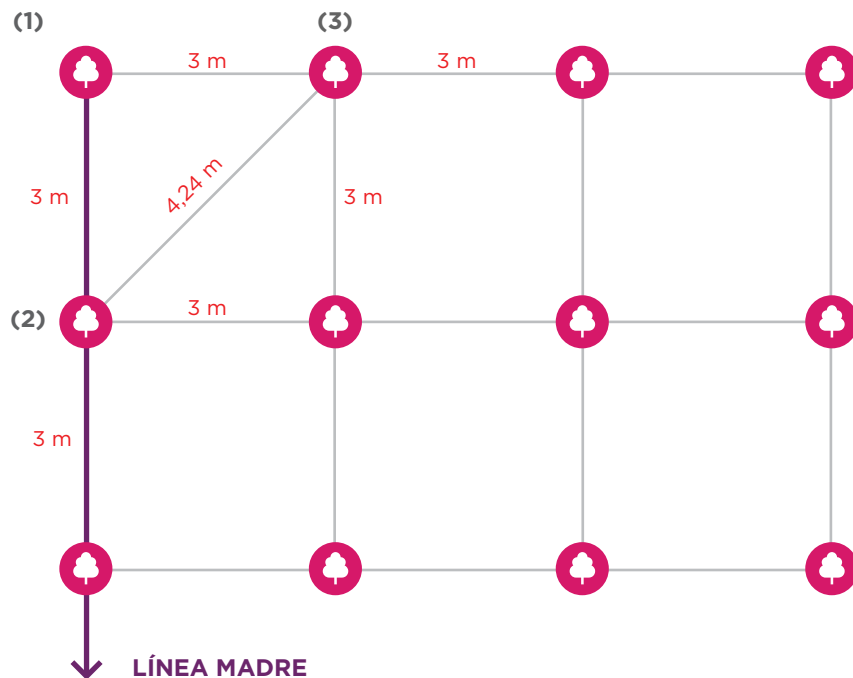


Figura 4. Diseño de estaquillo para la siembra de una plantación de cacao a 3×3 m en cuadro

Para marcar la ubicación de las demás plantas, se coloca una estaca de 3 m desde el primer punto sobre la línea madre y se marca un segundo punto (2). Utilizando dos estacas de 3 m, cada una desde los puntos (1) y (2), se juntan formando un triángulo y ahí se marca el punto (3). Con ayuda de estacas de 3 m, se continúa marcando el resto del área formando triángulos de tres lados iguales desde dos puntos ya establecidos hasta completar todo el terreno (Figura 5).

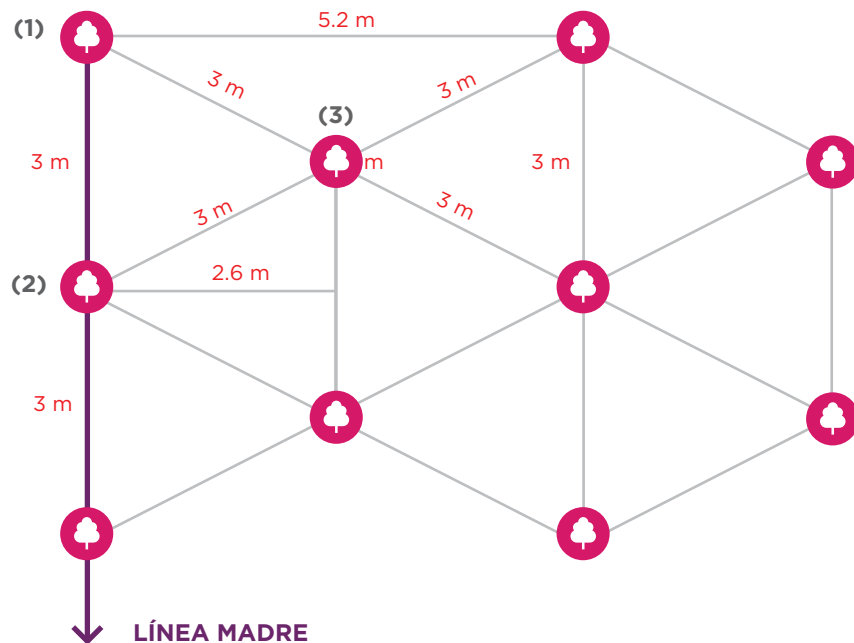


Figura 5. Diseño de estaquillado para la siembra de una plantación de cacao a 3×3 m en tresbolillo

SIEMBRA DE LA SOMBRA

DEL CACAO

Una vez que se realiza el estaquillado y se definieron los espacios para cada planta de cacao, es posible establecer las especies de sombra temporal y sombra permanente. Para que al momento de sembrar el cacao la sombra ya esté bien establecida, se aconseja que esta sea sembrada 6 meses antes que el cacao. Más adelante se detallan los tipos de sombra, las especies recomendadas y las distancias de siembra.

HOYADO Y SIEMBRA

Se recomienda hacer los huecos para la siembra del cacao al menos dos o tres semanas antes de la siembra. Además, al momento de establecer el cacao, ya debe haber sido establecida la sombra. Esto será detallado en la sección respectiva.

El tamaño de los hoyos va a depender del tipo de suelo, pero lo más recomendable es hacerlos de 40 × 40 × 40 cm (largo-ancho-profundidad) (Figura 6). En suelos sueltos es posible sembrar en hoyos más pequeños de 30 × 30 × 30 cm.

El momento ideal para realizar la siembra es una vez iniciado el

período de lluvias para que se este se extienda por los siguientes dos o tres meses. En caso de que no haya lluvia después de la siembra, se debe proveer el agua a través de riego.

Al hacer el trasplante, se colocan 150 g de fertilizante con alto contenido de fósforo (10-30-10 o 12-24-12), roca fosfórica o cualquier abono orgánico para promover el desarrollo radical. Después de poner el fertilizante, cubrirlo con un poco de suelo para evitar que quede en contacto directo con la raíz, luego romper y retirar la bolsa plástica procurando no dañar el adobe ni las raíces, colocar la planta en el hueco, rellenar con tierra y presionar suave con las manos sin compactarlo mucho (Figura 7).

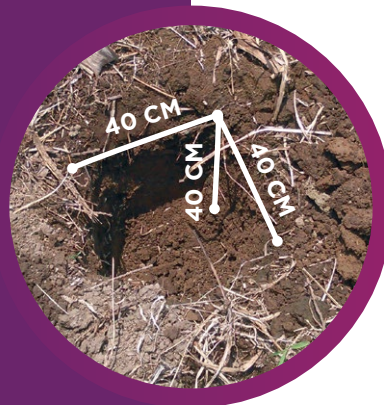


Figura 6. Hoyo con las dimensiones recomendadas para la siembra de la planta de cacao



Figura 7. Siembra de cacao

EQUIPO PARA LA SIEMBRA

En resumen, para la siembra se requiere contar con los siguientes herramientas y materiales:

- Cuchillo, machete o sierra
- Cinta métrica
- Estacas de bambú o de madera del largo según la distancia de siembra
- Estacas para marcar la posición de las plantas
- Cuerda
- Pala y pico
- Cuchilla o navaja
- Arado en caso necesario
- Bomba de espalda para aplicar herbicida

PODAS DEL CACAO

Aunque todavía en algunos lugares es común la siembra de plantas de cacao obtenidas a partir de semilla híbrida o de semilla común, para producir cacao fino y de aroma, lo más recomendable es el uso de plantas injertadas de variedades o clones finos y de aroma, con características de alta producción, resistencia a enfermedades, alta calidad y sabores especiales.

Es fundamental hacer correctamente un manejo de las plantas injertadas desde las primeras etapas del desarrollo, ya que eso nos va a garantizar el buen comportamiento en el campo y un crecimiento

adecuado, lo cual se traduce en una mejor producción. En las plantas injertadas se puede presentar el desarrollo de brotes del portainjerto, por lo que, especialmente durante los primeros meses después de la siembra, es necesario hacer un recorrido para eliminar todos los chupones, que estén creciendo, ya que estos le quitan fuerza al injerto (Figura 8).

Es muy importante hacer paso a paso las podas del cacao para tener un resultado exitoso. Los siguientes son los pasos a seguir:

DESPUNTE

Se realiza aproximadamente a los 6 meses de la siembra en el campo, cuando el injerto mide entre 70 cm y 1 m, cortando con tijera de podar, aproximadamente 20 cm de la punta de la rama principal para estimular la formación de ramas secundarias (Figura 9).



Figura 8.
Crecimiento de un
chupón en planta
injertada joven



Figura 9.
Despunte de la
planta de cacao
a los 6 meses
de edad



Figura 10.
Poda de formación 6 meses
después del despunte

PODA DE FORMACIÓN

Alrededor de 6 meses después del despunte, la planta va a tener varias ramas secundarias creciendo en diferentes direcciones. Para realizar la poda, se eligen de 3 a 4 ramas verticales y equidistantes, estas son las que se mantienen para que el árbol adopte la mejor forma, tratando de copiar la forma del molinillo o verticilo de las plantas de semilla. El resto de las ramas se cortan desde la base del tronco (Figura 10).

El número de ramas que se conserva depende de la densidad de siembra. Por ejemplo, si la distancia es de $2,5 \times 2,5$ m o 3×3 m, se conservan 3 o 4 ramas,

mientras que si la distancia es 4×4 m o mayor, se conservan más ramas para formar árboles más grandes y frondosos.

PODA DE MANTENIMIENTO

Esta poda tiene como objetivo crear un balance entre el crecimiento vegetativo del árbol y la producción de mazorcas. Lo más recomendable es hacerla cada seis meses, inmediatamente después de las épocas de mayor cosecha, para promover la formación de follaje nuevo y bien distribuido, ramas verticales, balanceadas y que ocupen el espacio que les corresponde, es decir 1,5 m en círculo alrededor de

la planta en distancias de siembra es 3×3 m.

La poda de mantenimiento será diferente para cada árbol, pues debe adecuarse a las particularidades de cada individuo, dependiendo de su altura, del tamaño de sus ramas, de su forma de crecimiento y del estado general del árbol.

Lo primero que se debe hacer es eliminar los chupones de la base del árbol que le restan fuerza al injerto. Seguido se entresacan ramas interiores de la copa que se entrecruzan entre ellas, tratando de conservar no más de 4 ramas primarias que son las que salen del tronco principal (Figura 11).

Se hace un despunte de las ramas más altas para adecuar la altura a 3 m como máximo y de las ramas laterales para evitar que haya traslape con las de los árboles vecinos y por último eliminar las ramas bajas que crecen horizontalmente y que cuelgan hacia el suelo, ya que estas dificultan el paso de los trabajadores entre las calles y son más propensas a ser atacadas por las enfermedades.

PODA SANITARIA

Consiste en eliminar los frutos enfermos y las partes del árbol afectadas por plagas y enfermedades. Las ramas y hojas enfermas se deben eliminar al momento de ser detectadas,



Figura 11. Poda de mantenimiento del árbol en producción



Figura 12.

Rama afectada por enfermedad rosada
(*Corticium salmonicolor*) lista para ser podada

utilizando las herramientas apropiadas y desinfectadas (Figura 12). Dependiendo del tamaño, para podar las ramas dañadas las herramientas que se utilizan son: tijera, machete, rabo de zorro, podadora de extensión o chuza.

En el caso de mazorcas enfermas, se recomienda recorrer la plantación para eliminarlas semanalmente durante el período de cosecha y cada 2 o 3 semanas el resto del tiempo. Los frutos deben cortarse en las horas más frescas de la mañana

para evitar que las esporas de monilia se desprendan. Los frutos eliminados se pueden dejar en el suelo y taparlos con la hojarasca de la plantación o formar varios puños y rociarlos con cal o con una solución de urea al 15% para aligerar su descomposición.

Para esto, todos los frutos deben quedar completamente cubiertos con cal o bien mojados con una solución de urea, que se prepara mezclando 150 g por cada litro de agua.

SOMBRA Y DISTANCIA ENTRE ÁRBOLES

El cacao, por ser una especie originaria de las zonas boscosas en los trópicos, tiene una particular preferencia por crecer y producir bajo condiciones de sombra, es decir, es una especie umbrófila. Se estima que al menos el 80% del cacao que se produce en todo el mundo se cultiva bajo condiciones de sombra en sistemas agroforestales (SAF).

TIPOS DE SOMBRA

Durante toda la vida del cacaotal, las plantas van a necesitar diferentes niveles de sombra, por lo que es importante contar con las condiciones adecuadas de la plantación de acuerdo con las etapas. Es recomendable que las plantas de sombra se establezcan al menos 6 meses antes del trasplante del cacao, una

vez que se realiza el estaquillado del terreno, ya que el cacao es susceptible a la alta exposición solar y es fundamental que, al momento de la siembra, ya se cuente con el nivel de sombreado requerido.

Los diferentes tipos de sombra son los siguientes:



SOMBRA TEMPORAL

En los primeros tres o cuatro años de la plantación, el nivel de sombra requerido es de un 70%, lo cual se logra sembrando las plantas a



Figura 13.

Sistema agroforestal de cacao con sombra temporal de banano

distancias cercanas al cacao como 3×3 m o 3×6 m. Generalmente se utilizan especies de ciclo corto, que van a proteger las plantas jóvenes del cacao de la exposición directa del sol, y además garantizan ingresos tempranos en los primeros años, cuando el cacao es improductivo. Además, estas ayudan en el control de malezas (Figura 13).

Las plantas de sombra temporal, deben cumplir con las siguientes características:

- Ser precoz y de rápido crecimiento
- Tener porte erecto y copa densa para disminuir la entrada de sol
- Tener buen anclaje al suelo y resistencia a los vientos

- No ser huésped de plagas o enfermedades del cacao
- Tener un sistema radical poco desarrollado para evitar la competencia
- En lo posible, tener valor comercial

Las especies más usadas como sombra temporal son:

- Musáceas: Banano o plátano
- Papaya
- Madero negro o madre cacao
- Higuerilla
- Poró
- Leucaena

Las distancias de siembra van a depender de la especie y de las condiciones del sitio, pero usualmente musáceas y papaya se

siembran a la misma distancia del cacao (3×3 m) en las calles o en las hileras del cacao; y a 3×6 m las especies más grandes como madero negro, poró o leucaena.

SOMBRA PERMANENTE

Está compuesta por árboles que acompañan al cacao durante la mayor parte de vida de la plantación y cumplen la función de regular la entrada de luz, la temperatura y la humedad dentro del cacaotal (Figura 14). Se recomienda sembrarla antes del cacao o de manera simultánea si la sombra temporal ya ha sido establecida.

Las principales características de los árboles de sombra permanente son:

- Tener una copa más alta que el cacao y que permita el ingreso de los rayos solares
- Tener un sistema radical profundo que no compita con el cacao por agua y nutrientes
- Ser de crecimiento rápido y con buena capacidad de regeneración
- Tolerar la acción de los vientos fuertes
- No ser susceptible a enfermedades o plagas que afecten el cacao

El diseño de siembra de las especies de sombra permanente se define con base en un análisis profundo de muchos factores. La elección de las especies adecuadas y las distancias de siembra van a significar el éxito o no de la plantación de cacao, ya

que la relación entre ambas especies es de largo plazo y los ajustes demandan tiempo que podrían traducirse en pérdidas importantes de la cosecha de cacao.



Figura 14.
Sistema agroforestal de cacao con
sombra permanente de cedro

Existe una amplia lista de especies que pueden ser establecidas como sombra y a distancias de 6 × 6 m, 9 × 9 m, 12 × 15 m o 15 × 15 m; sin embargo, algunas de las especies más comúnmente utilizadas en el país son:

- Laurel (*Cordia alliodora*)
- Teca (*Tectona grandis*)
- Cedro (*Cedrela odorata*)
- Guaba (*Inga sp.*)
- Poró (*Erythrina sp.*)
- Aguacate
- Mamón chino o rambután

SOMBRA DE EMERGENCIA

La sombra emergente es utilizada solo en casos particulares, cuando la sombra aún no está completamente establecida y se requiere proveer a las plantas de cacao de protección

durante los primeros meses después del trasplante. A pesar de que no es común, las especies utilizadas generan un aporte importante en el consumo familiar de alimentos (Figura 15).

Son especies anuales de ciclo corto que se siembran alrededor de cada planta de cacao (de 3 a 4 plantas alrededor del cacao) y que una vez pasada la cosecha, se eliminan, conservando solamente la sombra temporal y la permanente. Las especies más usadas como sombra emergente son:

- Yuca
- Maíz
- Gandul
- Frijol



Figura 15.
Planta de cacao
rodeada de maíz
como sombra
emergente

Otra opción de sombra emergente es colocar sobre cada una de las plantas más expuestas, un techito hecho con sarán o con hojas de palma o de musáceas sostenidas sobre 3 o 4 estacas (Figura 16).

DISEÑOS DE SIEMBRA

Además de proveer de sombra y protección a los árboles de cacao, las especies asociadas con en sistemas agroforestales aportan más beneficios como la producción de madera, frutas y otros bienes para consumo familiar o para la venta. Así mismo, los SAF son considerados una de las estrategias de mayor impacto positivo frente a los efectos del cambio climático.

La diversidad de especies, la composición botánica de los estratos y la estructura de estos sistemas varían ampliamente entre regiones, entre fincas de una misma región e incluso entre secciones de una misma plantación. De acuerdo con la composición de las especies integradas en el SAF, se distinguen seis tipos diferentes de sistemas de sombra:

1. **Cacao sin sombra:** normalmente la distancia de siembra del cacao es mayor para favorecer el autosombreamiento.
2. **Cacao con sombra de un solo tipo de servicio:** pueden ser, por ejemplo, solo árboles de una especie leguminosa en combinación con el cacao.



Figura 16.
Plantas de cacao protegidas con hojas de palma como sombra emergente

3. **Cacao con una o pocas especies**

productivas: que combina cacao con frutales, o cacao con maderables, o cacao con musáceas, etc.

4. **Cacao con combinación de**

especies de sombra: son los más comunes en Mesoamérica, y combinan cacao con una amplia diversidad de especies de árboles que aportan carbono, frutas, madera, leguminosas, etc.

5. **Cacao rústico:** es un tipo de cultivo muy común en el Atlántico de Brasil, conocido como “cabruca”, que combina una gran riqueza de árboles en zonas boscosas, donde la producción de cacao es baja.

6. **Cacao en sistemas agroforestales**

sucesionales: son sistemas que imitan la regeneración natural de los bosques, con una amplia diversidad de especies de plantas y una muy baja densidad de cacao

Los sistemas que combinan el cacao con varias especies de sombra y en diferentes estratos son los más recomendados, ya que, además de garantizar un incremento de la sostenibilidad del mismo, son los más eficientes desde el punto de vista financiero (Figura 17). Sin embargo, el diseño de los sistemas agroforestales es una práctica compleja que depende de un sinnúmero de factores, por lo que no es sencillo definir un protocolo para hacerlo.



Figura 17. Sistema agroforestal de cacao integrado con especies anuales, frutales, leguminosas y forestales

Cada plantación es única y para realizar el diseño del sistema de sombra en el cacaotal, se deben seguir una serie de pasos que servirán de guía para el análisis de los factores que intervienen, para lo cual se debe tomar en cuenta:

1. OBJETIVOS DEL PRODUCTOR

La composición, los patrones espaciales y temporales y el manejo de la sombra se determina de acuerdo con lo que busca obtener el productor. Esos beneficios (servicios ecosistémicos) comprenden diferentes categorías y es importante tenerlos muy claros, que pueden ser:

- Servicios de provisión: suministro de frutas, madera, materiales de construcción, medicinas, agua, etc.
- Servicios de regulación: regulación de plagas y enfermedades, polinizadores, secuestro de carbono, protección ante condiciones extremas, reducción de la erosión del suelo, aumento de la fertilidad, etc.
- Servicios culturales: explotación turística, recreación, etc.
- Servicios de hábitat: hábitat de otras especies, aumento de la diversidad genética.

Una vez que se tiene claro las necesidades del productor, se deben priorizar para identificar las especies de sombra que pueden contribuir a cumplir con esos objetivos.

2. CONDICIONES DEL CACAOTAL

En el caso de plantaciones nuevas, este factor tiene relación directa con las prácticas de manejo que se aplicarán en el cacaotal, pues se basa principalmente en el nivel de autosombra de los árboles de cacao. Cuando un productor no cuenta con el tiempo o la mano de obra suficiente para asegurar la aplicación frecuente de podas y los árboles de cacao son frondosos, el nivel de autosombra producto del crecimiento de las ramas superiores será mayor, y se reducirá el requerimiento de sombra del dosel. Lo mismo sucede cuando las distancias de siembra son cortas y hay una alta densidad de plantas de cacao.

Con base en las necesidades de sombra de la plantación, se determinará cuáles especies y a qué densidad de siembra, funcionarán mejor para cubrir estos requerimientos.

3. CONDICIONES DEL SITIO

Es importante conocer la intensidad de la radiación solar durante las diferentes épocas del año, así como el nivel de fertilidad del suelo, pues es conocido que una mayor radiación implica un aumento en la demanda de nutrientes del suelo.

El grado de nutrición del suelo también tiene una influencia directa en la necesidad de sombreado, pues suelos fértiles son capaces

de sostener plantaciones con mayor exposición y la sombra será más necesaria en suelos de baja fertilidad.

Las condiciones agroclimáticas también determinarán el diseño de sombra, pues en algunos lugares la alta nubosidad o los fuertes vientos predominan la mayor parte del año. Estas variables permiten definir tanto la composición como la ubicación de la sombra dentro de la plantación, ya sea en bloques, en hileras de acuerdo con la dirección de los vientos o el movimiento del sol, en barreras rompevientos en los bordes, entre otras opciones.

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES DE SOMBRA

Idealmente, la plantación de cacao debería tener un sistema de sombra homogéneo y con una distribución uniforme en todo el terreno, sin embargo, la diversidad de especies y los múltiples factores que influyen en el desarrollo de la plantación, hacen que esta no sea la realidad. Normalmente, dentro de una misma plantación, se encuentran muchos tipos de árboles en diferentes estratos y con características diferentes de altura, tamaño y forma de la copa, opacidad y patrón de defoliación.

Una vez realizado el análisis, a partir de estas características es posible hacer un mejor diseño del sistema

agroforestal, de manera que se cubran las necesidades de sombra del cacao.

Si se ha decidido cuáles son las especies a utilizar como sombra temporal y cuáles como sombra permanente, si se desea un solo tipo o más bien maderables, leguminosas y frutales de manera integrada con el cacao, lo principal ahora es definir el número de plantas de cada una.

El número de plantas por hectárea y la distancia de siembra va a depender de variables como el área total, el diámetro y el porcentaje de opacidad de la copa. Con estos datos es posible realizar un diagnóstico de la sombra de un cacaotal, mediante la aplicación de la fórmula:

$$C = n \times \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \right) \times P$$

Donde:

C = área cobertura de sombra

n = número de plantas por área

D = diámetro de la copa

P = opacidad de la copa

Siendo así, por ejemplo, para una especie dada, con una copa de 8 m de diámetro y una opacidad conocida de 50%, el número de plantas por hectárea, para tener un 30% de sombra en el cacaotal, se determina de la siguiente manera: El 30% de sombra de una hectárea son 3000 m² y la opacidad de 0,5; por lo tanto, la cantidad de árboles se calcula despejando la fórmula:

$$n = \frac{C}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right) \times P}$$

$$n = \frac{3000}{\left(\frac{\pi}{4} \times 8^2\right) \times 0,5}$$

$$n = \frac{3000}{25,13} = 119,4$$

La distancia de siembra se determina así:

$$S = \sqrt{\frac{A}{n}}$$

Donde:

S = distancia de siembra

A = área determinada

n = número de plantas por área

Por lo tanto, para el ejemplo anterior, la distancia de siembra será de 9×9 m.

$$S = \sqrt{\frac{10\,000}{119,4}} = 9,15$$

A pesar de la influencia de múltiples factores en el diseño de los sistemas agroforestales, existen recomendaciones de distancias de siembra para las especies más comunes (Cuadro 2), las cuales pueden ir ajustándose de acuerdo con la experiencia propia del productor en su finca. Es importante tomar en consideración, que las distancias de las especies de sombra deben ser múltiplos de la distancia de siembra del cacao.

Cuadro 2. Especies más comunes y distancias de siembra recomendadas como sombra en sistemas agroforestales de cacao

Especie	Distancia recomendada	Usos		
		Maderable	Leguminosa	Frutal
Laurel	9 × 9 9 × 12 8 × 12	●		
Cedro	9 × 9 10 × 10 12 × 12	●		
Poró	10 × 10 12 × 12		●	
Madero negro	6 × 6 6 × 9 10 × 10		●	
Guaba	9 × 9 10 × 12 12 × 12		●	●
Aguacate	6 × 9 8 × 8			●
Mamón chino	9 × 9 8 × 8 10 × 10			●

La Figura 18 es un ejemplo del diseño de un sistema agroforestal mixto, combinando cacao con banano, árboles forestales, leguminosas y frutales.

-  Cacao (3 x 3 m)
-  Banano (3 x 3 m)
-  Laurel (9 x 12 m)
-  Madero negro (6 m)
-  Aguacate (6 m)

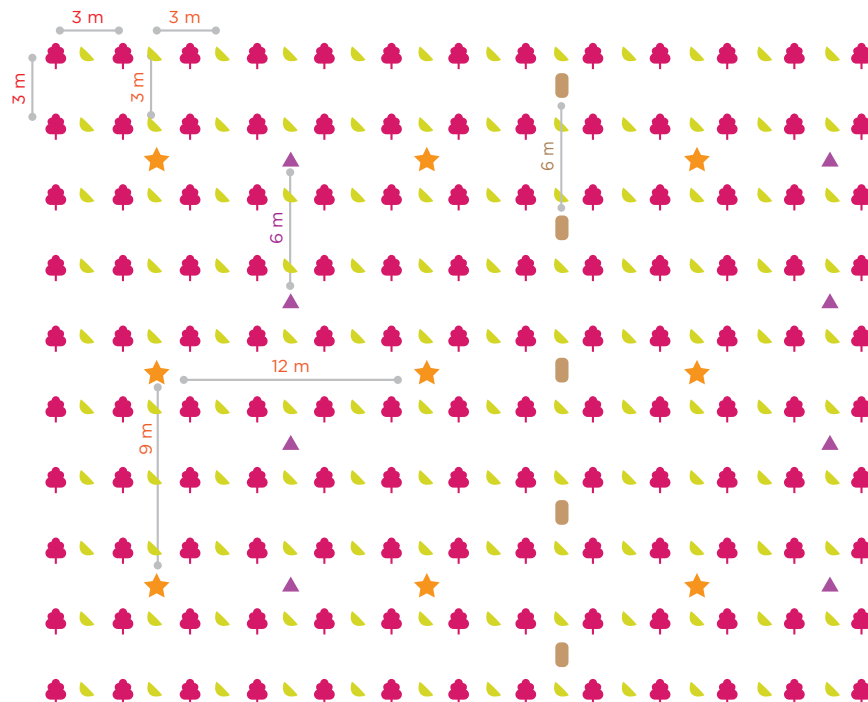


Figura 18. Diseño de un sistema agroforestal de cacao mixto

FERTILIZACIÓN

Los nutrientes son necesarios para las plantas, pues estos participan de manera activa en el metabolismo y cumplen funciones como componentes de las estructuras orgánicas, activan reacciones bioquímicas en las plantas y ayudan en la osmoregulación.

Principalmente a través del suelo, las plantas encuentran y absorben los elementos minerales que necesita para su crecimiento y desarrollo. Es muy importante conocer las necesidades de las plantas para optimizar el uso de los nutrientes, pues cada uno de estos se requiere

en cantidades y en momentos diferentes.

De acuerdo con las necesidades, los nutrientes se clasifican en dos grupos. Los macronutrientes, que son requeridos en grandes cantidades son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S); y los micronutrientes en cantidades pequeñas: manganeso (Mn), boro (B), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), aluminio (Al) y molibdeno (Mo).

Muchos factores intervienen en las necesidades de los nutrientes para cada cultivo, por lo que no existe una única receta a seguir para suplir los requerimientos particulares de una plantación. Sin embargo, los

estudios han permitido determinar las cantidades aproximadas para cada especie, lo cual facilita suplir estas necesidades.

Para satisfacer los nutrientes necesarios para una plantación de cacao, lo más recomendable es realizar análisis de suelo. Esto puede ser al momento de preparar el terreno, para hacer las correcciones posibles antes de la siembra, y también una vez que la plantación está en desarrollo, para suplir los nutrientes que el cacao necesita.

Uno de los factores más importantes que se debe tomar en consideración es el pH del suelo, pues de él va a depender la disponibilidad de los nutrientes para que sea absorbido por las raíces. Como se mencionó

en la primera parte de este manual, el pH ideal para el cultivo de cacao se encuentra en el rango entre 6.0 y 7.5, pues es donde se da la mejor absorción de los elementos (Figura 19).

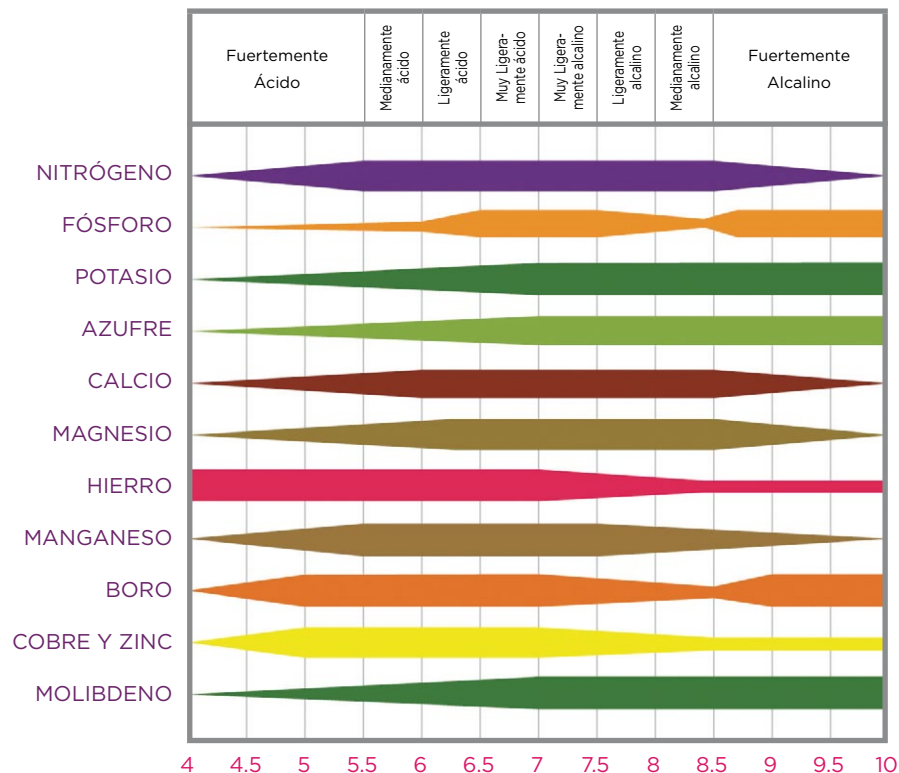


Figura 19. Disponibilidad de macro y micronutrientes de acuerdo con el pH del suelo
Fuente: Imagen tomada de internet

Esto quiere decir que el nivel de acidez o alcalinidad del suelo es uno de los primeros aspectos que es necesario corregir para aumentar la fertilidad del cacao. Lo más común es encontrar presencia de suelos ácidos, lo cual se corrige con la aplicación de algún agente alcalinizante, por ejemplo, de cal.

La cantidad de cal a aplicar se puede determinar con base en los resultados del análisis de suelo. La fórmula para calcular el encalado es la siguiente:

$$\text{ton cal/ha} = \frac{2 (\%SA - \%RAS) \times CICE}{100}$$

Donde:

ton cal/ha = toneladas de material encalante a aplicar por hectárea

% SA = saturación de acidez = $(\text{Acidez} \div \text{CICE}) \times 100$

CICE = Capacidad de intercambio catiónico = $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{acidez}$

% RAS = saturación de acidez deseada = 15%

El siguiente es un ejemplo del resultado de un análisis de suelo para calcular la dosis de encalado:

pH	Acidez (cmol(+)/l)	Ca (cmol(+)/l)	Mg (cmol(+)/l)	K (cmol(+)/l)	P (mg/l)
4,5	1,88	4,66	0,70	0,96	150,6

$$\% SA = 1,88 \div (4,66 + 0,70 + 0,96 + 1,88) \times 100 = 22,93$$

$$CICE = 4,66 + 0,70 + 0,96 + 1,88 = 8,20$$

$$\% RAS = 15$$

$$\text{ton cal/ha} = \frac{2 (22,93 - 15) \times 8,20}{100}$$

$$\text{ton cal/ha} = \frac{130,05}{100} = 1,30$$

Esto quiere decir que, en la plantación donde el pH es de 4,5 y la acidez de 1,88; se debe aplicar 1,30 ton de material encalante por hectárea. No se recomienda aplicar más de 4 ton/año en suelos arcillosos o 2 ton/año en suelos franco arenosos. Cuando las dosis recomendadas superan estas cantidades, se debe dividir en dos o tres aplicaciones, respetando la dosis máxima permitida por año.

La aplicación de cal debe hacerse realizarse justo antes de las lluvias, de lo contrario, se recomienda regar después del encalado, para facilitar la incorporación en el suelo. Una vez que se hace el encalado, se recomienda hacer la fertilización un mes después.

Cuando este correctivo se aplica en áreas nuevas, se hace en todo el terreno después del trazado, mientras que, en cacaotales ya establecidos, se distribuye uniformemente al voleo en los espacios entre los árboles. La cantidad por árbol dependerá de la dosis y de la cantidad de árboles en el área.

La determinación de la dosis de fertilizante es un proceso complejo, debido a que, para hacer una aplicación justa, es necesario tomar en cuenta las entradas y salidas de nutrientes, además de múltiples factores ambientales que interfieren en la nutrición de los cultivos. Sin embargo, la mayoría de las veces, lo más recomendable es hacer la estimación de la dosis con base en las necesidades y en los análisis de suelo.

Los requerimientos nutricionales del cacao varían según la edad de la plantación. En el cuadro 3 se detallan las cantidades de los nutrientes que las plantas necesitan en diferentes estados de desarrollo.

Cuadro 3. Cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas de cacao a diferentes edades de la plantación

Nutriente	Requerimientos nutricionales (kg/ha)		
	Antes de producir (1-2 años)	Producción temprana (3-4 años)	Producción madura (>5 años)
Nitrógeno	136	212	438
Fósforo	14	23	48
Potasio	151	321	633
Calcio	113	140	373
Magnesio	47	71	129

Los resultados de los análisis de suelo permiten determinar si alguno de los elementos se encuentra en un nivel crítico según los parámetros que han sido establecidos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tabla de referencia para la interpretación de análisis de suelo

Características	Categoría		
	Baja	Media	Alta
pH (agua 1:2,5)	<5,5	5,6 – 6,5	>6,5
Acidez (cmol(+)/l)	<0,5	0,5 – 1,5	>1,5
Saturación de acidez (%)	<10	10 – 50	>50
Suma de bases (cmol(+)/l)	<5	5 – 25	>25
CICE (cmol(+)/l)	<5	5 – 25	>25
Ca (cmol(+)/l)	<4	4 – 20	>20
Mg (cmol(+)/l)	<1	1 – 5	>5
K (cmol(+)/l)	<0,2	0,2 – 0,6	>0,6
Ca/Mg		2 – 5	
Ca/K		5 – 25	
Mg/K		2,5 – 15	
Ca+Mg/K		10 – 40	
P (mg/l)	<10	10 – 20	>20
Zn (mg/l)	<2	2 – 10	>10
Mn (mg/l)	<5	5 – 50	>50
Fe (mg/l)	<10	10 – 100	>100
Cu (mg/l)	<2	2 – 20	>20
Materia orgánica (%)	<10		

*Fuente: Bertsch (1986)

A pesar de la importancia de aplicar una fertilización particular basado en los factores antes mencionados, para cacao, comúnmente se han obtenido resultados satisfactorios con las fórmulas completas de fertilizante: 18-5-15-6-2; 18-10-12-6-5; 20-7-12-3-2, entre otras similares.

El fertilizante se aplica en banda, a 1 m alrededor del tronco del árbol y la dosis recomendada varía según la edad de la plantación (Cuadro 5).

Para las fincas orgánicas existen diferentes opciones de abonos para suplir las necesidades de nutrición de las plantas, entre los que se encuentran el compost,

bocashi, lombriabono, gallinaza y biofertilizantes líquidos.

Los abonos orgánicos tienen la ventaja que pueden ser preparados en la misma finca y a un bajo costo.

Su aplicación puede variar según el producto que se utilice, pero normalmente, la recomendación es separarla en dos porciones por año en cantidades que van de 2 a 4 kg/año por planta.

Cuadro 5. Número de aplicaciones y cantidad de fertilizante a aplicar anualmente según la edad de la plantación

Edad	Aplicaciones por año	Cantidad por árbol/año (g)
1° año	3	300
2° año	3 o 4	400
3° año en adelante	4	600

MANEJO DE PLAGAS

Y ENFERMEDADES

Una de las principales prácticas de manejo del cacaotal, para mantener una producción sostenible y de calidad, es el control de las plagas y enfermedades, ya que estas son el factor biótico de más impacto en la cacaocultura, pues en condiciones favorables (alta humedad, sombra excesiva y poca ventilación), pueden causar pérdidas hasta del 80% de la cosecha.

Los mecanismos de control de plagas y enfermedades repercuten de manera directa sobre la calidad final del cacao, pues dependiendo de las medidas

adoptadas, podrían ocasionar problemas por contaminación o pérdida de la calidad. Para esto se han implementado

diferentes mecanismos de control, los cuales pueden adaptarse según las condiciones del sitio de siembra y de la finca.

El control químico tiene por objetivo atacar los patógenos por medio de la aplicación directa de productos químicos, aunque para la mayoría de enfermedades no son muy eficientes.

El control cultural es el más comúnmente utilizado, y consiste en el uso de prácticas para prevenir la propagación de los patógenos y el contacto entre las partes dañadas de las plantas con partes sanas de la misma o de otras plantas. Suelen ser

más efectivas e incluyen prácticas como las podas, el manejo de la sombra, fertilización, entre otras.

El control biológico se fundamenta en el uso de microorganismos enemigos de los patógenos o de feromonas para la atracción y eliminación de las plagas, no obstante, es un campo, hasta el momento, poco explotado.

El control genético se basa en el uso de variedades o genotipos de cacao con características de resistencia a una o varias enfermedades y/o plagas, lo cual permite reducir de manera significativa el grado de daño causado por los patógenos que afectan el cacao.

Dado que ningún método de control por sí mismo es completamente

efectivo, lo más recomendable es la aplicación de varios mecanismos de control de manera integral, actuando tanto de manera curativa como preventiva y así hacer frente a los problemas que pueden causar las enfermedades y plagas en los cacaotales.

Las plagas no representan pérdidas importantes en la producción del cacao, por lo que su control es relativamente sencillo, mientras que las enfermedades, principalmente la moniliasis y la mazorca negra, son las que más limitan la cosecha de frutos sanos. Las enfermedades y plagas más comunes tienen las siguientes características:

MONILIASIS

Es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, y es considerada la enfermedad más dañina en toda la región. Actualmente, su presencia se limita a 14 países del continente americano (Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Belice, México, El Salvador, Bolivia y Jamaica), pero el riesgo de diseminación a otras zonas productoras como África, representa un grave peligro para la producción mundial del cacao.

Los frutos son la única parte del árbol de cacao que es atacada por la moniliasis, principalmente los pepinillos o frutos jóvenes menores de tres

meses. El control de esta enfermedad es posible, siempre y cuando se realice a tiempo la correcta identificación de los síntomas en el cacaotal.

El ciclo de la enfermedad inicia en la época seca, cuando las esporas están secas y son más fácilmente dispersadas dentro de la plantación, aunque se requiere de humedad para que inicie la infección, que va de adentro hacia afuera. El hongo invade inicialmente el interior del fruto, causa la destrucción de las semillas en desarrollo y luego aparecen los síntomas externos hasta que la mazorca está completamente madura, en un ciclo que tarda alrededor de 9 semanas.

SÍNTOMAS

Gibas: son abultamientos o malformaciones que se presentan principalmente en frutos pequeños (Figura 20).



Figura 20. Mazorca con gibas

Puntos aceitosos: son pequeños puntos traslúcidos que se observan en frutos un poco más desarrollados. Se tornan de color amarillo en los frutos verdes y anaranjados en los frutos rojos (Figura 21).



Figura 21. Mazorca con puntos aceitosos

Madurez prematura: es el cambio de color del fruto, casi siempre solo en algunas partes, cuando todavía la mazorca es joven y no ha alcanzado su tamaño ni el desarrollo normal. En los frutos verdes, se observan coloraciones amarillas y en los rojos, anaranjadas (Figura 22).



Figura 22. Mazorca mostrando madurez prematura

Mancha chocolate: son machas de color café, con borde irregular que empiezan a aparecer sobre las mazorcas con avanzado desarrollo (Figura 23).



Figura 23. Mancha chocolate causada por infección de monilia

Esporulación: se da bajo condiciones húmedas y calurosas, y consiste en la formación de un polvo blanco o crema sobre las manchas del fruto, las cuales contienen una gran cantidad de esporas del hongo. Es la etapa más contagiosa de la enfermedad (Figura 24).



Figura 24. Mazorca cubierta por esporas de monilia

MAZORCA NEGRA

Es causada por microorganismos del reino procariota del género *Phytophthora spp.* A pesar de que causa menos pérdidas en comparación con la moniliasis, es la enfermedad más ampliamente distribuida a nivel mundial, pues está presente en todas las regiones donde se produce cacao. Además, no se limita a las mazorcas, sino que ataca además las hojas y los troncos.

No obstante, el impacto más importante es en las mazorcas, que son el órgano de interés comercial. Los frutos son más susceptibles al final de su desarrollo, cuando están llegando a su madurez entre

los 5 y los 6 meses; y la infección se presenta de afuera hacia adentro.

El ataque de *Phytophthora* se favorece cuando hay condiciones de mucha humedad y se da un periodo de baja temperatura, seguido de un aumento de temperatura. Bajo estas condiciones, las esporas pueden ser movilizadas por el agua e infectar los frutos, y de forma muy rápida aparecer los síntomas en tan solo 5 días.

SÍNTOMAS

Mancha parda: son manchas de color café con borde regular y que generalmente aparecen en los extremos y se extienden rápidamente en toda la mazorca (Figura 25).



Figura 25. Mancha parda causada por el ataque de mazorca negra

Aparición de micelio: es un algodóncillo blancuzco que aparece sobre la mancha café y está formado por las esporas. Además, es perceptible un olor a pescado característico de la infección (Figura 26).



Figura 26. Aparición incipiente de micelio de *Phytophthora* sobre una mazorca

Esporulación: en pocos días el micelio cubre todo el fruto y se da la formación de zoosporas, que son las estructuras encargadas de infectar otras mazorcas sanas y que tienen la capacidad de movilizarse por el agua (Figura 27).



Figura 27. Mazorca cubierta por esporas de *Phytophthora*

ANTRACNOSIS

Es una enfermedad poco común, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* que ataca los frutos, las hojas y los brotes tiernos de las plantas. En los frutos, provoca lesiones hundidas, de color oscuro y de aspecto seco, sobre las que se da la esporulación de color entre rosado y anaranjado (Figura 28a).

El ataque en las hojas ocasiona clorosis en el borde, que avanza al resto de la hoja, provocando que se seque y finalmente se caigan, dejando las ramas completamente desnudas.

Los brotes tiernos son atacados principalmente en condiciones de falta de sombra, provocando la pérdida de las hojas y un retraso en el crecimiento (Figura 28b).



Figura 28. Síntomas producidos por *Colletotrichum* sp. **a)** Mazorca con esporas de Antracnosis. **b)** Defoliación de brotes tiernos causada por el ataque de antracnosis

MAL DE MACHETE

Afecta troncos de los árboles y es capaz de causar la muerte completa estos (Figura 29a). Es causada por el hongo *Ceratocystis cacaofunesta*,

el cual causa una infección en los tejidos conductores, obstruyendo el paso del agua y los nutrientes. Generalmente, la enfermedad aparece de manera esporádica y dispersa en la plantación y puede ser provocada por la infección

con el uso de herramientas contaminadas o a través de perforaciones hechas en la base del tronco por un pequeño escarabajo (*Xyleborus sp*) que disemina las esporas entre los árboles (Figura 29b).



Figura 29. Síntomas producidos por *Ceratocystis sp.* **a)** Árbol muerto por el ataque de mal de machete. **b)** Perforaciones en el tronco causadas por *Xyleborus sp*

MONALONION O CHINCHE DEL CACAO

Estos insectos causan un daño al nivel de la corteza del fruto, formando pequeños puntos negros que al juntarse, provocan una costra, haciendo que la mazorca se vuelva quebradiza y se atrofia, lo cual puede hacer que se pierda en casos muy severos (Figura 30).



Figura 30.
Mazorca siendo atacada por monalonion

THRIPS

Atacan tanto las hojas como los frutos, aunque el daño principal se presenta en las hojas, pues los insectos las raspan y causan amarillamiento que podría ocasionar la defoliación completa de la planta. En los frutos, el daño causa una coloración anormal, por lo que se dificulta el reconocimiento al momento de la cosecha, haciendo difícil determinar si la mazorca está en el estado óptimo de maduración.

ARDILLAS, MONOS, ROEDORES Y AVES

Aunque normalmente los daños causados por vertebrados no provocan pérdidas importantes, en algunos casos pueden llegar a superar el 20% de la cosecha. Estos hacen perforaciones en los frutos, por lo que estos no pueden ser cosechados, pues una vez abiertos, se contaminan (Figura 31). Generalmente, si

el fruto permanece en el árbol, termina siendo afectado por mazorca negra u otro hongo descomponedor.



Figura 31.

Frutos de cacao con daños causados por ratas y pájaro carpintero

PRÁCTICAS DE CONTROL DE ENFERMEDADES

Los métodos de control cultural son los más utilizados. Estos incluyen labores preventivas que tienen relación incluso con el diseño de la plantación. Los sistemas agroforestales es una de las más eficientes medidas de prevención, pues permiten la regulación del microclima en el cacaotal, reduciendo la incidencia y severidad de las enfermedades. Las distancias de siembra adecuadas también juegan un papel importante en el manejo de las enfermedades, pues de acuerdo con las condiciones del sitio, esto tendrá un efecto directo en el ataque de los patógenos.

Las siguientes son las principales recomendaciones para el control de las enfermedades más importantes en el país:

- Sembrar las plantas de cacao y de sombra a una distancia que permita la entrada de sol, la ventilación y la regulación de la temperatura.
- Utilizar clones con resistencia a las enfermedades, con buenos sabores y de buena calidad demostrada.
- Realizar podas periódicas para evitar el exceso de humedad dentro del cacaotal y el contacto entre ramas de diferentes árboles, ya que esto aumenta las posibilidades de contaminación y dispersión de patógenos.

- Mantener la altura de los árboles por debajo de los 3 m, así las mazorcas se concentran en lugares accesibles y visibles y los frutos enfermos serán más fácilmente localizados.
- Realizar periódicamente la cosecha de frutos maduros sanos para evitar las pérdidas por infecciones tardías.
- Hacer remoción de todos los frutos enfermos antes de que lleguen a la etapa de esporulación. En los períodos de mayor cosecha se deben eliminar semanalmente y el resto del año cada dos semanas.
- Eliminar los frutos enfermos en la mañana, cuando todavía las esporas de monilia están húmedas, esto permite evitar la dispersión de la enfermedad al momento de cortarlas.
- No es necesario trasladar las mazorcas enfermas fuera de la plantación. Estas pueden quedarse en el suelo y taparlas con hojarasca o preferiblemente hacer puños pequeños en algunos sectores y aplicar urea (10g/l) para acelerar su descomposición.
- Cuando el ataque es severo, una purga o eliminación de la totalidad de las mazorcas permite cortar el ciclo de vida de los patógenos y disminuir



significativamente la presencia del inóculo. Esto se hace cuando ha pasado la época de mayor cosecha y antes del período de floración. Luego de eliminar todos los frutos se aplica un fungicida protectante a base de cobre en todos los árboles de la plantación.

- Mantener la plantación libre de malezas, pues estas aumentan la humedad y dificultan la aireación.
- Proveer a las plantas de la fertilización necesaria para mantener plantas bien nutridas, pues además de aumentar la cosecha, produce plantas más vigorosas que son más resistentes a las plagas y enfermedades.

- Limpiar con frecuencia los drenajes para evitar los encharcamientos y facilitar la salida del agua de lluvia en la época de invierno.
- Desinfectar las herramientas de trabajo como machete, tijeras, palas, etc. con formol (10%), alcohol o cloro antes de iniciar y durante las labores.
- En el caso de árboles infectados por mal de machete, eliminarlos desde la raíz, sacarlos de la plantación dentro de un saco y quemarlo para evitar la diseminación del hongo.
- Desinfectar los hoyos de los árboles eliminados y aplicar cal.

En lo posible, esperar al menos un año para volver a sembrar.

- Aumentar el nivel de sombra en los sectores de la plantación afectados cuando el daño está relacionado con la exposición solar.
- Evitar la movilización de frutos enfermos entre plantaciones para no diseminar patógenos o insectos plaga a sitios libres de daño.
- Sembrar plantas con frutales atractivos para los vertebrados que cumplan una función de disuasivos y así evitar el ataque de las mazorcas.

REFERENCIAS

Arvelo, M; González, D; Delgado, T; Maroto, S; Montoya, P. 2017. Estado actual sobre la producción, el comercio y el cultivo del cacao en América. San José, CR, IICA. 254 p.

Bertch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2 ed. San José, CR, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 78 p.

Chepote, R; Sodré, G; Reis, E; Pacheco, R; Lima, P; Valle, R. 2013. Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacauzeiro no sul da Bahia. Ilhéus - Bahia. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 43 p. (Boletim Técnico nº203).

Duarte, D; Gutiérrez, E; Báez, N; Klamer, G; Pereira, M; Bettio, G; Belmonte, H. 2019. Poda y manejo de luz en el cultivo de cacao y otros frutales. Bogotá, Colombia, FEDECACAO. 55 p.

Echeverri, JH. 2013. Tecnología moderna en la producción de cacao: manual para productores orgánicos. San José, CR, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 3 v.

Furcal-Beriguete, P. 2017. Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. Agron. Mesoam. 28(1):113-129. doi:10.15517/am.v28i1.23236

Jaimes, Y; Aranzazu, F. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). Colombia, CORPOICA. 90 p.

Leiva, E. 2012. Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. (en línea). Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50450/1/ednaivonneleivarojas.2012.pdf>

Paredes, N. 2009. Manual de cultivo de cacao para la Amazonía ecuatoriana. Quito, Ecuador, INIAP. 43 p. (Manual N°76).

Phillips-Mora, W; Cerda, R. 2009. Catálogo Enfermedades del cacao en Centroamérica. Turrialba, CR, CATIE. 24 p. (Serie técnica. Manual técnico N°93).

Quiroz, J. s.f. Sistemas de sombra de cacao con maderables. Guayas, Ecuador, INIAP. (Boletín Técnico N°151).

Quiroz, J; Mestanza, V. s.f. Establecimiento y manejo de una plantación de cacao. Guayas, Ecuador, INIAP. (Boletín Técnico N°146).

Quiroz, J; Mestanza, V. s.f. Poda del cacao. Guayas, Ecuador, INIAP. (Boletín Técnico N°378).

Sánchez, L; Gamboa, E; Rincón, J. 2003. Control químico y cultural de la moniliasis (*Moniliphthora roreri* Cif & Par) del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Barinas. Rev. Fac. Agron (LUZ) 20:188-194.

Snoeck, D; Koko, L; Joffre, J; Bastide, P; Jagoret, P. 2016. Cacao Nutrition and Fertilization. *In*: Lichtfouse, E. ed. Sustainable Agriculture Reviews. v.19. Springer International Publishing. p. 155-202

Somarriba, E. 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. Agroforestería en las Américas. 9(35/36):86-94.

Somarriba, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? Agroforestería en las Américas. 41:122-130.

Somarriba, E; Beer, J; Bonnemann, A. 1996. Árboles leguminosos y maderables como sombra para el cacao. El Concepto. Turrialba, CR, CATIE. 51 p. (Serie técnica. Informe Técnico n°274).

Somarriba, E; Orozco-Aguilar, L; Cerda, R; López-Sampson, A. 2018. Analysis and design of the shade canopy of cocoa-based agroforestry systems. doi: *1/n*: Umaharan, P. ed. Achieving sustainable cultivation of cocoa. Cambridge, UK, Burleigh Dodds Science Publishing. 469-499. doi:10.19103/AS.2017.0021.29

Somarriba, E; Quesada, F; Orozco, L; Cerda, R; Villalobos, M; Orozco, S; Astorga, C; Dehuevels, O; Say, E; Villegas, R. 2011. La sombra del cacao. Turrialba, CR, CATIE. 43 p. (Serie técnica. Materiales de extensión N°5).

Somarriba, E; Quesada, F; Villalobos, M. 2011. La poda de producción del cacao en seis pasos. Turrialba, CR, CATIE. 27 p. (Serie técnica. Materiales de extensión N°6).

Wessel, M. 1980. Developments in cocoa nutrition in the nineteen seventies, a review of literature. Cocoa Growers' Bulletin 30:11-24.

NOTAS



NOTAS



SIEMBRA DE CACAO FINO
Y DE AROMA • MANUAL TÉCNICO

