

Crecimiento verde y agricultura
climáticamente inteligente en el

cultivo de cacao



El campo
es de todos

Minagricultura

AGROSAVIA

EDITORIAL

**Crecimiento verde y agricultura
climáticamente inteligente en el**

cultivo de cacao

Autores

DIEGO HERNÁN MENESES-BUITRAGO

Investigador Máster
Centro de Investigación Obonuco

MARTHA MARINA BOLAÑOS-BENAVIDES

Investigadora Ph.D. Sénior
Departamento de Producción Intensiva Sostenible



Meneses Buitrago, Diego Hernán

Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de cacao. / Diego Hernán Meneses Buitrago y Martha Marina Bolaños-Benavides. -- Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2021.

83 páginas (Colección Crecimiento Verde)

Incluye fotos, gráficos y tablas

ISBN (e): 978-958-740-495-1

1. *Theobroma cacao* 2. Biomasa sobre el suelo 3. Polinización artificial
4. Aplicación de abonos 5. Control biológico 6. Adaptación al cambio climático
I. Bolaños-Benavides, Martha Marina.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404951>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA.
Centro de Investigación Palmira, diagonal a la intersección de la
carrera 36A con calle 23, Palmira, Valle del Cauca. Código postal
763533, Colombia

Citación sugerida: Meneses Buitrago, D. H., & Bolaños. M. M.
(2021). *Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente
en el cultivo de cacao*. Corporación Colombiana de Investigación
Agropecuaria-AGROSAVIA. [https://doi.org/10.21930/agrosavia.
manual.7404951](https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404951)

Parte de la información que se presenta en esta publicación se
obtuvo de las parcelas de integración del cultivo de cacao del
proyecto “Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático -
Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA)”. La
información suministrada se ha generado a partir de los resultados
de investigación desarrollados por AGROSAVIA y sus aliados.

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Dirección editorial

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición de contenidos

Valentina Ramírez-Valencia

Adecuación de textos

Felipe Solano Fitzgerald

Realización gráfica e ilustración

María Cristina Rueda Traslaviña y Wilson Martínez Montoya

Fotografías

Diego Hernán Meneses-Buitrago, Martha Marina Bolaños-Benavides, Valentina Ramírez-Valencia y Carolina Ramírez Valencia.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Reseña académica de los autores

Diego Hernán Meneses-Buitrago. Ingeniero agropecuario con maestría en Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, con énfasis en Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria. Tiene experiencia en las áreas de Manejo de suelos y aguas con experiencia en cultivos como cacao, limón, pastos y forrajes, y cambio climático. Cuenta con conocimientos en el manejo de software estadístico, análisis de datos, formulación de proyectos y diseño de experimentos. Su trabajo se ha centrado en mejorar la resiliencia de los diferentes sistemas productivos a través del enfoque de agricultura climáticamente inteligente. Actualmente se desempeña en programas de selección y evaluación de especies forrajeras para ganadería de trópico alto, determinación de la huella hídrica de especies forrajeras y la generación de nuevos métodos de renovación de praderas para trópico alto.



Martha Marina Bolaños-Benavides. Bióloga. MSc. Ph.D. Manejo-Conservación de Suelos. Investigaciones: colecta, propagación y evaluación de micorrizas arbusculares en café (CENICAFÉ) y en plátano, aguacate, guayaba, baby banana, maracuyá y ají. Evaluación de fertilización integrada (química, biofertilización y orgánica), sus efectos en suelos y rendimiento de cultivos. Becaria COLCIENCIAS, docente universitaria. Líder de más de veinte proyectos en Determinación de requerimientos y deficiencias nutricionales; Manejo de rizosfera; Enzimas de suelo; Nutrición y sanidad vegetal; Fertilización orgánica y producción agroecológica; Transferencia de tecnología-vinculación, y Metales pesados (cacao, hortalizas y pastos). Miembro de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, de la Red MusALAC, ITPS.



Agradecimientos

A la Dirección de Planeación y Cooperación Institucional; a la Dirección de Investigación y Desarrollo y al Departamento de Producción Intensiva Sostenible de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, por priorizar este sistema productivo en el análisis de las estrategias para implementar las Políticas de Crecimiento Verde. A los investigadores, productores y asociaciones de productores participantes en el establecimiento y desarrollo de las parcelas de integración del sistema productivo de cacao pertenecientes al proyecto “Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático-MAPA (Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática), financiado con recursos del Fondo Adaptación”.





Contenido

Introducción	9
Descripción general del sistema productivo	15
Prácticas de crecimiento verde que hacen más eficiente el sistema productivo	19
Manejo de arvenses	21
¿En qué consiste?	21
Podas de mantenimiento	24
¿En qué consiste?	24
Polinización artificial	30
¿Cómo se hace la polinización artificial?	31
Protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas	38
Uso eficiente del recurso hídrico	42
Implementación de un sistema de riego por goteo	43
¿En qué consiste?	43
¿Qué conceptos clave debe tener en cuenta?	44

Fertilización integrada y sostenible para conservar el capital natural-suelo	<u>49</u>
¿En qué consiste?	<u>49</u>
¿Cómo se hace?	<u>51</u>
Uso de la biomasa residual del cacao para producir compost	<u>55</u>
Bases técnicas para la elaboración del compost	<u>56</u>
Fase 1. Inicio	<u>57</u>
Fase 2. Mantenimiento	<u>59</u>
Fase 3. Incorporación	<u>60</u>
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP) para proteger el capital natural	<u>61</u>
Etapas del MIP	<u>61</u>
Prácticas culturales	<u>65</u>
Control biológico	<u>67</u>
Control químico	<u>69</u>
Mejoramiento de la adaptación a la variabilidad y al cambio climático	<u>70</u>
Fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático	<u>71</u>
Consideraciones finales	<u>75</u>
Referencias	<u>78</u>



Introducción





La economía colombiana se proyecta como una de las de mayor crecimiento a nivel regional (entre los años 2000 y 2015 tuvo un crecimiento del 4,26 %) (DNP, 2018), lo cual ha tenido efectos en el país sobre la disminución de la pobreza, la desigualdad y el desempleo. Sin embargo, esta presenta grandes problemas relacionados con su diversificación, productividad y sostenibilidad, así como con la baja generación de bioproductos, las deficientes capacidades en ciencia y tecnología, y el control de los efectos del cambio climático.

Asimismo, Colombia tiene un bajo desempeño en relación con el uso eficiente de recursos como el agua, el suelo y las materias primas, de manera que consume más recursos en las actividades productivas frente a países de referencia, como los de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Se ha estimado que para lograr una tasa de crecimiento económico de largo plazo del 4 % sin generar presión sobre los recursos naturales, se requerirían aumentos en la productividad y en la eficiencia en su uso, ya que si se sigue la tendencia actual, se incrementaría la presión sobre el suelo, el agua y la energía en el 43,8 %, 64,5 % y 51,2 %, respectivamente (CONPES 3934 de 2018).

Teniendo en cuenta este panorama y que las actividades económicas también generan impactos sobre la sociedad y los ecosistemas que afectan el estado del **capital natural** y sus servicios ecosistémicos, del cual dependen los procesos



Glosario

Capital natural: activos naturales que tienen como función proveer insumos, recursos naturales y servicios ambientales para la producción económica (OCDE, 2018).



productivos que son la base de la economía, así como que los efectos del cambio climático y la variabilidad climática sobre la economía son cada vez más evidentes (CONPES 3934 de 2018), se ha visto la necesidad de formular diversas políticas y leyes que propicien espacios para promover el desarrollo productivo, la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Con este propósito, en el año 2018 se planteó la Política de Crecimiento Verde, cuyo principal objetivo es impulsar la competitividad y la productividad económicas del país, sin dejar de lado la necesidad de garantizar la gestión sostenible de recursos naturales, la igualdad social, la mitigación y adaptación frente al cambio climático, y el manejo adecuado de la biotecnología y los recursos sólidos, todo esto con un horizonte definido al año 2030. Específicamente, la Política de Crecimiento Verde plantea cinco objetivos:

1. **Generar condiciones** que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural.
2. **Fortalecer los mecanismos** y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo.
3. **Desarrollar lineamientos** para construir capital humano para el crecimiento verde.
4. **Fortalecer capacidades** en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) para el crecimiento verde.
5. **Mejorar la coordinación interinstitucional**, la gestión de la información y el financiamiento para la implementación de la Política de Crecimiento Verde a largo plazo (CONPES 3934 de 2018).

“ El principal objetivo de la Política de Crecimiento Verde es impulsar la competitividad y la productividad económicas sostenibles del país ”



Específicamente, este manual se plantea como una contribución de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA a las líneas estratégicas del segundo objetivo:

Mediante la presentación de prácticas que permiten mejorar el desempeño del sector agropecuario, mejorar la eficiencia del uso del agua, promover la adopción de tecnologías para la gestión eficiente de recursos naturales como el suelo, y motivar la transición hacia una **economía circular**, especialmente con el uso de la biomasa residual. (CONPES 3934 de 2018)

AGROSAVIA desarrolla acciones de investigación y vinculación de tecnologías que buscan, mediante el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional, mejorar las capacidades nacionales y regionales, así como el desarrollo de estrategias de gestión de la información para el crecimiento verde.

El crecimiento verde es un enfoque que promueve un desarrollo sostenible que garantice el bienestar económico y social de la población en el largo plazo. Recientemente, Colombia lo ha adoptado como uno de los pilares para estructurar su desarrollo socioeconómico (CONPES 3866 de 2016). En este contexto, el presente manual contribuye a los siguientes principios de la Política Pública de Crecimiento Verde:

- 1. Maximizar la eficiencia en el uso de los recursos** en las actividades productivas, para “lograr más con menos” mejorando la productividad de la economía y su competitividad en mercados nacionales e internacionales.



Glosario

Economía circular: modelo que busca que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos (DNP, 2016).



2. **Proteger el capital natural** como base para el desarrollo de las actividades productivas.
3. **Fortalecer la mitigación y la adaptación al cambio climático** de manera articulada con las iniciativas nacionales existentes en la materia.
4. **Apalancar el desarrollo económico y la inclusión social** (CONPES 3934 de 2018).

Asimismo, expone cuatro de las once opciones tecnológicas para el cultivo del cacao que contribuyen a mejorar los indicadores de crecimiento verde y tienen mayor potencial de impacto, de acuerdo con el informe de la Misión de Crecimiento Verde (DNP, 2019). De estas opciones tecnológicas, el manual prioriza la primera:

1. Buenas prácticas agropecuarias.
2. Riego y drenaje.
3. No hacer la remoción y raspado del suelo en zonas de ladera (no emplear azadón y evitar prácticas inadecuadas).
4. Reforestación con fines protectores de las riberas de los ríos.
5. Material genético.
6. Barreras vivas.
7. Uso de especies maderables fijadoras de nitrógeno.
8. Renovación de plantaciones viejas.
9. Producción orgánica.
10. Energías alternativas.
11. Nuevas siembras.

“ Este manual contribuye a fortalecer la mitigación y la adaptación al cambio climático de manera articulada con las iniciativas nacionales existentes en la materia ”

De esta manera, el manual aporta información agronómica valiosa que atiende las necesidades, fortalezas y debilidades de algunas prácticas realizadas en el cultivo del cacao en el país y contextualiza las actividades propuestas con un enfoque de crecimiento verde para el incremento de la **productividad en el uso de recursos** y el aumento de los ingresos para los interesados en esta actividad.

El manual va dirigido a todo público que se quiera informar sobre las oportunidades que la Política de Crecimiento Verde genera en el cultivo del cacao o que desee estudiar las prácticas agronómicas sugeridas por expertos y estudiosos del tema.



Glosario

Productividad en el uso de los recursos: medida que caracteriza la eficiencia ambiental y económica con la que se utilizan los recursos naturales y la energía en la producción y el consumo (OCDE, 2014).





Descripción general del sistema productivo





A nivel mundial, África lideró en 2019 la producción de cacao con 77 % de la producción (3.575 millones de toneladas). En este continente, Costa de Marfil es el principal productor, con 2.200 millones de toneladas, seguido por Ghana, con 870 millones de toneladas. En América, que representa el 17 % de la producción mundial, el principal productor es Ecuador (298.000 t) seguido por Brasil (195.000 t), Perú (120.000 t) y Colombia (60.000 t) (Fedecacao, 2020a).

Específicamente en Colombia, la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el año 2020 fue de 63.416 t. Esta producción corresponde a los cultivos de 422 municipios de 27 departamentos del país, entre los cuales se destacan Santander, Antioquia, Arauca, Tolima y Huila, con el 72 % de la producción nacional (Fedecacao, 2021). A estos les siguieron Nariño, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander, Cesar, Caldas, Boyacá y Putumayo, cada uno de los cuales aporta más de 1.000 toneladas a la producción nacional (Fedecacao, 2021).

El departamento de **Santander** lideró la producción en el año 2020 con 26.315 t/año, que representan el 41 % del total de la producción nacional (Fedecacao, 2021). De acuerdo con la información reportada por el Ministerio de Agricultura (MADR, 2020), se calcula que Santander contaba con un área sembrada de 59.711 ha y un rendimiento anual de 0,46 t/ha. Además, el IDEAM (2015) señala que el 13 % de sus municipios presentan un índice de escasez de agua alto y medio alto.

“ El cultivo del cacao ha impactado positivamente al componente social donde se produce, lo cual se refleja en el mejoramiento de la calidad de vida y el crecimiento económico de las comunidades y las familias ”

Antioquia produjo 5.974 t/año, con un área sembrada de 16.474 ha y un rendimiento anual de 0,44 t/año. La producción de **Arauca** fue de 5.082 t/año y se reportaron 14.812 ha sembradas, lo que representa un rendimiento anual de 0,66 t/ha. Por su parte, **Tolima** tuvo una producción de 4.312 t/año y su área sembrada fue de 12.114, lo cual representó un rendimiento de 0,42 t/ha anuales. Finalmente, **Huila** produjo 4.197 t/año (Fedecacao, 2021), con un área sembrada de 12.300 ha y un rendimiento de 0,42 t/ha anuales (figura 1) (Fedecacao, 2021; MADR, 2020).

Por otra parte, los **clones** de cacao más comunes sembrados en Colombia son: TSH 565, ICS 60, ICS 95, IMC 67, MON 1, EET 400, CCN 51, EET 8, CAP 34, CAU 39, ICS 39, ICS 1, FLE 2, FTA 2, FSA 13, FSV 41 (Arvelo et al., 2017).

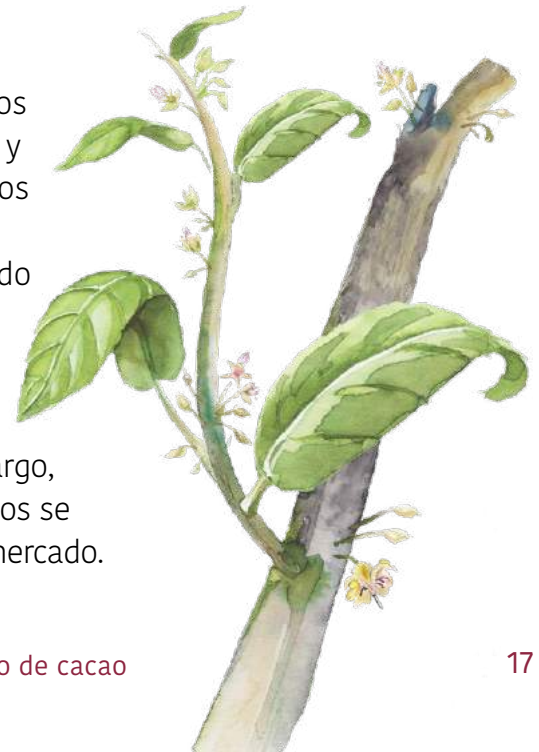
El cultivo del cacao ha impactado positivamente al componente social donde se produce, lo cual se refleja en el mejoramiento de la calidad de vida y el crecimiento económico de las comunidades y las familias: en el 2019, aproximadamente 65.341 familias participaron en la producción y el subsector generó 165.000 empleos directos e indirectos (MADR, 2020). Además, durante los últimos años se han creado diferentes asociaciones, alianzas y gremios cacaoteros en todo el país, lo cual ha generado nuevos tratados comerciales nacionales e internacionales con mayor fuerza e incrementos en la capacidad de producción comparado con los agricultores sin asociar (Fedecacao, 2020b).

El mercado internacional del cacao colombiano se ha centrado principalmente en países como México, Italia, Bélgica, Holanda, Argentina, Estados Unidos y Malasia (Fedecacao, 2021), sin embargo, con los tratados internacionales desarrollados en los últimos años se revela un gran potencial de comercio exterior y de apertura de mercado.



Glosario

Clon: son plantas obtenidas por reproducción asexual a partir de un solo individuo.





Cultivo de cacao en Colombia



Figura 1. Aspectos económicos del cultivo de cacao en Colombia.

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2021) y MADS (2021).



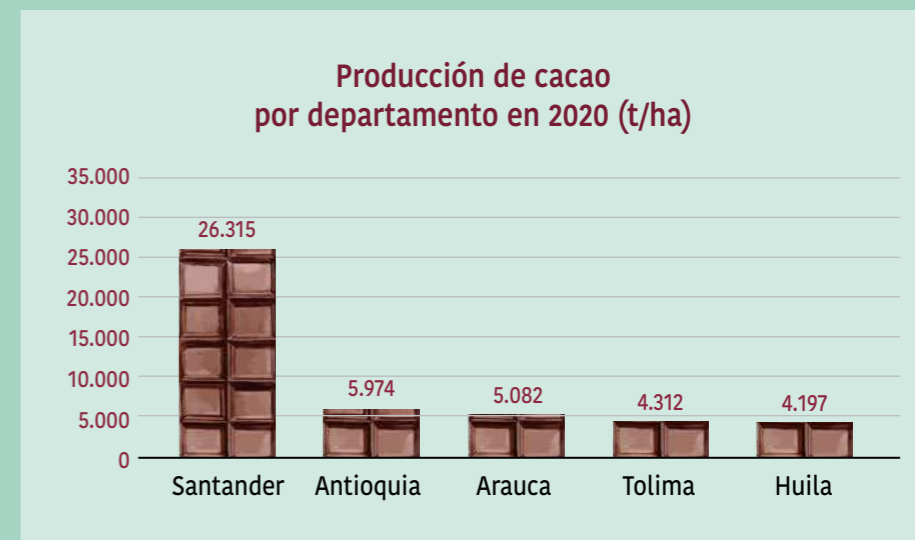
Exportaciones: 11.180 ton
Importaciones: 180 ton
Año 2019
Fuente: SICEX



El subsector generó 167.000 empleos directos e indirectos
Fuente: MADR



Familias cacaoteras en Colombia 65.341 aprox.
Fuente: UPA-DANE





Prácticas de crecimiento verde que hacen más eficiente el sistema productivo

Manejo
de arvenses

Podas de
mantenimiento

Polinización
artificial





El manejo cultural del cultivo con un enfoque de sostenibilidad incluye un conjunto de prácticas que se deben mantener durante todo el ciclo productivo una vez ha establecido la plantación. Esto incluye el manejo de **arvenses**, la fertilización, la poda, la regulación de sombra, el manejo de insectos y de otros microorganismos benéficos, el manejo de plagas y enfermedades, y la cosecha (Arvelo et al., 2017).

En el marco de la Política de Crecimiento Verde, estos manejos culturales se articulan con las líneas de acción 14 y 15 del CONPES 3934, las cuales se enfocan en fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y el consumo. Específicamente, estas líneas de acción buscan fortalecer las capacidades para el ordenamiento productivo agropecuario y la producción agropecuaria sostenible, así como la gestión y transferencia de tecnología para la producción agropecuaria sostenible.

En esta última se incorporan los enfoques de manejo sostenible de la tierra y las prácticas agroecológicas en el desarrollo de nuevas ofertas tecnológicas, comisionadas a AGROSAVIA en el CONPES para los años 2020 y 2021.



Glosario

Arvenses: especie vegetal presente en los ecosistemas agrícolas que compiten por agua y nutrientes con las plantas en cultivo.



Información complementaria

Guía ambiental para el cultivo del cacao

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11622/64501_65000.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Manejo de arvenses

El objetivo de esta recomendación es que **el agricultor adopte medidas adecuadas para el manejo de arvenses con el fin de que mantenga el suelo alrededor del cacao libre de especies que compitan por agua y nutrientes**. Puede realizar el manejo de arvenses mediante prácticas mecánicas, manuales y químicas.

¿En qué consiste?

El manejo de arvenses consiste en identificar y conservar solo aquellas plantas que sirven como hospederos para los polinizadores del cacao e insectos benéficos para el control biológico de plagas como el monalonia (*Monalonia dissimulatum*). Asimismo, de forma manual se debe mantener limpio de arvenses el plato del árbol de cacao, y para las calles se puede usar la guadaña.



A continuación se presentan las acciones que debe realizar y sus consideraciones:

- 1 Realice este manejo preferiblemente de forma manual (machete), pues las labores profundas pueden causar daños en las raíces (figura 2).
- 2 Maneje los arvenses en forma de plateo alrededor de los árboles de cacao, aproximadamente hasta la **gotera del árbol**.



Gotera del árbol: hace referencia al área de las cuatro esquinas del árbol hasta donde llegan las ramas principales.



Foto: Banco de fotos ACROSAVIA.

Figura 2. Manejo de arvenses en el plateo hasta la gotera del árbol de cacao.



- 3 Mantenga el suelo cubierto (figura 3), pues esto evita que presente problemas de erosión debido al efecto que tiene el impacto de la gota de agua de lluvia y la **escorrentía**.
- 4 Otra alternativa de bastante cuidado es el control químico, ya que si no tiene las precauciones del caso, las plantas de cacao y sombríos temporales y permanentes pueden resultar seriamente afectadas, sobre todo las que se encuentran en etapas juveniles (Arvelo et al., 2017).



Glosario

Escorrentía: proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial.

Figura 3. Manejo de arvenses con guadaña en cultivo de cacao.

Foto: Diego Meneses.





Podas de mantenimiento

El propósito de las podas de mantenimiento **es que renueve y reoriente la arquitectura del árbol para aumentar el aprovechamiento de la luz y mejorar las condiciones productivas**. Asimismo, se presume que podar las ramas improductivas puede disminuir la transpiración del árbol y, de esta manera, reducir el requerimiento hídrico del cultivo (Meneses et al., 2019).

¿En qué consiste?

La poda de mantenimiento consiste en eliminar las ramas viejas e improductivas del árbol y mejorar la arquitectura para facilitar el manejo, el rendimiento y la cosecha de las mazorcas. La realización adecuada de la poda en el cultivo de cacao no solo aporta al buen desarrollo de los árboles, sino que además la gran cantidad de biomasa que se produce y que regresa al suelo (**biomasa residual**) favorece el ciclaje de nutrientes y mejora las propiedades físicas, biológicas y químicas de los suelos.



Glosario

Biomasa residual:

residuos de cosecha y subproductos. En el caso del cultivo de cacao, corresponden a la cáscara del cacao que recubre los granos (cacota) y la hojarasca.

Foto: Carolina Ramírez Valencia.



A continuación se presentan algunas recomendaciones sobre este proceso:

- 1 Poda la planta tratando de imitar la forma de cono natural que forma el árbol de cacao (figura 4).
- 2 En árboles de gran altura, despunte a aproximadamente dos metros, con el fin de facilitar las labores de manejo y cosecha (figura 5).



Foto: Diego Meneses.



Foto: Banco de fotos AGROSAVIA.

Figura 4. Despunte de planta de cacao.

Figura 5. Despunte aproximadamente a dos metros en árboles de gran altura.



- 3 Despunte las ramas laterales para mantener el espacio adecuado entre cada árbol y disminuir la competencia por la luz y el espacio. Esto facilita la aplicación de las diferentes prácticas culturales dentro del cultivo (figura 6).

Figura 6. Despunte de ramas laterales para mantener el espacio entre cada árbol.

Foto: Diego Meneses.





- 4 Elimine las estructuras vegetativas internas mal ubicadas e innecesarias hasta el primer tercio del árbol. Solamente conserve las ramas primarias y secundarias que se encargan de proveer al árbol del follaje requerido en el lugar adecuado para captar la luz necesaria y generar los asimilados para la producción (figura 7).
- 5 Si va a hacer podas ligeras o suaves, realice el mismo procedimiento, pero con la diferencia de que debe dejar las estructuras internas del árbol como ramas, hojas y plumillas (CORPOICA, 2016c).



Foto: Banco de fotos AGROSAVIA.

Figura 7. Control de ramas entrelazadas y mal dirigidas.



- 6 En las plantaciones de cacao que presenten frutos enfermos es necesario que los retire del lote, con lo cual elimina una fuente de inóculo de patógenos. Sin embargo, constituyen biomasa residual que puede aprovechar para preparar abonos orgánicos (figura 8).



Foto: Diego Meneses.

Figura 8. Eliminación de frutos enfermos.



- 7 Aproveche los residuos de las hojas para proteger el suelo de la gota de lluvia y de la escorrentía (figura 9), pero es muy importante que disponga los residuos-frutos enfermos en un lugar retirado del cultivo y donde se facilite la preparación de los abonos orgánicos.

Vale la pena resaltar que esta práctica se articula con la línea de acción 28 del CONPES 3934, que se refiere al desarrollo de instrumentos de planificación y técnicos para la economía circular, en cuanto fomenta la gestión integral de residuos sólidos, con un enfoque de transición hacia el modelo de economía circular.

Figura 9. Disposición de residuos luego de la poda en el suelo para protegerlo de la gota de agua de lluvia y las escorrentías.

Foto: Diego Meneses.





Polinización artificial

Los agrosistemas sostenibles son uno de los sectores que conforman los **negocios verdes sostenibles (NVS)**, de los cuales los Sistemas de Producción Ecológica, Orgánica y Biológica son un subsector clave. La polinización artificial constituye entonces una práctica importante para aumentar el potencial de producción nacional que se necesita para desarrollar y consolidar los NVS en todos los sectores, especialmente en aquellos que no requieren de mayores avances tecnológicos (CONPES 3934 de 2018).

Específicamente, **la polinización consiste en que los granos de polen de una flor de cacao alcanzan la parte femenina de la misma flor o de otra flor (figura 10)**. Los principales polinizadores de la flor del cacao pertenecen al género *Forcipomyia* spp., los cuales presentan un tamaño diminuto, por lo que muchas veces son imperceptibles a la vista. La flor de cacao se empieza a abrir en horas de la tarde y en la mañana siguiente se encuentra totalmente abierta, viable para la polinización por parte de los insectos.

Los beneficios de los polinizadores al cultivo contribuyen a la seguridad alimentaria y la disminución de la pobreza rural



Glosario

Negocios verdes y sostenibles (NVS): son actividades económicas que ofrecen bienes o servicios con impactos ambientales positivos y que incorporan buenas prácticas ambientales, sociales y económicas, con enfoque de ciclo de vida. Así, contribuyen a la conservación del ambiente como capital natural que soporta el desarrollo del territorio (CONPES 3934 de 2018).



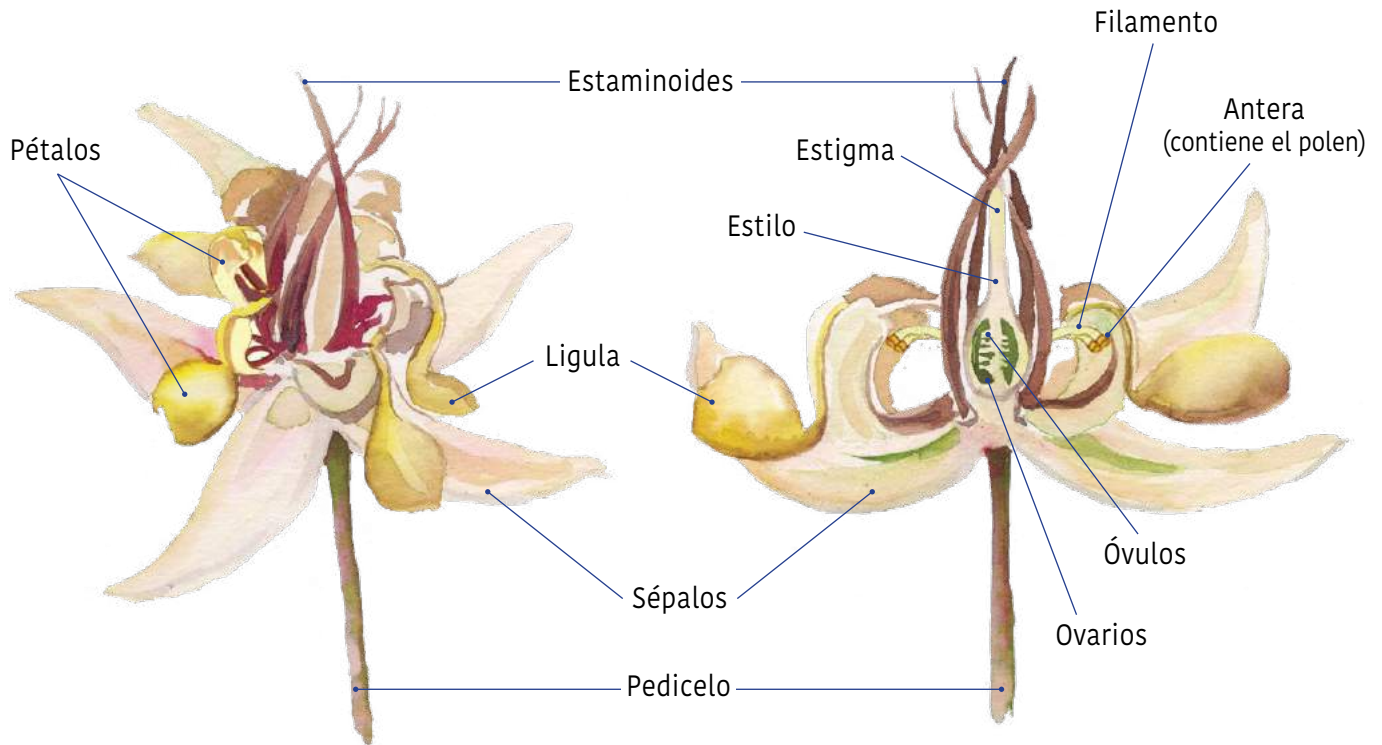


Figura 10. Flor del cacao.

Fuente: Elaboración propia.

¿Cómo se hace la polinización artificial?

Al igual que en otros sistemas productivos, los polinizadores tienen un papel fundamental en el cultivo de cacao que redunda en beneficios para generar seguridad alimentaria y disminución de la pobreza rural, lo cual constituye un aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 1 y 2. Adicionalmente, la polinización artificial contribuye a los objetivos específicos de la Política Pública de Crecimiento Verde:



- 1 Generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural.
- 2 Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo.
- 3 Desarrollar lineamientos para construir capital humano para el crecimiento verde.

A pesar de la gran importancia que tienen estas especies, las poblaciones de polinizadores han disminuido debido a los cambios en los agroecosistemas que ocasionan las malas prácticas antropogénicas y la **variabilidad climática**, lo cual, a su vez, ha aumentado los problemas de sostenibilidad en el cultivo de cacao. Por esta razón, **es indispensable que conozca la naturaleza de estas especies polinizadoras y las interrelaciones que establecen con los demás componentes del sistema, además de que adopte prácticas con enfoque de crecimiento verde orientadas a mantener y aumentar sus poblaciones.**

Asimismo, debe tener en cuenta que no son muchas las opciones de especies polinizadoras de la flor de cacao debido a su tamaño y estructura, y las existentes son muy susceptibles a los cambios en el ambiente donde se desarrollan. En consecuencia, la práctica de polinización manual se convierte en una gran opción para aumentar el número de frutos cuajados y, por ende, la productividad del cultivo.

De acuerdo con Arvelo et al. (2017), la polinización artificial es una alternativa a la polinización natural. El éxito de este proceso depende de que realice un manejo adecuado de las prácticas culturales en la plantación y de que siga los pasos que se describen en la figura 11.



Glosario

Variabilidad climática: variaciones del promedio de fenómenos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad relativa, brillo solar) en escalas espaciales y temporales.

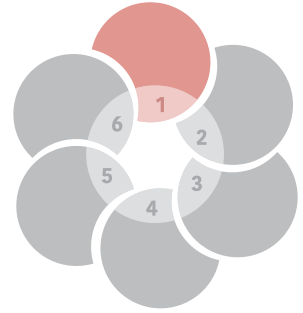


Proceso de polinización artificial



Figura 11. Proceso de polinización artificial.

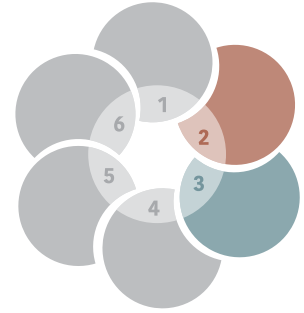
Fuente: Elaboración propia.



- 1** Seleccione los árboles receptores (madre) y donadores (padre).



- 2** Compruebe el día anterior la disponibilidad de flores en árboles donadores de polen.



- 3** Recoja en primeras horas de la mañana las flores que donarán el polen.



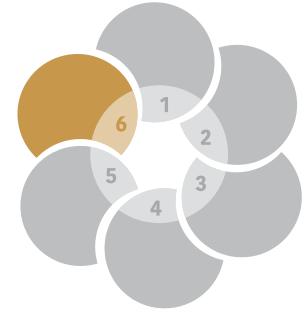


4 Retire los estaminoides con una pinza para liberar el estigma que recibirá el polen.



5 Retire algunos sépalos para liberar la antera donde está el polen.





6 Frote la antera de la flor donante sobre el estigma de la flor receptora.



Información complementaria

Aumente la producción de sus cacaotales haciendo polinización manual suplementaria

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1570/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2036.pdf>



Protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas

Uso eficiente del recurso hídrico

Fertilización integrada y sostenible para conservar el capital natural-suelo

Uso de la biomasa residual del cacao para producir compost

Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP) para proteger el capital natural



El uso sostenible de los recursos naturales es uno de los retos de los sistemas agroalimentarios en la región, entre otras cosas porque el mejoramiento de los índices de pobreza y malnutrición se basa en gran medida en la conservación de dichos recursos (capital natural). En el caso específico del cultivo de cacao, el suelo y la mineralización de nutrientes generan diferentes **servicios ecosistémicos** que representan beneficios ambientales y socioeconómicos, de tal manera que se convierten en sistemas productivos mucho más sostenibles (figura 12) (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2019).



Glosario

Servicios ecosistémicos: son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad de los cuales depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de nuestras sociedades (CONPES 3934 de 2018).

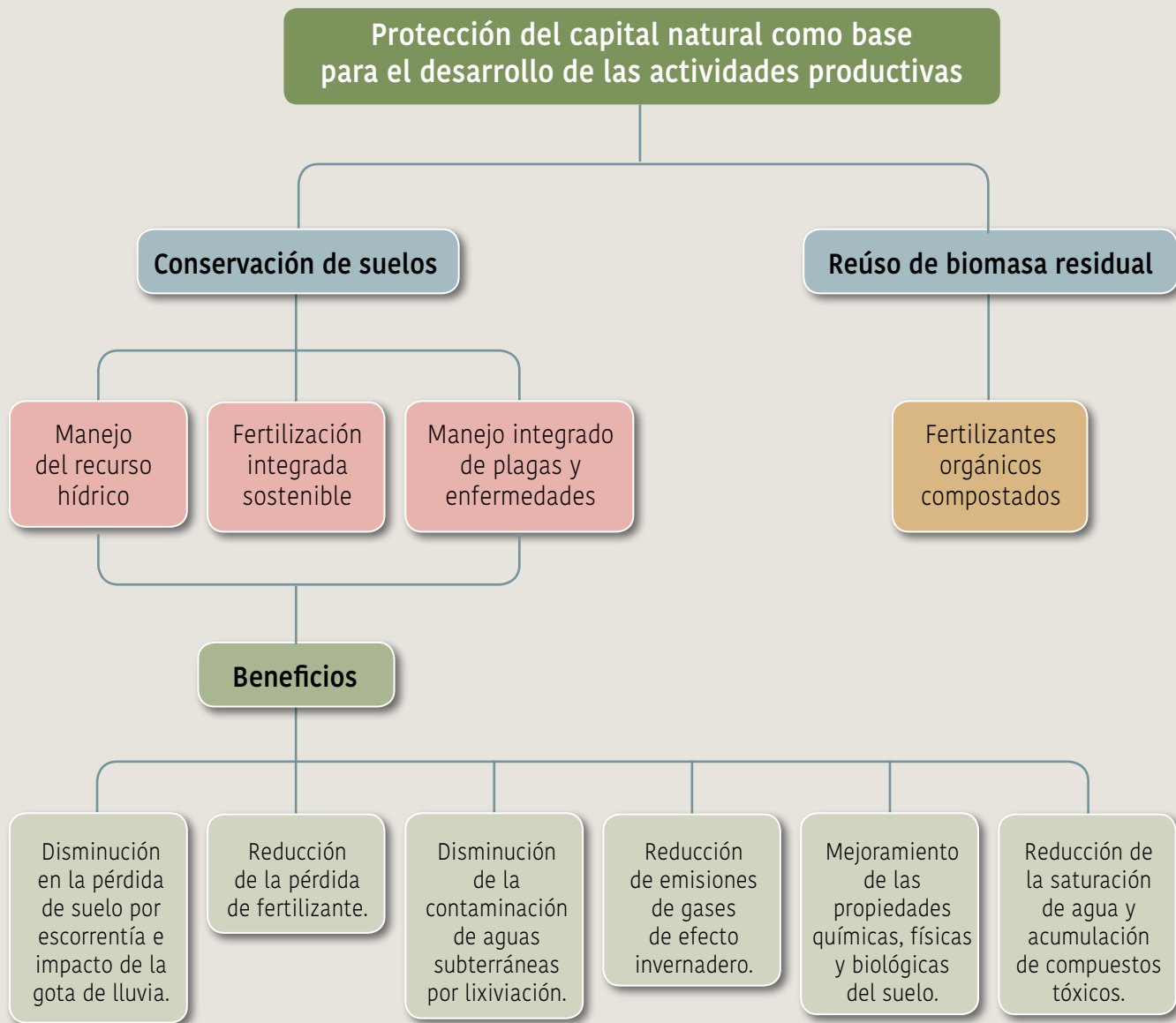


Figura 12. Principales recomendaciones tecnológicas que contribuyen a la protección del capital natural en el sistema productivo de cacao.

Fuente: Elaboración propia.



Entre los problemas que más afectan las zonas de ladera donde se cultiva el cacao se encuentran la erosión, que causa gran pérdida de suelos, el uso ineficiente del agua y la baja productividad.

Adicional al bajo desempeño en términos de productividad, también cabe resaltar la degradación del recurso hídrico resultante en el país: el Índice de Desempeño Ambiental (que evalúa el nivel de saneamiento definido como la cantidad de agua usada que es posteriormente tratada antes de su disposición, entre otros) establece que Colombia se encuentra en el puesto 61 de 180 países, con un puntaje de 63,79.

Además, la disponibilidad de agua por persona en Colombia ha disminuido el 31 % entre 1992 y 2014 (Banco Mundial, 2018), y a 2030 se espera que el consumo de agua en la economía aumente en al menos 64,5 % (DNP, 2017), por lo cual es un asunto urgente integrar estrategias efectivas para garantizar el uso eficiente y la conservación del recurso a largo plazo (CONPES 3934 de 2018).

Como contribución a la solución de estos problemas se proponen prácticas agronómicas como la poda, la fertilización integrada y el manejo eficiente del recurso hídrico mediante la aplicación de riego por goteo.

“ Como contribución a la solución de los problemas del suelo, se proponen prácticas agronómicas como la poda, la fertilización integrada y el manejo eficiente del recurso hídrico ”





Uso eficiente del recurso hídrico

Según el CONPES 3934, la demanda de este sector corresponde aproximadamente al 55 % del agua usada en Colombia (IDEAM, 2015), aunque produce cerca del 7 % del PIB (2015).

En relación con los distritos de riego, se estimó que estos extraen cerca de 463 millones de metros cúbicos de fuentes superficiales, de los cuales el 50 % es utilizado en el riego de cultivos, mientras que el 50 % restante se consideran pérdidas. Así las cosas, la eficiencia del uso en el suministro de riego por parte de los distritos es del orden del 50 % (IDEAM, 2015).

En el marco del crecimiento verde, en el cual se enfatiza el uso eficiente de los recursos naturales, a continuación se describe un método de **riego presurizado** que le permite suplir las deficiencias del recurso hídrico en épocas críticas del año, así como satisfacer las necesidades hídricas del cultivo mediante el uso eficiente del recurso hídrico con manejo sostenible que garantice su disponibilidad en el tiempo y en el espacio. Específicamente, se propone un sistema de riego por goteo, el cual no solo incrementa la eficiencia del uso y la aplicación del agua en el momento, los tiempos y las frecuencias adecuadas, sino que además le permite determinar el **índice de productividad del agua** (IPA) en el cultivo de cacao a partir de la escasez del recurso hídrico y su uso eficiente. De esta manera, usted contribuye al uso sostenible del recurso hídrico, aumenta la productividad y disminuye los costos de producción.



Glosario

Riego presurizado:

en estos sistemas de riego el agua se conduce a presión por tuberías y laterales de riego hasta las plantas, donde es aplicada desde emisores en forma de gotas (goteo) o de fina lluvia (microaspersión) (INTA, 2013).

Índice de productividad del agua:

se refiere a la relación entre el volumen de alimentos producidos con respecto al agua utilizada y la eficiencia de su utilización por el sistema de riego utilizado.



Implementación de un sistema de riego por goteo

¿En qué consiste?

El riego por goteo es una técnica de aplicación localizada de agua que consiste en humedecer solo una parte del suelo para que la planta tome el agua y los nutrientes (figura 13). Si bien es necesario hacer riegos más continuos, con este método es posible alcanzar una eficiencia superior al 90 %. **Específicamente para el cultivo de cacao, es importante que tenga en cuenta que los mayores requerimientos hídricos se presentan en las etapas fenológicas de floración y formación de frutos.**

Figura 13. Panorámica del sistema de riego por goteo.



Foto: Diego Meneses.



Etapas fenológicas de un cultivo: son las fases de desarrollo de un cultivo desde la siembra hasta la cosecha.

Etapas fenológicas del cacao: según las condiciones de humedad ambiental y disponibilidad hídrica en el suelo, el cacao atraviesa por estas etapas:

- 1) Reposo,
- 2) Vegetativo,
- 3) Reproductivo y
- 4) Cosecha (Useche & Rojas, 2012).



¿Qué conceptos clave debe tener en cuenta?

Para implementar con éxito un sistema de riego es necesario que integre diferentes conceptos y los tenga en cuenta durante todo el proceso de instalación y funcionamiento, de tal manera que logre un manejo sostenible del recurso hídrico y aumente la productividad, la calidad y la uniformidad de la cosecha de cacao. La figura 14 describe cuáles son estos conceptos (CORPOICA, 2017).



Figura 14. Etapas para implementar un sistema de riego por goteo.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema de riego tiene dos componentes:

- 1 El primero es agronómico y se emplea para calcular la cantidad de agua que se requiere aplicar, para lo cual debe calcular el balance de la precipitación (figura 15) y la **evapotranspiración** (ETO) con el requerimiento hídrico de las plantas dependiendo de su estado fenológico.



Glosario

Evapotranspiración: se refiere a la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Foto: Diego Menezes.



Figura 15. Estación meteorológica para el registro de variables climáticas.

- 2 El segundo componente es el diseño hidráulico, que se refiere a la implementación y el funcionamiento de la infraestructura de riego (figura 16). La frecuencia de la aplicación depende de las condiciones edafoclimáticas –del suelo y del clima– del lote y los requerimientos hídricos del cultivo (CORPOICA, 2017).

Figura 16. Componentes del diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.



Foto: Diego Meneses.

Según el arreglo de siembra y los recursos financieros disponibles para el cultivo de cacao, puede utilizar dos o cuatro emisores (goteros) en una línea de goteo sencilla o doble por árbol, a una distancia entre goteros de 1,5 m y a una distancia del tronco del árbol de 0,75 m cada uno, donde se encuentra el lugar de desarrollo radical más importante (figura 17).



Foto: Diego Meneses.

Figura 17. Ubicación del sistema de riego respecto al tronco.



Después de que haya instalado el sistema de riego, debe realizar un monitoreo del funcionamiento correcto de las tuberías principales, las porta goteros, desarenadores y la entrega correcta de agua de los goteros a la planta. Esto le permite verificar la necesidad o no de hacer mantenimiento al sistema (figura 18).



Foto: Diego Meneses.

Figura 18. Mantenimiento del sistema de riego.



El intervalo entre riegos o frecuencia de riego puede ser de dos días, con una cantidad de agua diaria de 39 l/árbol a 48 l/árbol, la cual puede aplicar en tiempos de tres horas. A continuación, la tabla 1 presenta los resultados que se han obtenido con la aplicación de este sistema en los municipios de San Vicente de Chucurí (Santander) y Mercaderes (Cauca) (CORPOICA, 2016a, 2016c).

Tipo de riego	Lámina total de agua (m3)	Total de producción (kilogramos de cacao seco)	IPA (kg/m3)
Goteo	133,6	864	6,27
Sin riego	0	458	0

Tabla 1. Índice de productividad del agua (IPA) aplicada mediante riego por goteo en el sistema productivo de cacao en San Vicente de Chucurí (Santander) y Mercaderes (Cauca).

Fuente: Elaboración propia con base en CORPOICA (2016a, 2016b).

Fertilización integrada y sostenible para conservar el capital natural-suelo

¿En qué consiste?

Este tipo de fertilización incorpora nutrientes, enmiendas y microorganismos al sistema productivo en cantidades y momentos adecuados, a partir de fuentes orgánicas, biológicas y químicas. Esta integración permite mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (figura 19).





Figura 19. Esquema para implementar un plan de fertilización integrada.

Fuente: Elaboración propia.



¿Cómo se hace?

- 1 Realice el análisis de suelos en un laboratorio acreditado o reconocido.** Se recomienda enviar la muestra al menos dos meses antes de la siembra, con el fin de contar con el tiempo necesario para recibir el resultado y aplicar enmiendas si se requiere.
- 2 Defina el plan de fertilización.** Con base en los resultados del análisis químico de suelos, el ingeniero agrónomo o el asistente técnico formula el plan de fertilización integrada, el cual debe incluir abonos orgánicos, biofertilizantes y fertilizantes químicos.

Puede calcular la cantidad necesaria de fertilizante mediante el requerimiento nutricional del cultivo, que según Uribe et al. (1998) es de 150-90-200 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O. En un estudio que AGROSAVIA realizó en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander) se recomienda realizar la fertilización fraccionada cada tres meses durante el ciclo productivo del cultivo.

La tabla 2 presenta el plan de fertilización usado en un suelo del municipio de San Vicente de Chucurí.



Información complementaria

Para facilitar el análisis de suelos puede consultar el Laboratorio de Química Analítica de AGROSAVIA:

<https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/servicios-de-laboratorio/qu%C3%ADmica-anal%C3%ADtica#:~:text=La%20Red%20de%20Laboratorios%20de,y%20otros%20alimentos%20como%20carne%2C>





Producto*	Dosis (g/árbol)	N.º total de árboles	Cantidad total de fertilizante (g/planta)	Cantidad de fertilizante (kg/ha) para 1.111 árboles
Fertilizante nitrogenado**	200	150	30	222
Fertilizante compuesto***	480	150	72	533
K ₂ SO ₄	190	150	29	211
Elementos menores	200	150	30	222
Abono orgánico	2.000	150	300	2.222
Cal agrícola	1.000	150	150	1.111

* Se citan los fertilizantes y valores reportados en los estudios consultados. No es una recomendación de los autores de esta publicación.

** Concentración N de 46 %.

*** Puede ser un triple 15, DAP, según el experimento reportado.

Tabla 2. Plan de fertilización en el sistema productivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí.

Fuente: Elaboración propia.

3 Suministre el fertilizante y aplique enmiendas. Distribuya el fertilizante que se definió en el plan alrededor de la gotera del árbol. En este proceso es muy importante que tenga en cuenta los resultados de pH que arroja el análisis de suelos y la ayuda de un técnico para definir la cantidad de enmienda que debe aplicar.



Si encuentra que es necesario ajustar el pH a un valor óptimo para el desarrollo de las plantas, puede aplicar cal agrícola o dolomita como enmienda, según el análisis de suelos (figura 20).



Foto: Diego Meneses.

“Un estudio de AGROSAVIA en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander) recomienda realizar la fertilización fraccionada cada tres meses durante el ciclo productivo del cultivo”

Figura 20. Aplicación de cal en la zona de gotera del árbol.



Posteriormente, cubra la zona de plateo del árbol con biomasa residual (hojarasca) (figura 21).



Foto: Valentina Ramírez Valencia.

Figura 21. Biomasa residual (hojarasca) en la zona de plateo del árbol.



Uso de la biomasa residual del cacao para producir compost

En el marco de la **bioeconomía**, el uso de la biomasa residual o residuos del cultivo de cacao, como la hojarasca, la cáscara de la mazorca, las ramas producto de las podas, los frutos enfermos y otro tipo de materia orgánica de origen animal como los estiércoles, pueden ser empleados en la preparación de abonos orgánicos de buena calidad como el compost.

El compost a partir de biomasa residual de cacao es el producto de la mineralización de los residuos orgánicos del cultivo, que se transforman en una masa homogénea con apariencia de tierra y que constituye un producto rico en materia orgánica y microorganismos.

Se ha demostrado que el aporte de hojarasca que hacen los árboles de cacao es de 5 t/ha año en árboles que tengan de 3 a 5 años. Entre los beneficios que aporta esta práctica se destaca la disminución de los procesos de erosión derivados del impacto directo de la gota de lluvia sobre el suelo, el aporte de materia orgánica, nutrientes y carbono, así como el mejoramiento de la biología del suelo (Mera et al., 2017).



Glosario

Bioeconomía: economía que gestiona eficiente y sosteniblemente la biodiversidad y la biomasa para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado, basados en el conocimiento y la innovación (Biointropic, 2018).





Bases técnicas para la elaboración del compost

A continuación, se presentan algunas consideraciones que se deben tener en cuenta para elaborar el compost y posteriormente se describen las fases para elaborarlo:

- Seleccione un sitio de preferencia cercano al cultivo donde posteriormente se va a utilizar el compost.
- Compruebe que el lugar tenga acceso a fuentes de agua fijas para asegurar la humedad adecuada de los residuos orgánicos en proceso de descomposición-mineralización.
- Asegúrese de que la compostera esté a mínimo cincuenta metros de quebradas y ríos para evitar que se contaminen.
- Preferiblemente, cubra el lugar de preparación del compost o la pila de compost con un plástico de color negro con el fin de aumentar la temperatura y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera.
- Proteja de la lluvia el material sometido al proceso de compostaje, ya que el exceso de humedad retrasa la descomposición y la calidad química (figura 22) (Bolaños & Luna, 2007).
- Es importante que considere la relación de carbono y nitrógeno (C/N) de los materiales o compostables, con el fin de que al final del proceso logre una relación C/N = 30.



Información complementaria

Producción de abonos orgánicos de buena calidad

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2167/42955_48662.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Foto: Banco de fotos AGROSNVIA.

Figura 22. Disposición de la biomasa residual de cacao para elaborar compostaje en el departamento de Santander.

Fase 1. Inicio

- 1 Coloque capas alternas de material seco y verde. Es recomendable que disponga una capa de material vegetal —residuos de cacao—, luego una de estiércol y así sucesivamente, hasta alcanzar una altura de por lo menos 1,5 m. Se debe resaltar que a mayor altura de la pila de compostaje se logra mayor incremento de la temperatura, condición necesaria para acelerar el proceso de mineralización y eliminar microorganismos patógenos y semillas de arvenses.
- 2 Verifique el grado de humedad de los materiales durante la elaboración de la pila de compostaje. Si se requiere, aplique agua, preferiblemente con melaza para humedecer y mejorar la actividad biológica.

“ Es recomendable disponer una capa de material vegetal —residuos de cacao—, luego una de estiércol y así sucesivamente, hasta alcanzar una altura de por lo menos 1,5 m ”



- 3 Lleve un registro diario de la temperatura desde los primeros días de montada la pila de compostaje. La temperatura debe incrementar en la primera semana hasta alcanzar aproximadamente 40 °C o 45 °C, etapa que se conoce como mesofílica. En los días siguientes la temperatura debe alcanzar más de 60 °C cuando entra a la etapa termofílica. **Se enfatiza la importancia de que registre a diario la temperatura, ya que esta no debe superar los 65-70 °C, pues si sobrepasa este rango, se causa la muerte de todos los microorganismos que favorecen el proceso del compostaje.**
- 4 Realice el volteo de la pila de compostaje inmediatamente después de que alcance los 65 °C, lo cual disminuye la temperatura y mejora la aireación. Debe repetir los volteos siempre que la temperatura supere los 65 °C (figura 23).



Foto: Banco de fotos ACROSAVIA.

Figura 23. Formación de la pila con biomasa residual de cacao en el departamento de Santander.



Fase 2. Mantenimiento

Para asegurar que el proceso de compostaje se lleve a cabo exitosamente, cubra la pila con plástico impermeable. Asimismo, para mantener el grado de humedad óptimo (60 %) se recomienda que haga la “prueba de puño”, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad del compost en preparación, apretarlo y evaluar cómo se comporta: si escurre agua, está demasiado húmeda, por lo cual se recomienda que no la riegue. Por el contrario, si se abre la mano y el material se desmorona, significa que está muy seco y que debe aplicar agua con melaza hasta cuando tome una muestra y al abrir la mano el material se mantenga sin desmoronarse.

La etapa de maduración del compost puede durar tres o más meses dependiendo del tipo de material orgánico empleado, de la temperatura ambiente y de la frecuencia de los volteos. **El compost está listo para ser empleado como abono orgánico de buena calidad cuando presente temperatura ambiente, no identifique los materiales que fueron sometidos al proceso de compostaje, tenga apariencia de suelo suelto, de color negro o marrón muy oscuro, sin olores, con una humedad no superior al 30 %, libre de patógenos y de metales pesados u otros contaminantes, información que se puede obtener mediante análisis de laboratorio.** En cuanto a su concentración de nutrimentos, la sumatoria de N, más P más K debe ser de 4 % o mayor. Estos valores pueden ser determinados mediante un análisis de laboratorio.

“ La etapa de maduración del compost puede durar tres o más meses dependiendo del tipo de material orgánico empleado, de la temperatura ambiente y de la frecuencia de los volteos ”



Fase 3. Incorporación

Una vez finalizado el proceso de compostaje, aplique este abono orgánico en la gotera del árbol. Se recomienda que previamente realice el plateo y que si va a aplicar fertilizantes químicos, los tape o cubra con el compost (figura 24).



Foto: Valentina Ramírez Valencia.

Figura 24. Aplicación de compost al árbol.



Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP) para proteger el capital natural

El uso indiscriminado de plaguicidas para el control de agentes patógenos dentro de los sistemas productivos ha traído como consecuencia que estos aumenten su resistencia a dichos productos, la aparición de nuevas plagas y enfermedades, así como la afectación a la fauna natural de los sistemas productivos.

Por estas razones, implementar medidas integradoras de manejo de estos agentes que aporten al crecimiento verde de los sistemas productivos puede contribuir a conservar los recursos naturales como la fauna y a disminuir los costos de producción y los problemas de salud en los productores (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2018).

Con este propósito, el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP) pone a su disposición diferentes métodos de manejo para prevenir estos problemas y proteger el medio ambiente, los cuales consisten principalmente en prácticas culturales, control biológico y control químico.

Etapas del MIP

A continuación, se describen las principales etapas del Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP):

- 1 **Reconozca las plagas y enfermedades.** El exceso de precipitación puede traer consigo el aumento de la humedad relativa que favorece la aparición de agentes patógenos

“ El manejo de plagas depende de que se identifiquen de forma correcta y se debe realizar en etapas tempranas ”

causantes de diferentes disturbios fitosanitarios, entre los más comunes se encuentran la moniliasis, escoba de bruja, fitóftora, Rosellinia y Monalonió, los cuales pueden disminuir la producción en el 50 % e incrementar los costos de producción. El manejo de cada una de estas plagas depende de que las identifique de forma correcta y debe realizarlo en etapas tempranas, donde por lo general los frutos pueden presentar deformaciones o manchas color chocolate (moniliasis, fitóftora y Monalonió). Asimismo, durante las podas puede observar la formación de ramas con forma de escoba (escoba de bruja) (figura 25 y 26).

Figura 25. Fruto joven con síntomas de infección causada por el hongo *Moniliophthora roreri*.

Figura 26. Fruto maduro con síntomas de infección.



Fotos: Diego Meneses.



- 2 **Monitoreo.** Realice una evaluación constante de las condiciones fitosanitarias del cultivo a través de la recolección semanal de todos los frutos y ramas enfermas. Acompañe esta acción con una buena nutrición y manejo cultural para obtener el máximo desempeño de los árboles (figura 27).



Foto: Diego Meneses.

“ La fertilización integrada y sostenible permite mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ”

Figura 27. Árbol de cacao sin problemas fitosanitarios.



- 3 **Establezca el umbral de daño económico.** Evalúe la severidad del ataque de los agentes patógenos teniendo como referencia un umbral de daño del 1 %, lo cual significa que al mínimo ataque o presencia de enfermedades debe tomar las medidas de manejo correspondientes.
- 4 **Tome decisiones.** Teniendo en cuenta el nivel de incidencia y severidad de las enfermedades, puede utilizar diferentes métodos:
 - **Manejo cultural:** realice prácticas agronómicas como fertilización integrada, podas oportunas, drenajes, calendario de cosechas, etc.
 - **Manejo mecánico:** recolecte los frutos maduros y aquellos afectados por enfermedades retirándolos y dejándolos en el mismo sitio para no diseminar la enfermedad.
 - **Manejo biológico:** controle las plagas a través de la aplicación de enemigos naturales como hongos de los géneros *Trichoderma* sp. y *Verticillium* sp.
 - **Manejo químico:** este método de control debe ser siempre la última opción debido a que la utilización de moléculas químicas puede disminuir las poblaciones de polinizadores del cacao, lo cual afecta los procesos de polinización natural y, por ende, la formación de frutos y el rendimiento del cultivo.

“ El control químico siempre debe ser la última opción porque puede afectar las poblaciones de polinizadores del cacao ”



Prácticas culturales

Con el objetivo de disminuir las condiciones que favorecen el desarrollo de las plagas y las enfermedades, usted puede realizar diferentes prácticas culturales agrícolas, como las siguientes:

- 1 **Construya drenajes.** Para favorecer la evacuación del exceso de agua del lote en aquellos suelos que retienen demasiada humedad, identifique aquellas partes del lote más críticas y abra zanjas que conduzcan el agua fuera del lote, con lo cual evita el encharcamiento y la pérdida de árboles por pudrición de las raíces (figura 28).
- 2 **Intervenga el árbol.** Realice de manera oportuna la poda de mantenimiento, tal como se describió en el apartado correspondiente.
- 3 **Maneje adecuadamente los residuos de cosecha.** Disponga de forma adecuada todo el material sobrante de las prácticas de poda y eliminación de frutos enfermos, tal como se abordó en el apartado sobre el manejo de residuos de cosecha.
- 4 **Controle las arvenses.** Controle las plantas que generan competencia con las plantas de cacao, tal como se presentó en el apartado sobre control de arvenses.



Prácticas culturales agrícolas: conjunto de prácticas agronómicas que tienen como objeto disminuir el ataque de plagas y generar un ambiente más favorable para el desarrollo del cultivo.





Foto: Diego Meneses.

Identifique aquellas partes del lote más críticas y abra zanjas que conduzcan el agua fuera del lote, con lo cual evita el encharcamiento y la pérdida de árboles por pudrición de las raíces

Figura 28. Construcción de drenajes.

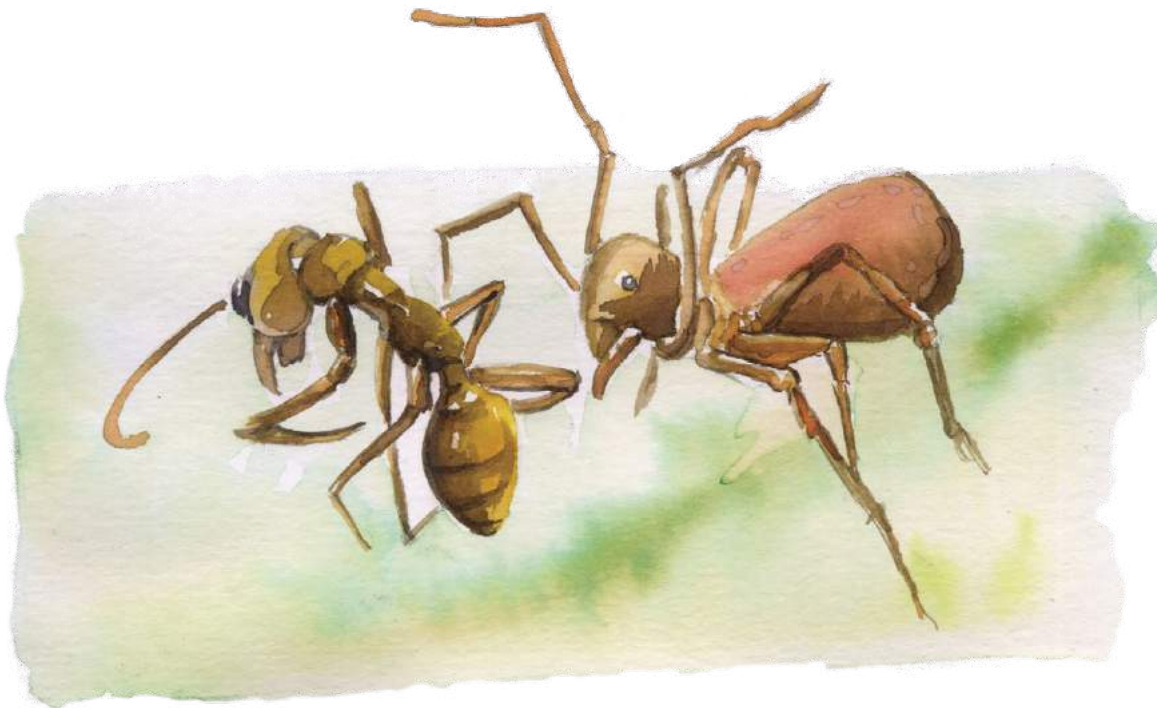
Control biológico

Para realizar el control biológico puede introducir en su cultivo ciertos microorganismos enemigos de los patógenos y plagas. En el cacaotal ya existen controladores biológicos, que suelen hospedarse en algunas plantas acompañantes del cacao:

- 1 **Parasitoides.** Insectos que viven dentro de las plagas como hospederos, se alimentan de aquellos organismos que atacan las partes vegetativas de la planta de cacao (figura 29).

Figura 29. Parasitoide (derecha) de hormiga arriera, *Bachacos* (*Atta* sp.).

Fuente: Elaboración propia.



- 2 **Predadores.** Insectos y arácnidos, entre los cuales se incluyen moscas, mosquitos, arañas, etc. Estos predadores se refugian en las diferentes partes de la planta de cacao, árboles de sombrío y arbustos para alimentarse de los insectos plaga (figura 30).



Figura 30. Coccinélido (conocido como mariquita) depredando áfidos.

Fuente: Elaboración propia.

- 3 **Entomopatógenos.** Microorganismos que causan enfermedades a los insectos plaga. En su gran mayoría son hongos que pueden vivir a expensas del insecto o de material orgánico del suelo cuando no hay presencia de plagas (figura 31).



Figura 31. Escarabajo o coleóptero infectado por un hongo entomopatógeno.

Fuente: Elaboración propia.



Control químico

Debe utilizar el control químico como última alternativa, teniendo en cuenta la lista de plaguicidas que pueden ser usados para este fin. **En el cultivo de cacao no es recomendable aplicar plaguicidas porque afectan la población de polinizadores (*Forcipomyia* spp).**



Información complementaria

Manejo integrado de agroquímicos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35707>





Mejoramiento de la adaptación a la variabilidad y al cambio climático





Fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climáticos

Uno de los principios rectores de la Política Pública de Crecimiento Verde consiste en fortalecer la mitigación y la adaptación al cambio climático de manera articulada con las iniciativas nacionales existentes en la materia.

De acuerdo con el CONPES 3934, se estima que los daños ocasionados por el fenómeno de La Niña durante los años 2010 y 2011 ascendieron a 11,2 billones de pesos, asociados a pérdidas de infraestructura y daños en el sector agropecuario, principalmente (BID & CEPAL, 2012). Adicionalmente, las pérdidas generadas por el fenómeno de El Niño fueron cercanas a 3,1 billones de pesos, equivalente al 0,6 % del PIB del año 2015 (DNP & GGGI, 2017).

El cacao es un renglón productivo que puede presentar menor vulnerabilidad a los efectos negativos del **cambio climático** porque existen estrategias que puede implementar para favorecer la resiliencia y el desempeño productivo del cultivo (PROECUT, 2013). A continuación, se enumeran las estrategias que debe tener en cuenta (figura 32 y 33):



Glosario

Cambio climático: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (ONU, 1992).

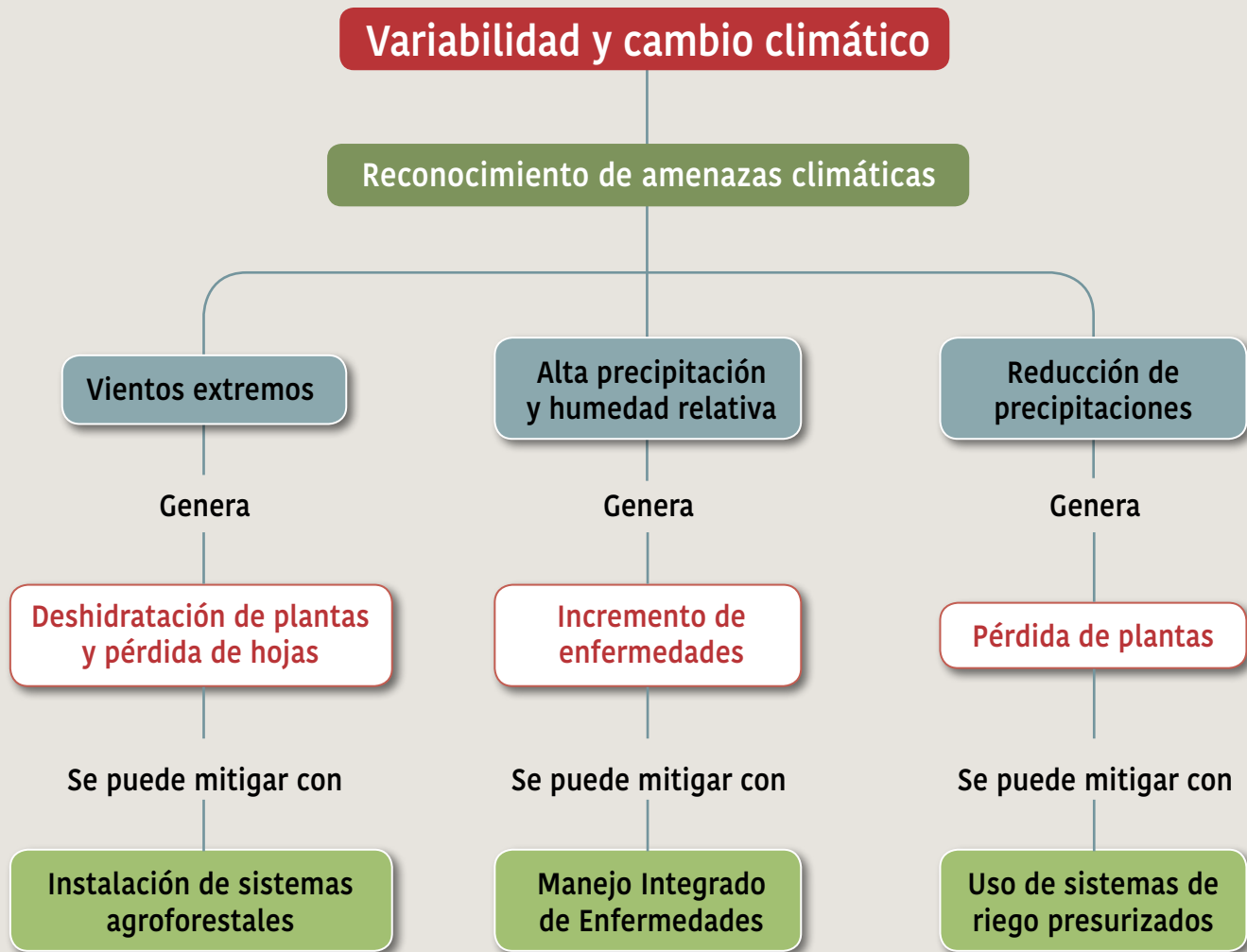


Figura 32. Amenazas climáticas, efectos y prácticas de adaptación en el cultivo de cacao.

Fuente: Elaboración propia.



Fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático

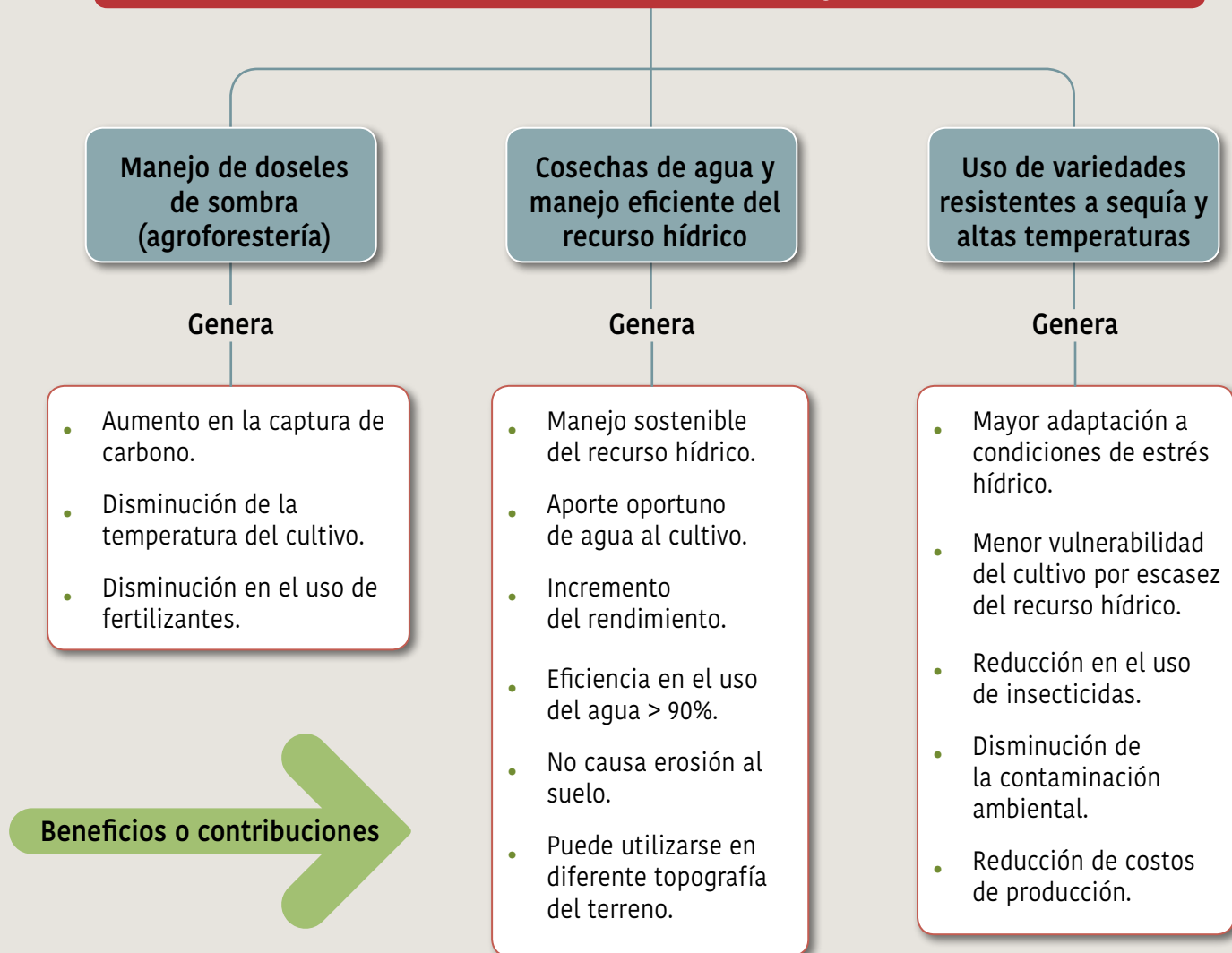


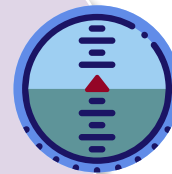
Figura 33. Recomendaciones tecnológicas que contribuyen a fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático en el sistema productivo de cacao.

Fuente: Elaboración propia.



Para disminuir la vulnerabilidad climática del sistema productivo de cacao, los productores, técnicos y tomadores de decisiones deben realizar un análisis integral y tener conocimiento de las siguientes características de sus municipios:

- 1 Una de las principales condiciones biofísicas que debe tener en cuenta para cultivar cacao es la altitud sobre el nivel del mar, la cual debe estar entre los 0 y los 1.300 m.s.n.m., con un óptimo de 600 a 800 m.s.n.m., donde el cultivo expresa todo su potencial genético.



- 2 Identifique las condiciones y restricciones que presenta el suelo donde piensa instalar el cultivo, teniendo en cuenta las restricciones por propiedades químicas, pendientes excesivamente inclinadas y la textura del suelo. Entre las condiciones aptas para el cultivo del cacao se encuentra suelos con profundidad efectiva superior a 80 cm, textura franco a francoarcillosa, nivel freático por debajo de 40 cm, CIC alta y pH entre 5.1 y 7.

- 3 Conozca las variables climáticas de su departamento, pues esto le permite identificar la susceptibilidad del cultivo a eventos de déficit o exceso hídrico, en zonas donde se pueden presentar inundaciones con precipitaciones de hasta 3.000 mm anuales (CORPOICA, 2016b). En este sentido, una de las variables climáticas que más influencia tiene en el desarrollo adecuado del cultivo de cacao es la precipitación, la cual debe estar entre 1.000 y 1.500 mm anuales para suplir las necesidades hídricas del cultivo.





Consideraciones finales

La adopción de nuevas tecnologías dentro del sistema productivo favorece la innovación y los procesos de producción tradicionales, con lo cual se mejora la expresión genética del cultivo y se consigue un uso eficiente de los recursos naturales.

El manejo integral de las prácticas agronómicas y culturales conduce a un desarrollo óptimo y sostenible del cultivo, ya que se disminuyen los problemas fisiológicos (aborto temprano de frutos) y fitosanitarios, a la vez que aumenta su capacidad adaptativa a los efectos del cambio climático.

El conocimiento de las condiciones biofísicas y el registro y seguimiento de las variables climáticas permiten la toma de decisiones tempranas sobre el manejo agronómico del cultivo, como necesidades de riego, épocas de fertilización y manejo de plagas y enfermedades, entre otras.

La promoción e inclusión de tecnologías sostenibles en el cultivo de cacao, integrando conceptos de agricultura climáticamente inteligente, permiten mejorar la capacidad de adaptación del cultivo y la calidad de vida de los productores, de tal manera que constituye un aporte a la seguridad alimentaria de los territorios.



Al involucrar distintos sectores y territorios, la Política de Crecimiento Verde –como muchas políticas públicas– requiere altos niveles de empoderamiento o, por lo menos, de colaboración y cocreación. Por lo tanto, se necesita implementar iniciativas empresariales y comunitarias que solo es posible concretar con cooperación, solidaridad y corresponsabilidad. Asimismo, es importante delegar tareas a los distintos actores de la sociedad que conocen y cuidan los territorios y las principales actividades relacionadas con los recursos y los ecosistemas ambientales.

En este sentido, se recomienda, como parte complementaria a este manual y a otros productos de divulgación, la integración de los comentarios de agricultores y productores que puedan generar aportes acordes con los diversos territorios en donde se puedan implementar las prácticas de cultivo de cacao, no solo en los departamentos productores mencionados, sino también en otros territorios con potencial agrícola para el cacao y que puedan presentar características endógenas que requieran consideraciones o ajustes a los métodos expuestos en este manual.

Finalmente, teniendo en cuenta que en Colombia hay distintos niveles de cuidado y relación con los recursos naturales, ambientales y ecosistémicos, es fundamental contar con la cooperación de distintos actores en los diversos territorios. Por esta razón, la ciudadanía debe estar informada, capacitada y empoderada frente a los objetivos de la política, al ser esta sujeto de construcción colectiva.



Por lo tanto, como nota complementaria del manual y como apunte constructivo al documento CONPES 3934, se recomienda establecer un plan de comunicaciones definido y claro que permita informar y capacitar a los actores de la sociedad civil en estrategias verdes. Esta estrategia debe incluir:

- Foros, encuentros, congresos, de divulgación, capacitación y rendición de cuentas.
- Reuniones para la cocreación de estrategias y la generación de nuevas iniciativas de crecimiento verde.
- Espacios académicos, científicos y empresariales que favorezcan la innovación y la creación de nuevas tecnologías sostenibles.
- Estrategias de comunicación y consenso con las comunidades para definir, conocer y concretar las especificidades de los territorios, ecosistemas, fuentes hídricas, etc. Espacios para el fomento y el encuentro de sinergias entre los distintos sectores, sus objetivos e intereses.





Referencias

- Agronet. (2020). *Evaluaciones agropecuarias del sector agropecuario - EVA y Anuario estadístico del sector agropecuario* [Reporte]. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
- Andrade Castañeda, H. J., Segura Madrigal, M. A., & Canal Daza, D. S. (2013). *Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola y forestal del Departamento del Tolima*. Sello Editorial de la Universidad del Tolima.
- Arvelo Sánchez, M. A., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya López, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: Buenas prácticas para América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2019). ¿Por qué el capital natural es fundamental para el desarrollo económico? <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/por-que-el-capital-natural-esfundamental-para-el-desarrollo-economico/>
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID] & Comisión Económica para América y el Caribe [CEPAL]. (2012). *Valoración de daños y pérdidas: Ola invernal en Colombia 2010-2011*. Misión BID - CEPAL. https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/ola_invernal_colombia_2010-2011_0.pdf
- Bolaños, M., & Luna, L. (2007). *Producción de abonos orgánicos de buena calidad* [Boletín técnico]. CORPOICA. https://books.google.com/books?id=O7u8_l1rrnAC&pgis=1



- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (2018). *Recomendaciones técnicas y de política para la misión de crecimiento verde en Colombia* [Informe 4]. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Suelo/Productos%20finales/Informe%204%20-%20Productividad%20Suelo%20Final.pdf>
- CONPES 3866 de 2016. “Política Nacional de Desarrollo Productivo”. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3866.pdf>
- CONPES 3934 de 2018. “Política de Crecimiento Verde”. Concejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA]. (2016a). *Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de cacao (Theobromat cacao L.)*. Municipio de Mercaderes Departamento de Cauca. CORPOICA.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA]. (2016b). *Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo del cacao (Theobroma cacao L.): Municipio de Riosucio, Departamento del Chocó*. CORPOICA.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA]. (2016c). *Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo del cacao (Theobroma cacao L.)*. Municipio de San Vicente de Chucurí Departamento de Santander. CORPOICA.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA]. (2017). *Manual de notas de aprendizaje: Un diálogo entre productores, asistentes técnicos agropecuarios e investigadores*. CORPOICA. https://www.researchgate.net/publication/330486054_Manual_de_Notas_de_Aprendizaje



- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas [DANE]. (2016). Encuesta Nacional Agropecuaria ENA - 2016. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2016). *Crecimiento verde para Colombia: Elementos conceptuales y experiencias internacionales*. DNP. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/diagnostico/Documento%20Final%20Crecimiento%20verde%20para%20Colombia.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. [DNP]. (2019). Misión de Crecimiento Verde: Documento síntesis de los resultados de los estudios técnicos. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Resultados/DNP%202020%20-%20S%C3%ADntesis%20Misi%C3%B3n%20de%20Crecimiento%20Verde.pdf>
- Federación Nacional de Cacaoteros [FEDECACAO]. (2020a). Estadísticas internacionales. <https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-02-12-17-20-59/internacionales>
- Federación Nacional de Cacaoteros [FEDECACAO]. (2020b). Estadísticas nacionales. <https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-02-12-17-20-59/nacionales>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2015). *Estudio nacional del agua. Balance hídrico y relaciones demanda-oferta en Colombia e indicadores de sostenibilidad, proyectados para los años 2015 y 2025*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18815?locale-attribute=es>
- Meneses-Buitrago, D. H., Bolaños-Benavides, M. M., Gómez-Gil, L. F., & Ramos-Zambrano, H. S. (2019). Evaluación de riego y poda sobre la fenología y rendimiento en *Theobroma cacao* L. *Agronomy Mesoamerican*, 30(3), 681-693. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36307>



Mera, M., Ramírez, R., & Leiva, E. (2017, noviembre 13-17). *Importancia de la hojarasca en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* [Ponencia]. International Symposium Coca Research (ISCR). Lima, Perú. <https://www.icco.org/wp-content/uploads/T2.213.IMPORTANCIA-DE-LA-HOJARASCA-EN-EL-CULTIVO-DE-CACAO-THEOBROMA-CACAO-L..pdf>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático-CMNUCC*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Uribe, A., H. Méndez, & Mantilla, J. (1998). Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en el Departamento de Santander, Colombia. *Rev. Suelos Ecu.*, 28, 31-36.

Useche Pinzón, J. O., & Rojas Ardila, J., (2012). *Guía técnica para el cultivo del cacao*. Federación Nacional de Cacaoteros-Fedecacao; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11685>

Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de cacao es una publicación virtual, de fácil consulta, perteneciente a la colección *Crecimiento Verde* creada como alternativa encaminada a la producción agropecuaria sostenible.

Elaborada entre marzo y noviembre de 2021.



