

Importancia de la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Misael Martínez Bolaños, Ana Laura Reyes Reyes, Carlos
Hugo Avendaño Arrazate



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional
Pacífico Sur

Campo Experimental Rosario Izapa

Tuxtla Chico, Chiapas, México

Folleto Técnico No. 49, mayo 2025

ISBN: 978-607-37-1760-1

Registro de Obra:

03-2025-061809155800-01



Agricultura
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Forestal

inifap
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Dr. Julio Antonio Berdegúé Sacristán

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México

Lic. Leonel Efraín Cota Montaña

Subsecretario de Agricultura y Desarrollo Rural

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES, FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Miguel Jorge García Winter

Director General del INIFAP

Dr. Efraín Cruz Cruz

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Dr. Luis Ortega Reyes

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dr. José Humberto Corona Mercado

Coordinador de Administración y Sistemas

Dr. Dante Schiaffini Barranco

Titular de la Unidad Jurídica

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL PACÍFICO SUR

Dr. Rafael Ariza Flores

Director Regional

Dr. Miguel Ángel Cano García

Director de Investigación

M.A. Jaime Alfonso Hernández Pimentel

Director de Administración

M. Sc. Walter López Báez

Director de Coordinación y Vinculación en Chiapas

Importancia de la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Importancia de la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Misael Martínez Bolaños

Investigador del Programa Cacao

Campo Experimental Rosario Izapa - CIRPAS

Ana Laura Reyes Reyes

Investigadora del Programa Cacao

Campo Experimental Rosario Izapa - CIRPAS

Carlos Hugo Avendaño Arrazate

Investigador del Programa Cacao

Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG)



**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Pacífico Sur

Campo Experimental Rosario Izapa

Tuxtla chico, Chiapas, México

Folleto Técnico Núm. 49

Mayo de 2025

D.R. © Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso Núm. 5. Colonia Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, México.
Tel. (55) 3871-8700

www.gob.mx/inifap

Folleto técnico N° 49

Importancia de la biodiversidad en los sistemas
agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.)

ISBN: 978-607-37-1760-1

Primera Edición: 2025

Registro de Obra: 03-2025-061809155800-01

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la Institución.

Impreso y hecho en México

La cita correcta de esta obra es:

Martínez-Bolaños Misael, Reyes-Reyes Ana Laura y Avendaño-Arrazate Carlos Hugo. 2025. Importancia de la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L). Folleto Técnico No. 49. INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México, p. 47.

CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Los sistemas agroforestales (SAF)	3
3. Los sistemas agroforestales biodiversos	6
4. Los sistemas agroforestales (SAF) de cacao	8
5. Biodiversidad en los SAF y su importancia.....	12
5.1. Diversidad de flora y fauna en los SAF-cacao	12
5.2. Polinizadores de cacao.....	16
5.3. Diversidad microbiana en suelos de cacao	18
6. Riesgos para pérdidas de biodiversidad	22
6.1. Panorama general de los riesgos de la pérdida de biodiversidad.....	22
6.1.1. Causas de la pérdida de biodiversidad	24
6.2. Impacto de la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas y en la humanidad.....	25
6.3. Pérdida de biodiversidad en el cultivo de cacao	26
6.3.1. El cacao y su dependencia de la biodiversidad	26
6.3.2. Efectos de la pérdida de biodiversidad en la productividad del cacao	26
7. Acciones para proteger la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao	30
7.1. Diversificación de especies arbóreas.....	30
7.2. Incremento de polinizadores.....	30
7.3. Reducción de agroquímicos	31
Literatura Consultada	32
Agradecimientos.....	35

1. Introducción

La biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao (SAF-cacao) abarca la flora, fauna y microorganismos que interactúan en el mismo hábitat. Contar con sistemas biodiversos provee estabilidad al ecosistema; además, tienden a incrementar la cantidad de polinizadores y de microorganismos benéficos.

Una de las causas de la pérdida de la biodiversidad de los SAF-cacao es el cambio de uso de suelo para el establecimiento de monocultivos.

Se recomienda estudiar la flora, fauna y microbiota presente en el sitio, con el fin de tomar en cuenta su ciclo biológico y necesidades alimentarias previo al establecimiento del sistema agroforestal.

Ejecutar acciones de manejo agronómico sustentable provee ventajas para proteger, preservar o recuperar la biodiversidad en sistemas de cultivo. Además, coacciona en reducir el impacto ambiental y la degradación del suelo.

El presente folleto técnico contiene información que genera conocimiento de la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao y acciones que la protegen.



2. Los Sistemas Agroforestales (SAF)

La agroforestería es un grupo de prácticas y sistemas de producción, donde la siembra de los cultivos y árboles forestales se encuentran en combinación con la aplicación de prácticas de conservación de suelo (Figura 1). Este tipo de prácticas permite una producción más sostenible pues permite un ingreso seguro y diversificado con menor riesgo para el productor (FAO, 2025).



Figura 1. Plantación de cacao en un sistema agroforestal.

La agroforestería es una técnica efectiva para detener fenómenos ambientales a nivel mundial como los son la

deforestación, la erosión de los suelos, la degradación de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad.

La agroforestería no es una práctica nueva, ha prevalecido durante siglos en muchas partes del mundo, especialmente bajo condiciones de agricultura de subsistencia, tradicional, campesina o indígena.

Los diseños agroforestales de estratos múltiples, las cortinas cortavientos y protectoras, los huertos familiares, las cercas vivas, la agricultura en callejones, el barbecho mejorado y los sistemas agrosilvopastoriles, son algunas prácticas agroforestales desarrollados en el trópico.



3. Sistemas agroforestales biodiversos

Los sistemas agroforestales biodiversos proporcionan servicios ecosistémicos. Suelen mejorar el microclima, calidad de aire, suelo y reducen la presencia de enfermedades.

Los indicadores biológicos de calidad del suelo se ven favorecidos en la tasa de respiración, en comparación con sistemas de monocultivo y está relacionado a la selección de árboles de sombra.



Figura 2. Plantación de cacao en un sistema agroforestal diversificado.



4. Los Sistemas Agroforestales (SAF) de Cacao

El establecimiento de cacao dentro de un Sistema Agroforestal (SAF-cacao) implica el establecimiento del cultivo en forma combinada con plantas maderables, frutales, leguminosas, otros árboles y arbustos en un mismo sitio. Este sistema permite mantener a las plantas de cacao bajo sombra y con ello se propician las condiciones para que tengan un buen crecimiento y producción.

Intercalar plantas de cacao con árboles frutales es una estrategia en el arreglo del sistema agroforestal que atrae otros beneficios tanto económicos como ambientales.

Cuando se parte de un espacio sin cobertera vegetal, la selección y establecimiento de la sombra temporal es de gran importancia para el cultivo de cacao, toda vez que es una especie umbrófila que necesitará de sombra durante toda su etapa de desarrollo. Una de las especies que se pueden utilizar como sombra temporal, debido a su rápido crecimiento es el chícharo gandul (*Cajanus cajan*) (Figura 3) y el plátano macho (Figura 4).



Figura 3. Uso de chícharo gandul (*Cajanus cajan*) como sombra temporal.



Figura 4. Uso de plátano macho como sombra temporal en el sistema agroforestal cacao.

Al momento del trazado, es necesario establecer también las especies que servirán de sombra permanente para el cultivo de cacao (Figura 5). Se recomienda utilizar especies adaptadas a la región, para tener una mayor adaptación y conservar la diversidad de las especies arbóreas.



Figura 5. Plantas de caoba y cedro que servirán de sombra permanente.

En SAF-cacao, una estructura de sombra más compleja con un manejo de bajos insumos ofrece numerosas funciones ambientales, pero reduce la productividad del cultivo (Wade *et al.*, 2010).



5. Biodiversidad en los SAF y su importancia

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de vida presente en un espacio determinado; esta biodiversidad incluye a la diversidad de plantas, animales y microorganismos, así como su variabilidad genética y los ecosistemas de los cuales forman parte.

La biodiversidad de los SAF tiene funciones fundamentales para el equilibrio biológico y contribuye con la provisión de bienes como alimentos, madera, semillas y medicinas; además de mantener la fertilidad de los suelos, polinizadores, calidad del aire y agua (Villanueva-González *et al.*, 2023).

5.1. Diversidad de flora y fauna en los SAF-cacao

En los bosques tropicales se encuentra la mayor diversidad de flora y fauna en el mundo (Villanueva-González *et al.*, 2023).

Las plantas asociadas al SAF-cacao poseen diferentes funciones dentro del sistema: son reguladores de sombra, proveen cobertura al suelo, hospedan polinizadores y mejoran la estructura del suelo (Figuras 6 y 7).



Figura 6. Plantas presentes en sistema agroforestal cacao como hospedera de polinizadores.



Figura 7. *Canavalia* sp., como coberteras de suelo en un sistema agroforestal cacao en etapa inicial.

Para el caso de plantas de porte alto, además de proporcionar sombra (Figura 8), su efecto también se ve reflejado en la regulación de poblaciones de organismos presentes en el cultivo de cacao.



Figura 8. Árboles tropicales como aportadoras de sombra en un sistema agroforestal cacao.

Por su estructura multi-estratificada, los SF-cacao son capaces de proporcionar hábitat, recursos y alimentos a una gran variedad de especies animales y plantas.

La fauna que puede observarse en estos sistemas son: aves, murciélagos, serpientes (Figura 9), roedores e insectos (Figura 10) (Daghela *et al.*, 2013).



Figura 9. Serpiente como parte del SAF- cacao



Figura 10. Insectos en un sistema agroforestal cacao

La diversidad de aves es mucho mayor en los SAF comparado con un monocultivo (Buck *et al.*, 2004), lo anterior debido a que los SAF proveen frutos, néctar, sitios de anidamiento y protección contra depredadores (Udawatta *et al.*, 2019). Se ha observado un aumento de 25% en las poblaciones de polinizadores en los SAF comparados con las áreas de monocultivos (Barrios *et al.*, 2017).

5.2. Polinizadores en el sistema SAF-cacao

La presencia de diversos polinizadores en los sistemas de cacao, son indicadores de la biodiversidad presente en ellos. Es decir, entre más variedad de especies vegetales atraentes y hospedantes, más diversidad de polinizadores visitantes.

En sistemas menos alterados, se observa mayor cantidad de polinizadores silvestres, o bien, cuando existan ecosistemas no alterados en la circunferencia del sistema de cultivo (Figura 11).

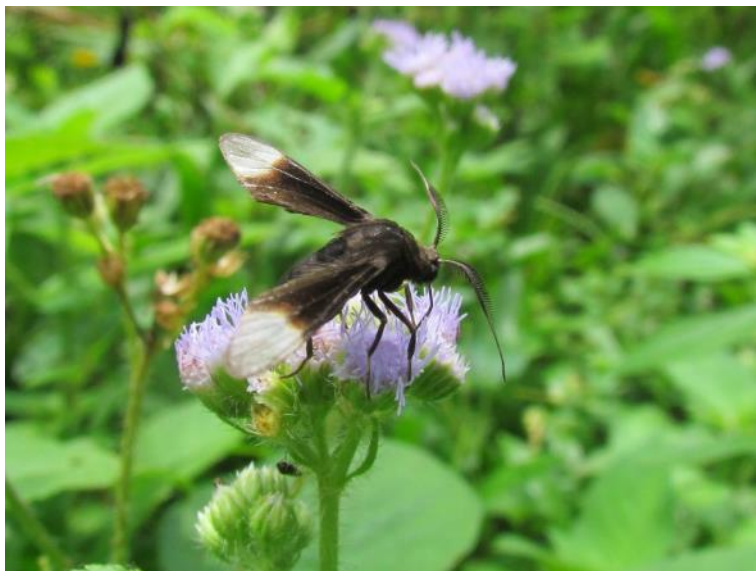


Figura 11. Polinizadores de vegetación silvestre en el sistema SAF-cacao.

La diversificación de especies genera un mejor servicio de polinización visto desde un enfoque de complemento y adición. Esta biodiversidad de polinizadores en los sistemas agroforestales de cacao está en función de la presencia de especies vegetales que sirvan para nidificación y como recurso alimenticio alternativo.

Para el caso específico de las flores el cultivo de cacao, diferentes polinizadores las visitan durante el transcurso del día. Los principales polinizadores de flores de cacao que están documentados, pertenecen a la familia

Ceratopogonidae, en específico del género *Forcipomyia*. Sin embargo, se ha reportado la presencia de otras familias como lo son: Thysanoptera, Cecidoniidae y Sciaridae (Ríos-Moyano *et al.*, 2023).

5.3 Diversidad microbiana en suelos de cacao

En el suelo existe gran diversidad de microorganismos; en un metro cuadrado de suelo se puede encontrar hasta 20, 000 especies de hongos, bacterias, virus, protozoarios, nematodos y otras especies (Keestra *et al.*, 2016).

Conservar la biodiversidad no solo involucra a macroorganismos sino también a todos aquellos presentes en el suelo que no son tan visibles. Los cuales, a su vez, son buenos indicadores de la fertilidad y sanidad del suelo.

De acuerdo con Raad-Nahon *et al.* (2024), en los SAF-cacao en Brasil se han encontrado asociados hasta 33 géneros de bacterias y 34 de hongos.

En estudios realizados en SAF-cacao en el Soconusco Chiapas, a través de muestreos con sustrato-trampa (Figura 12) se han contabilizado hasta 9,447 colonias bacterianas distribuidas en al menos 12 morfotipos; mientras que, en el caso de colonias fúngicas, se han aislado hasta 671 colonias, distribuidas en 8 diferentes géneros (Vázquez-Bautista, 2020).

Dentro de esta diversidad de microorganismos, se encuentran los que se consideran benéficos, ya que ayudan a promover el crecimiento, contrarrestan enfermedades o solubilizan nutrientes para la planta. Ejemplo de ello son los hongos micorrízicos arbusculares, las rizobacterias y los hongos del género *Trichoderma* (Figura 13).

Los hongos *Trichoderma* son excelentes competidores por espacio y nutrientes en el suelo, lo que limita la presencia de patógenos. Además, son degradadores de materia orgánica y liberan sustancias que promueven el crecimiento de las plantas.



Figura 12. Diversidad microbiana asociada al SAF-cacao.

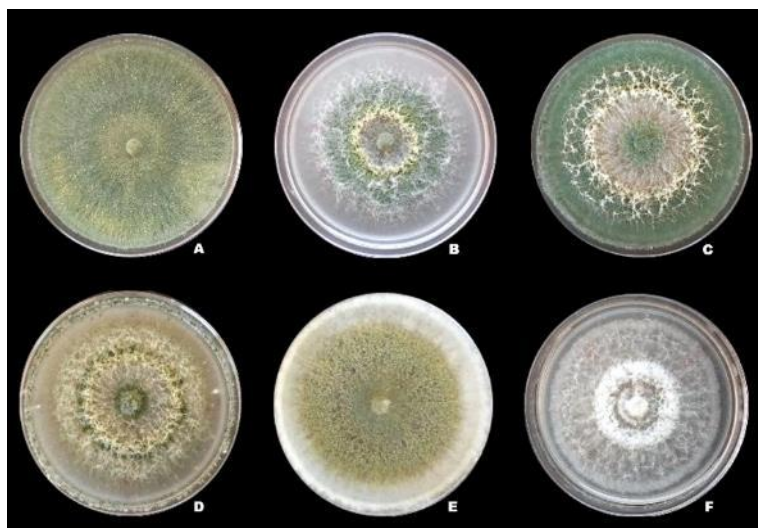


Figura 13. Diversidad de cepas de *Trichoderma* asociadas al SAF-cacao.



6 Riesgos para pérdidas de biodiversidad

Como se mencionó anteriormente, la biodiversidad que existe en nuestro planeta, abarca especies animales, vegetales, microbianas y sus interacciones dentro de los ecosistemas (Roe *et al.*, 2019, Peixoto *et al.*, 2022). Sin embargo, la pérdida de biodiversidad es un fenómeno que se ha intensificado a lo largo de las últimas décadas y se ha convertido en uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI.

Por lo anterior, es de gran relevancia reconocer y abordar el daño a nuestra biodiversidad con fines de buscar alternativas que minimicen o reviertan los riesgos de la pérdida de biodiversidad (Cavender *et al.*, 2022).

La conservación de la biodiversidad debe ser una prioridad global, con políticas y acciones que protejan tanto las especies como los ecosistemas que las sustentan, porque no solo es vital para la estabilidad ecológica, sino también para nuestra supervivencia social y económica.

6.1. Panorama General de los Riesgos de la Pérdida de Biodiversidad

En términos generales, la pérdida de biodiversidad se refiere a la disminución de la variedad y abundancia de organismos vivos en un área determinada (Roe *et al.*, 2019). Esta pérdida

ocurre a través de diversos procesos, siendo la principal causa la intervención humana en el medio ambiente. Las actividades como la deforestación para la expansión de tierras agrícolas y pecuarias (Figura 14), la urbanización, la contaminación de recursos naturales y la explotación insostenible de los recursos naturales aceleran la extinción de especies. A su vez, el cambio climático, resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero, altera los hábitats naturales y crea condiciones que dificultan la supervivencia de muchas especies.



Figura 14. Pérdida de biodiversidad en SAF-cacao, asociadas a cambio de uso de suelo.

6.1.1. Causas de la pérdida de biodiversidad

Las principales amenazas a la biodiversidad provienen de actividades humanas; estas incluyen:

Destrucción y degradación de hábitats. La expansión agrícola, la urbanización y la construcción de infraestructuras (carreteras, represas, minas) destruyen hábitats naturales, reduciendo los espacios disponibles para muchas especies.

Cambio climático. El aumento de las temperaturas globales y los cambios en los patrones climáticos alteran los hábitats y las condiciones de vida de muchas especies, forzándolas a migrar o a adaptarse a condiciones a menudo extremas. Este fenómeno pone en peligro la supervivencia de muchas especies que no pueden adaptarse tan rápidamente.

Contaminación. La contaminación del aire, agua y suelo afecta tanto a las especies como a sus ecosistemas. El uso de pesticidas, los vertidos de productos químicos industriales y la acumulación de desechos plásticos amenazan la salud de la fauna y flora.

Sobreexplotación de recursos naturales. La caza furtiva, la pesca indiscriminada, la tala ilegal y la recolección de especies exóticas para el comercio contribuyen a la extinción de muchas especies.

Especies invasoras. La introducción de especies no nativas en nuevos hábitats, ya sea accidental o intencional, puede alterar el equilibrio de los ecosistemas. Estas especies invasoras suelen desplazar a las especies locales, compitiendo por recursos y alterando la estructura ecológica.

6.2 Impacto de la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas y en la humanidad

La pérdida de biodiversidad afecta la estabilidad de los ecosistemas, interrumpiendo procesos vitales como la polinización, el control biológico de plagas, la purificación del agua, y la regulación del clima. Cuando una especie desaparece, otras que dependen de ella también pueden verse afectadas, creando un efecto dominó en la cadena alimentaria y los procesos ecológicos (Cardinale *et al.*, 2012).

Esto, a su vez, repercute en las actividades humanas (Marselle *et al.*, 2021), ya que dependemos directamente de estos servicios ecosistémicos (Cavender *et al.*, 2022; Limborg *et al.*, 2024). Muchas comunidades dependen directamente de los recursos naturales para su sustento, incluyendo alimentos, medicinas y materiales. La pérdida de biodiversidad puede afectar su seguridad alimentaria y su forma de vida, como en las regiones donde las especies locales de plantas y animales son esenciales para la

medicina tradicional. En la agricultura, por ejemplo, se ve amenazada por la pérdida de polinizadores, la reducción de la fertilidad del suelo y el aumento de plagas y enfermedades.

6.3 La Pérdida de Biodiversidad en el Cultivo del Cacao

6.3.1. El cacao y su dependencia de la biodiversidad

El cacao es uno de los cultivos más importantes en las economías de muchos países tropicales, especialmente en África, América Latina y Asia. Este cultivo es muy dependiente de la biodiversidad, ya que interactúa estrechamente con diversos elementos del ecosistema. Uno de los factores clave es la polinización.

Se estima que un tercio de los cultivos alimentarios del mundo dependen de los polinizadores. La pérdida de insectos polinizadores debido al uso intensivo de pesticidas, la destrucción de hábitats y el cambio climático está afectando la producción de alimentos en muchas regiones.

6.3.2 Efectos de la pérdida de biodiversidad en la productividad del cacao

La pérdida de biodiversidad tiene efectos directos sobre la productividad del cacao. La disminución de insectos polinizadores reduce la cantidad de cacao producido, lo que puede afectar gravemente la economía de los agricultores.

Además, la pérdida de diversidad de plantas y animales puede alterar el equilibrio natural del ecosistema, incrementando la presencia de plagas y enfermedades. La deforestación, otro factor importante, elimina hábitats de fauna que contribuyen al control natural de plagas. Por ejemplo, se ha encontrado en la región Soconusco, Chiapas en las parcelas de cacao donde se han eliminado las víboras, la presencia de ardillas es mucho mayor que en donde aún se pueden observar víboras. La ardilla es una plaga del cacao que puede disminuir el rendimiento hasta en un 30%. En consecuencia, los agricultores pueden verse obligados a recurrir a pesticidas y fertilizantes químicos, lo que no solo impacta la salud del suelo (Peixoto *et al.*, 2022), sino que también reduce la calidad de los productos y pone en peligro la sostenibilidad a largo plazo del cultivo.

Como se ha abordado en este capítulo, la pérdida de biodiversidad representa una amenaza grave y creciente para la estabilidad de los ecosistemas y las economías que dependen de ellos, como es el caso del cacao. La relación entre biodiversidad y producción es clara, y las medidas para preservar los ecosistemas, como el fomento de la agroforestería y la protección de hábitats naturales, son esenciales para garantizar un futuro sostenible para este cultivo. Es crucial adoptar prácticas agrícolas que

promuevan la biodiversidad y trabajen en conjunto con la naturaleza, en lugar de explotarla.



7. Acciones para proteger la biodiversidad en los sistemas agroforestales de cacao

La conservación de la diversidad de los SAF depende mucho de su diseño y el manejo que se les proporcione por parte del agricultor y de sus actitudes hacia la biodiversidad (Guiracocha *et al.*, 2001).

7.1 Diversificación de especies arbóreas

A mayor diversidad de plantas en los SAF, se reporta una mayor diversidad de microorganismos; así también, la incorporación de árboles que puedan proveer beneficios como forraje, nutrientes y biomasa, ayudan a la conservación de biodiversidad en los SAF.

7.2 Incremento de polinizadores

Para incrementar la cantidad de polinizadores en los sistemas agroforestales de cacao hay que asegurarse de:

- a) Disponibilidad de alimento alternativo y hospedantes para nidificación.
- b) Intercalado del cacao con árboles frutales para atraer especies de abeja sin aguijón.
- c) No retirar el mantillo, la mosca *Forcipomyia* prefiere ambientes con alta humedad y sombra.
- d) Asegurar un ecosistema no perturbado cerca de la plantación para atraer especies silvestres.

7.3 Reducción de agroquímicos

El uso de agroquímicos reduce la presencia de la fauna, polinizadores y de microorganismos benéficos en los sistemas agroforestales de cacao; por lo que se recomienda reducir al máximo su uso dentro de los SAF cacao.

El uso abonos orgánicos y biofertilizantes, permiten reducir la cantidad de agroquímicos a aplicar y su impacto en la biodiversidad.

Finalmente, el manejo de un SAF debe ser planificado y holístico, donde se implementen diferentes prácticas de manejo como son: material genético tolerante a plagas y enfermedades, poda, especies de sombra que aporten nitrógeno y fósforo al sistema, nutrición orgánica, manejo agroecológico de plagas y enfermedades, coberteras de preferencia leguminosas que aparte de proteger al suelo aporten nitrógeno al sistema, pero sobre todo es importante que el productor o productora esté consciente de la gran importancia de mantener sano un SAF-cacao y esto se va a ver reflejado en el equilibrio de todos los que viven y visitan el sistema agroforestal cacao.

8. Literatura citada

- Alvarado Aguayo A., Carrera Maridueña M. y Morante Cajilema, J. 2018. Importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. Desarrollo local sostenible. 11(33).
- Barrios E.; Valencia V.; Jonsson M.; Brauman A.; Hairiah K.; Mortimer P.E.; Okubo S. 2017. Contribution of trees to the conservation of biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes. Int. J. Biodiv. Sci. Ecosyst. Serv. Manag. 14: 1-16.
- Buck L.E.; Gavin T.A.; Lee D.R.; Upho N.T.; Behr D.C.; Drinkwater L.E.; Hively W.D.; Werner F.R. 2004. Ecoagriculture: A Review and Assessment of its Scientific Foundations; Cornell University: Ithaca, NY, USA.
- Copa-Bazán A.F., Matareco-Maza A., y Flores-Llampa B. 2024. Entomofauna asociada a la polinización del cultivo de cacao nativo, San Ignacio Moxos, Beni, Bolivia. Revista de investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales, Bolivia. 11(3): 47-58.
- Daghela H.B., Fotio D., Missoup A.D., and Vidal S. 2013. Shade tree diversity, cocoa pest damage, yield compensating inputs and farmers' net returns in West Africa. Plos One 8(3):1-9.
- Durot C., Limachi M., Naoki K., Cotter M., Bodenhausen N., Marconi L. y Armengot L. 2023. Complexity of cacao production systems affects terrestrial ant assemblages. Basic and Applied Ecology. 73: 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.10.006>
- Ferreira D.F., Jarrett C., Wandji A.C., Atagana P.J., Rebelo H., Maas B. y Powell L.L. 2023. Birds and bats enhance yields in Afrotropical cacao agroforests only under high tree-level shade cover.

Agriculture, Ecosystems and Environment. 345: 108325.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108325>

Guiracocha G, Harvey C, Somarriba E, Krauss U y Carrillo E. 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. Agroforestería en las Américas. 8, 30: 1-5.

Jaramillo M.A., Reyes-Palencia J. y Jiménez P. 2024. Floral biology and flower visitors of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the upper Magdalena Valley, Colombia. Flora. 313: 152480.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2024.152480>

Keesstra S.D.; Bouma J.; Wallinga J.; Tiftonell P.; Smith P.; Cerdà A.; Montanarella L.; Quinton J.N.; Pachepsky Y.; Van Der Putten W.H.; et al. 2016. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. Soil 2: 111–128.

Miñarro M., García D. y Martínez-Sastre R. 2018. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. Ecosistemas. 27(2): 81-90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>.

Raad-Nahon SM, Costa-Trindade F, Yoshiura CA, Caixeta-Martins G, Chagas da Costa IR, de Oliveira Costa PH, Herrera H, Balestrin D, de Oliveira Godinho T, Makiyama-Marchiori B, and da Silva Valadares RB. 2024. Impact of agroforestry practices on soil microbial diversity and nutrient cyclin in Atlantic rainforest cocoa systems. International Journal of Molecular Sciences, 25 (21): 11345.
<https://doi.org/10.3390/ijms252111345>

Ríos-Moyano DK; Rodríguez-Cruz FA; Salazar-Peña JA; Ramírez-Godoy A. 2023. Factores asociados a la polinización del cultivo de cacao

- (*Theobroma cacao* L.), Costa Rica (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 34(3). Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/52280/56470/246506>
- Salazar-Díaz R. y Torres-Coto V. 2017. Estudio de la dinámica de polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en tres sistemas de producción. *Tecnología en Marcha*. 30: 90-100. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3088>
- Villanueva-González CE, Lojka B y Archila-Cardona CE. 2023. Agroforestería para la conservación de la biodiversidad en América Latina: una revisión sistémica. *Revista Eutopía* 1: 1-25.
- Vásquez-Bautista H. 2020. Microorganismos asociados a la rizósfera de cacao (*Theobroma cacao* L) con potencial antagonista a mazorca negra (*Phytophthora* sp). Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola. 76 p.
- Visscher AM., Chávez E., Caicedo C., Tinoco L. y Pulleman M. 2024. Biological soil health indicators are sensitive to shade tree management in a young cacao (*Theobroma cacao* L.) production system. *Geoderma Regional*. 37: e00772. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00772>
- Wade A. S. I., Asase A., Hadley P., Mason J., Ofori-Frimpong K., Preece D., Spring N. y Norris K. 2010. Management strategies for maximizing carbon storage and tree species diversity in cocoa-growing landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment* 138(3-4):324-334.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la SOCIEDAD ALEMANA PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL (GIZ), por el financiamiento otorgado para el desarrollo del presente trabajo; a través del proyecto N°: 21.2139.9-002.00, Contrato N°: 81301060, “Fortalecimiento de capacidades en el sector rural para la producción sostenible de maíz nativo, agave mezcalero, cacao y ganado caprino y ovino”.



Coordinadores de la información

Dr. Misael Martínez Bolaños

Dra. Ana Laura Reyes Reyes

Edición

Dr. Misael Martínez Bolaños

Diseño y fotografía

Dr. Misael Martínez Bolaños

Dra. Ana Laura Reyes Reyes

Código INIFAP

MX- 0-310305-52-07-34-09-49

Esta publicación se terminó de editar en
imprimir en el mes de mayo del 2025.

Publicación electrónica disponible en PROMETEO EDITORES en
Calle Libertad No. 1457, Colonia Americana, C.P. 44160
Guadalajara, Jalisco, en el mes de mayo de 2025. (33) 3801-2024

Su tiraje consta de 2500 ejemplares

**Publicación revisada por el Comité Editorial
del Campo Experimental Rosario Izapa**

Comité Editorial del Campo Experimental Rosario Izapa

Presidente

Dr. Cándido Enrique Guerra Medina

Secretario

Dra. Ana Laura Reyes Reyes

Vocales

Dr. Misael Martínez Bolaños

Dr. Moisés Alonso Báez

M.C. José de Jesús Maldonado Méndez

Campo Experimental Rosario Izapa

Personal Investigador

Dr. Moisés Alonso Báez	Oleaginosas
Dr. Juan Francisco Caballero Pérez	Café
M.C. Abraham Bibiano Flores	Frutales tropicales
Ing. Víctor Hugo Díaz Fuentes	Plantaciones Forestales
M.C. Manuel Grajales Solís	Oleaginosas
Dr. Cándido Enrique Guerra Medina	Carne de Bovino
Dr. Leobardo Iracheta Donjuan	Café
M.C. Pablo López Gómez*	Café
Dr. Guillermo López Guillén	Sanidad Vegetal
M.C. José de Jesús Maldonado Méndez	Forrajes y Agostaderos
Dr. Martínez Bolaños Misael	Sanidad Vegetal
Dra. Biaani Beeu Martínez Valencia	Cacao
Dr. Ismael Méndez López	Café
M.C. Víctor Palacio Martínez	Frutales Tropicales
Dra. Ana Laura Reyes Reyes	Cacao
M.C. Pablo Amín Ruiz Cruz	Plantaciones Forestales
Dr. José Luís Solís Bonilla	Cacao

* Becario



Agricultura

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

inirap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias





www.gob.mx/inifap

Los sistemas agroforestales (SAF) de cacao proporcionan servicios ecosistémicos. La biodiversidad presente en los SAF-cacao incluye a plantas, animales y microorganismos, los cuales tienen funciones fundamentales para el equilibrio biológico del ecosistema. Los SAF-cacao también proporcionan hábitat, recursos y alimentos a una gran variedad de especies animales y plantas.

El manejo de los SAF-cacao debe ser planificado y holístico donde se implementen diferentes prácticas de manejo.

