



AGROFORESTERÍA: UNA GUÍA

Principios de diseño y manejo agroforestal en
beneficio de las personas y del medioambiente



Editores
Anja Gassner y Philip Dobie

AGROFORESTERÍA: UNA GUÍA

**Principios de diseño y manejo agroforestal en
beneficio de las personas y del medioambiente**

Editores

Anja Gassner y Philip Dobie



AGROFORESTERÍA: UNA GUÍA

© 2023 CIFOR-ICRAF
Todos los derechos reservados.



Los contenidos de esta publicación están bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISBN 978-9-96-610862-3
<https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.33141>

Gassner A y Dobie P. eds. 2023. *Agroforestería: Una Guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF).

Traducción de: Gassner A and Dobie P. eds. 2022. *Agroforestry: A primer*. Design and management principles for people and the environment. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR) and Nairobi: World Agroforestry (ICRAF).

Ilustraciones: Roy Oliver Corvera y María Ángela Espinosa
Diseño: Dharmi Bradley
Edición: Monica Evans y Jonathan Cornelius
Contenido: Jonathan Cornelius
Traducción: Jorge Cornejo
Edición de traducción: Gabriela Ramirez

CIFOR
Jl. CIFOR, Situ Gede, Bogor Barat 16115, Indonesia
E cifor@cgiar.org

ICRAF
United Nations Avenue, Gigiri, PO Box 30677, Nairobi, 00100, Kenya
E worldagroforestry@cgiar.org

CIFOR-ICRAF
El Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR) y el Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) conciben un mundo más equitativo donde los árboles en todos los paisajes, desde las tierras áridas hasta los trópicos húmedos, contribuyen a mejorar el medioambiente y bienestar de todos y todas. CIFOR-ICRAF son centros de investigación del CGIAR.

cifor-icraf.org

Las designaciones empleadas y la forma en que aparece presentado el material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de CIFOR-ICRAF, de sus socios ni de los organismos donantes sobre el estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o área, ni sobre sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites.



CONTENIDO

Lista de autores	7
Prólogo	10
Agradecimientos	13
1. Introducción	14
<hr/>	
¿Por qué agroforestería?	15
¿Por qué es necesaria una publicación más sobre agroforestería?	18
¿A quién está dirigida esta publicación?	20
¿Cómo está organizada la publicación?	21
Recursos clave	23
2. Componentes de los sistemas agroforestales	24
<hr/>	
Atributos de los cultivos	26
Tiempo de vida	27
Domesticación	27
Requerimientos de luz y tolerancia a la sombra	28
Necesidades de agua	30
Tipos de raíces	31
Función agroecológica	32
Atributos del ganado	33
Mayor valor	34
Grandes necesidades de cuidado y mantenimiento	35
Movilidad	36
Beneficios agroecológicos y ambientales	36
Atributos de los árboles	38
El papel de los árboles	38
Domesticación	40
Tiempo de vida	40





Características de la copa	41
Caducidad y tamaño de las hojas	42
Características de las raíces	43
Velocidad de crecimiento y grado de invasividad	44
Contribución agroecológica	45
Vida del suelo	45
Microsimbiontes	48
Ingenieros del suelo	49
Descomponedores y transformadores elementales	49

3. Los sistemas agroforestales como sistemas circulares 50

Nutrientes y agua	52
Conservación del suelo y control de la erosión	56

4. Principios de diseño agroforestal 58

El principio de “centrado en el agricultor”	60
Objetivos y aspiraciones de los agricultores	61
Aplicación del principio de “centrado en el agricultor”	62
El principio de “adecuación al lugar, a las personas y al propósito”	64
Adecuación al lugar	65
Adecuación a las personas	65
Adecuación al propósito	66
Viabilidad	66
El principio de “sinergia”	67

5. Codiseño y establecimiento de sistemas agroforestales 70

¿Qué tipo de conocimientos se necesita para el codiseño de sistemas agroforestales?	72
Proceso de diseño	76
Selección de especies	79
Del diseño a la acción: el plan de establecimiento y su implementación	83
Importancia del plan de establecimiento	83
¿Qué debe contener el plan de establecimiento?	84
Incentivos	86



6. El germoplasma (plantones y semillas) en la agroforestería 88

Calidad del germoplasma (plantones y semillas) y adecuación al propósito	90
Plantas de vivero	90
Semillas	92
Genética y adecuación al propósito	93
Acceso a germoplasma	94
Buenas prácticas	94
Sistemas de suministro de germoplasma	100

7. Manejo de árboles en sistemas agroforestales 104

Los sistemas agroforestales difieren entre sí, pero las directrices de manejo de los árboles son similares	106
Raleo	107
Manejo de las copas	108
Poda	108
Recorte	110
Manejo de rebrote por tocón	111
Desmochado	111
Deshierba o desbroce	112
Fertilización	113

8. De los principios a la práctica: sistemas destacados 114

Cultivos anuales con árboles (CAAr)	116
Directrices de diseño	117
Directrices de manejo	121
Ganado con árboles	122
Descripción del sistema	122
Directrices de diseño	127
Directrices de manejo	130
Agroforestería perenne multiestrato	132
Descripción del sistema	132
Directrices de diseño	134
Directrices de manejo	135



Sistemas agroforestales multiestrato de cacao en Centroamérica y las Filipinas	137
Descripción del sistema	137
Directrices de diseño	138
Directrices de manejo	138
Estudios de caso	141
Agroforestería de la palma aceitera	144
Descripción del sistema	144
Directrices de diseño	145
Directrices de manejo	147
Agricultura de forestación de bosques tropicales	148
Descripción del sistema	148
Directrices de diseño	150
Directrices de manejo	152

9. De los principios a la práctica: historias desde el terreno 154

Hambre oculta y degradación de la tierra: la respuesta de una ONG al pedido de ayuda de una aldea	156
Necesidades de los agricultores y respuesta	156
Cómo se utilizaron y aplicaron los principios de diseño	158
Restauración de la tierra para mejorar los medios de vida y la conservación de la biodiversidad	160
Necesidades de los agricultores y respuesta	160
Cómo se utilizaron y aplicaron los principios de diseño	162
Restauración de bosques mediante la “forestación de bosques tropicales”	166
Necesidades de los agricultores y respuesta	166
Cómo se utilizaron y aplicaron los principios de diseño	168
Cuando las cosas no van bien	170
Necesidades de los agricultores y respuesta	170
Cómo se aplicaron incorrectamente o se ignoraron los principios: qué salió mal	173

Nombres científicos de especies y géneros	174
Glosario	175





LISTA DE AUTORES

Marlito Bande

Institute of Tropical Ecology & Environmental Management, Visayas State University, Baybay City, Leyte 6521, Filipinas

Brian Chiputwa

World Agroforestry (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 Nairobi, Kenia

Richard Coe

Statistics for Sustainable Development, Reading, Reino Unido; World Agroforestry (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 Nairobi, Kenia

Jonathan P. Cornelius

James Cook University, Queensland, Australia; World Agroforestry (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 Nairobi, Kenia

Philip Dobie

World Agroforestry (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 Nairobi, Kenia

Anja Gassner

Global Landscapes Forum, Charles-de-Gaulle-Straße 5, 53113 Bonn, Alemania; World Agroforestry (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 Nairobi, Kenia

Rhett D. Harrison

World Agroforestry (ICRAF), East and Southern Africa Regional Office, Lusaka, Zambia

Hanna J. Ihli

Chair of Economic and Agricultural Policy, Institute for Food and Resource Economics (ILR), University of Bonn, Nussallee 21, 53115 Bonn, Alemania

Clement A. Okia

Muni University, P.O. Box 725, Arua, Uganda; World Agroforestry (ICRAF), Uganda Country Office, P.O. Box 26416, Kampala, Uganda

Andrew Miccolis

World Agroforestry (ICRAF), Brazil Country Office, Travessa Enéas Pinheiro, Marco, CEP 66.095-100, Belén, Pará, Brasil

J. David Neidel

World Agroforestry (ICRAF), Philippines Country Office/ Yale Environmental Leadership & Training Initiative, 2nd Floor, Khush Hall Building, International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna 4031, Filipinas

Stepha McMullin

World Agroforestry (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 Nairobi, Kenia

Agustín Mercado

World Agroforestry (ICRAF), Philippines Country Office, Rm. 15 Khush Hall Building, International Rice Research Institute (IRRI), College, Los Baños, Laguna 4031, Filipinas

Athanase Mukuralinda

World Agroforestry (ICRAF), Rwanda
Country Office, RAB Headquarters,
P.O. Box 5016, Kigali, Ruanda

Caroline Pinon

University of the Philippines Los Baños.
Department of Social Development
Services; Kanluran Road, Los Baños,
Laguna 4031, Filipinas; World
Agroforestry (ICRAF), Philippines
Country Office, Rm. 15 Khush Hall
Building, International Rice Research
Institute (IRRI), College, Los Baños,
Laguna 4031, Filipinas

Eduardo Somarriba

Programa de Agroforestería, Centro
Agronómico Tropical de Investigación
y Enseñanza (CATIE), Turrialba 30501,
Costa Rica

Peter Thorne

International Livestock Research
Institute (ILRI), Addis Abeba, Etiopía

Etti Winter

Institute for Environmental Economics
and World Trade, Leibniz University
of Hannover, Königsworther Platz 1,
30167 Hannover, Alemania

Cómo citar un capítulo de este libro

Capítulo 1

Gassner A and Dobie P. 2022. Introducción. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 14–23. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 2

Gassner A, Cornelius JP, Dobie P, Mercado A, Mukuralinda A, Okia CA, Pinon C, Somarriba E, Thorne P. 2022. Componentes de los sistemas agroforestales. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 24–49. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 3

Dobie P, Gassner A, Somarriba E, Miccolis A. 2022. Los sistemas agroforestales como sistemas circulares. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 50–57. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 4

Gassner A, Coe R, Cornelius JP, Dobie P, Miccolis A, Mukuralinda A, Okia CA, Somarriba E 2022. Principios de diseño agroforestal. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 58–69. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 5

Gassner A, Chiputwa B, Coe R, Dobie P, Ihli HJ, Somarriba E, Miccolis A, McMullin S, Pinon C, Winter EM. 2022. Codiseño y establecimiento de sistemas agroforestales. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 70–87. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 6

Cornelius JP 2022. El germoplasma (plantones y semillas) en la agroforestería. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 88–103. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 7

Gassner A, Mercado A, Miccolis A, Mukuralinda A, Okia CA, Somarriba E. 2022. Manejo de árboles en sistemas agroforestales. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 104–113. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 8

Gassner A, Bande M, Harrison RD, Mercado A, Miccolis A, Mukuralinda A, Neidel D, Okia CA, Somarriba E, Thorne P. 2022. De los principios a la práctica: sistemas destacados. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 114–153. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>

Capítulo 9

Cornelius JP. 2022. De los principios a la práctica: historias desde el terreno. *En* Gassner A y Dobie P. Eds. *Agroforestería: una guía*. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR); y Nairobi: Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 154–173. <https://doi.org/10.5716/cifor-icraf/BK.25114>



PRÓLOGO

La seguridad alimentaria encabeza las prioridades de producción de los países, y aunque a nivel global hemos avanzado tecnológicamente y económicamente, una importante porción de la población todavía vive en la pobreza y enfrenta dificultades para acceder a alimentos. En el contexto del cambio climático, no se puede obviar el abrumante impacto negativo del calentamiento global, que causa la disminución de la producción, el deterioro del suelo, erosión, desertificación y otras consecuencias, a las cuales tenemos que adaptarnos o el sistema agropecuario sufrirá graves consecuencias.

Además, el deseo de incrementar los rendimientos y las cantidades de producción, generalmente con monocultivos, ha relegado a la valiosa práctica de la agroforestería, una alternativa de producción sostenible de alimentos.

Desde cualquier perspectiva con la que se analicen las contribuciones de la agroforestería, es posible darse cuenta de que su práctica tiene un impacto positivo en la producción alimentaria, en el manejo ecosistémico, en la biodiversidad y en los ingresos de las familias productoras. La agroforestería es una alternativa inteligente de producción en la que podemos combinar cultivos agrícolas, especies forestales y frutales, y especies animales como ganado bovino, ovino y caprino, entre otros. Afortunadamente, cada día, más fincas se transforman en experiencias agroforestales, contribuyendo así a mejorar, en muchos aspectos, las condiciones de vida de millones de familias alrededor del mundo.

En esta generación nos toca enfrentar el gran desafío del cambio climático, mediante medidas de adaptación y de mitigación. La agroforestería es una alternativa viable para contrarrestar el impacto negativo del cambio climático y el continuo aumento del calentamiento global, ya que nos ayuda a producir y almacenar carbono, y a generar múltiples bienes y servicios que resultan en beneficios humanos, económicos y ambientales. Otro elemento valioso de la agroforestería es que también nos conecta con una agricultura ancestral, que permite un arreglo natural de las especies y su convivencia.

Agroforestería: una guía. Principios de diseño y manejo agroforestal en beneficio de las personas y del medioambiente es una herramienta de gran utilidad para una amplia audiencia que incluye a personal técnico, practicantes e interesados en la agroforestería en general. De manera clara ejemplifica las formas y usos de la agroforestería, y resalta varios principios únicos, partiendo de un trabajo centrado en las necesidades del agricultor, que, más allá de subsistir, incluyen gozar de una vida de calidad en armonía con el ambiente y contar con un ingreso asegurado. El manual no solamente explica las virtudes de la práctica agroforestal, también detalla cómo hacer agroforestería tomando en cuenta las condiciones naturales y las necesidades de los pobladores. Un valor agregado del manual es que incluye experiencias exitosas de sistemas agroforestales en diferentes escenarios, que nos invitan a promover la agroforestería como una opción de producción sostenible en nuestros países.

Felicito a los autores del libro y a las organizaciones que lo hicieron posible. Esta guía es un gran incentivo para que, desde los proyectos del sector gubernamental, desde la empresa privada y desde las organizaciones privadas de desarrollo, nos enfoquemos más en la promoción de la agroforestería.

Laura Suazo

Secretaria de Agricultura y Ganadería de Honduras



En un momento como el actual, en que el mundo enfrenta retos globales interrelacionados como el cambio climático, los sistemas alimentarios deteriorados, la degradación generalizada de la tierra y los recursos hídricos, y la pérdida alarmante de biodiversidad, es fácil sentirse abrumado. Este libro está aquí para ayudar, al ofrecer una guía práctica sobre cómo podemos abordar estos problemas aparentemente insuperables, trabajando con los agricultores para hacer un mayor y mejor uso de los árboles en los campos, en las fincas y en los paisajes agrícolas; es decir, a través de la agroforestería.

La agroforestería aborda los retos globales de manera sistémica en lugar de uno a la vez, porque los árboles pueden ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático mientras absorben el dióxido de carbono de la atmósfera, brindan hábitat para la biodiversidad, regeneran el suelo y los recursos hídricos, y proporcionan alimentos de importancia nutricional y otros productos de alto valor que incrementan los ingresos de las fincas. En pocas palabras, los árboles en las fincas son una inversión en infraestructura ecológica. Sus sistemas radiculares profundos, sus copas altas y frondosas, y su longevidad agregan diversidad funcional a los sistemas agrícolas que los hace más resistentes a los efectos del cambio climático, como las inundaciones y sequías, cada vez más frecuentes y severas.

Lo belleza de este libro es que, en lugar de ofrecer unas pocas tecnologías prescriptivas para que los agricultores las adopten, establece principios que, si se siguen, pueden ayudar a los agricultores y a las comunidades a impulsar su propia innovación local.

El primer principio es empezar con los agricultores. Reconocer sus conocimientos, sus necesidades, deseos y capacidades, y luego codiseñar prácticas agroforestales que se ajusten a las circunstancias locales. Esto es importante porque los agricultores son diferentes entre sí y, por tanto, necesitan soluciones diferentes que se adapten a sus respectivos contextos. Esto nos lleva a la importancia del segundo principio del codiseño agroforestal: la adecuación a las personas, al lugar y al propósito.

La agroforestería no es “la” solución a los desafíos locales y globales, sino un conjunto de opciones con diferentes especies de árboles, prácticas de manejo y de gestión de cultivos y ganado que pueden aportar beneficios productivos y ambientales adaptados a las condiciones locales y a las

prioridades cambiantes. No siempre es fácil seleccionar las especies arbóreas y las prácticas de gestión adecuadas, pero vale la pena esforzarse para hacerlo, justamente porque los árboles son componentes con una vida útil larga dentro de los sistemas agrícolas. Esto pone de manifiesto la importancia del tercer principio: la sinergia.

Son los efectos sinérgicos los que generan confusión sobre el impacto de los desafíos globales. Por ejemplo, el efecto combinado del cambio climático y la intensificación agrícola está reduciendo la abundancia y la diversidad de los insectos, incluyendo los polinizadores que, a su vez, son importantes para la producción de cultivos, derivando en una espiral descendente.

Los sistemas agrícolas y alimentarios son complejos e involucran interacciones entre numerosos componentes ecológicos y socioeconómicos. Dado que los árboles aportan diversidad funcional a las fincas, aumentan el potencial de gestionar dichas interacciones para obtener resultados positivos. Sus extensos sistemas radiculares mejoran el reciclaje de nutrientes, las asociaciones con los microbios del suelo favorecen la fijación biológica del nitrógeno, reduciendo la necesidad de comprar fertilizantes inorgánicos. Los árboles también proporcionan sombra a los cultivos y al ganado, reduciendo el estrés térmico, promueven la recarga de aguas subterráneas al aumentar la infiltración del agua y, además, protegen contra la erosión del suelo. Los árboles bien gestionados en paisajes agrícolas mejoran el control natural de plagas, reduciendo el uso de pesticidas nocivos para el medioambiente, además de almacenar carbono en el suelo, la vegetación y los productos duraderos de la de madera. Los árboles también son importantes componentes sociales y culturales de los paisajes, dado que interactúan con la tenencia de la tierra, y tiene múltiples usos y variado acceso según el género y el origen étnico de las personas.

Está claro que la integración de los árboles en las prácticas agrícolas puede generar resultados positivos. La dificultad radica en que, con tantas especies de árboles y con opciones de gestión diferentes, la práctica de la agroforestería requiere de un conocimiento amplio. De ahí la importancia de este libro. En él se exponen, en un lenguaje sencillo, los pasos concretos para aplicar los principios de codiseño de soluciones agroforestales y se presentan estudios de caso bien ilustrados sobre cómo estas soluciones se han desarrollado en varios cultivos y sistemas ganaderos en distintas regiones del mundo. Esto incluye tanto los casos

de éxito como los fracasos, de manera que todos podamos aprender de las experiencias que los autores expertos reúnen en esta publicación de referencia.

Aliento a todas las personas a no solo leer este libro, sino que lo lleven al campo y lo utilicen como una guía para la acción. Si usted es un agricultor, extensionista, formulador de políticas o le interesa promover la agricultura equitativa y sostenible, en estas páginas encontrará abundante información para mejorar su comprensión sobre la agroforestería y sobre cómo ponerla en práctica.

Fergus Sinclair

Científico jefe, CIFOR-ICRAF

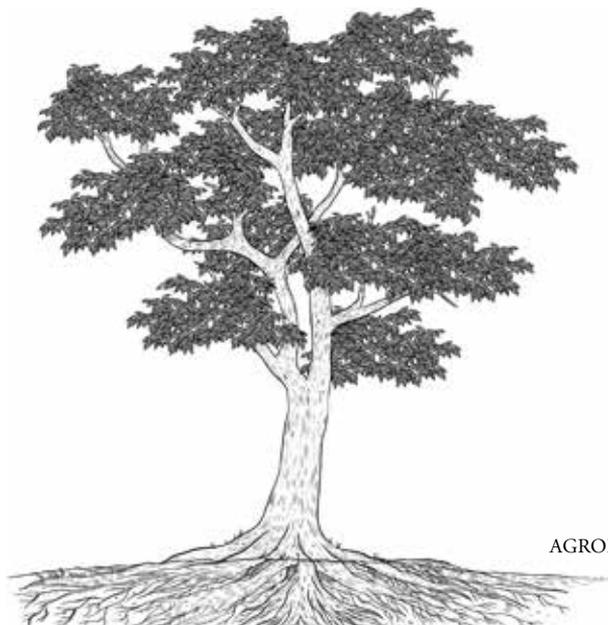


AGRADECIMIENTOS

Este libro ha sido producido conjuntamente por el proyecto Trees on Farms for Biodiversity y el proyecto Integrated Natural Resources and Environmental Management. Queremos agradecer el apoyo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección del Consumidor de Alemania (BMUV) y del Banco Asiático de Desarrollo.

Este trabajo está vinculado al Programa de Investigación del CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería. CIFOR-ICRAF son miembros del CGIAR, una alianza mundial de investigación para un futuro con seguridad alimentaria. Agradecemos a todos los donantes que apoyan la investigación para el desarrollo mediante sus contribuciones al Fondo del CGIAR. La lista completa de socios financiadores del “Fondo del CGIAR” está disponible en: <http://www.cgiar.org/our-funders>.

Agradecemos a Jacklyn Care Linayao por su ayuda en la búsqueda de recursos y contenidos clave, a Robert Frederick Finlayson por sus aportes al concepto del libro y a Zarrel Gel Noza por la coordinación e información brindada a los ilustradores.



INTRODUCCIÓN



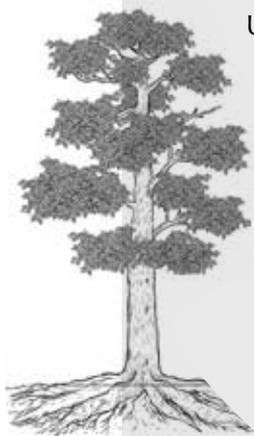


¿Por qué agroforestería?

La agricultura convencional es muy productiva, pero la alta productividad tiene un precio: el suelo se agota o se erosiona, los cursos de agua se contaminan o se secan y el sistema alimentario genera entre un 20% y un 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Muchos están de acuerdo en que necesitamos transformar con urgencia el sistema alimentario, incluyendo la agricultura. La agroforestería, como un enfoque basado en la naturaleza para la producción y para el uso de la tierra, jugará un papel importante en esta transformación.

La agroforestería es el uso de la tierra que combina árboles con cultivos, árboles con ganado o árboles con cultivos y ganado. Esta mezcla de componentes crea un **sistema agroforestal** en el que dichos componentes interactúan de una manera beneficiosa, mejorando la agricultura de muchas formas; por ejemplo, aumentando el rendimiento de los cultivos en las fincas, incrementando los ingresos agrícolas y contribuyendo a la conservación del suelo y agua. La agroforestería es una forma de manejo de los “árboles en las fincas” (véase el Recuadro 1).

Recuadro 1. La agroforestería y los “árboles en las fincas”



Utilizamos el término “agroforestería” para referirnos al uso de árboles en combinación con cultivos, ganado o ambos, en una misma superficie de terreno. También son comunes otras formas de utilización de árboles en las fincas: por ejemplo, parcelas forestales; árboles frutales plantados junto a una finca familiar; franjas de protección ribereñas; y parcelas de bosque natural. Algunos autores incluyen estas y otras formas de árboles en las fincas dentro de un concepto más amplio de la agroforestería en el “paisaje”.

Los árboles en fincas privadas constituyen una parte importante de la cobertura arbórea mundial: a nivel global, el 45 % de las fincas tiene más de un 10 % de cobertura arbórea. A nivel mundial, el almacenamiento de carbono en tierras agrícolas se ha estimado en 45 300 millones de toneladas métricas, de las cuales más del 75 % se encuentra en los árboles¹. Estas cifras no incluyen las grandes áreas de agroforestería en tierras usualmente clasificadas como bosques.



Los árboles en las fincas, incluyendo todos los tipos de agroforestería, desempeñan muchas funciones diferentes. Proporcionan un hábitat que aumenta la diversidad biológica de las tierras agrícolas, incluida la biodiversidad del suelo y la **agrobiodiversidad**. Mejoran la viabilidad de las áreas protegidas al facilitar el movimiento de animales, polen y semillas entre ellas. Los árboles, a pesar de que no son reconocidos en las estrategias actuales de “crecimiento verde” de la mayoría de los países, contribuyen a las soluciones basadas en la naturaleza para enfrentar los desafíos de la conservación y de la producción de alimentos.

Algo fundamental, los árboles proporcionan a los agricultores y a la comunidad en general bienes y servicios útiles y rentables, como madera y leña; mejoran la fertilidad del suelo; regulan el agua; brindan frutos, nueces y hojas comestibles; y sirven como forraje para el ganado.



¹ Zomer HN, Xu J, Ahrends A, Bossio D, Trabucco A, Van Noordwijk M, Wang M. 2016. Carbon on agricultural land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Nature Scientific Reports*, 6:29987. <https://doi.org/10.1038/srep29987>.

La agricultura convencional suele estar basada en la producción de un solo cultivo. La agroforestería también suele centrarse en una sola **especie emblemática o principal** (que puede ser una especie de árbol), pero incorpora también (otros) árboles al sistema. Hay muchas formas de incorporar árboles. Por ejemplo, un agricultor puede cultivar cereales u hortalizas combinados con árboles muy separados unos de otros. También puede plantar árboles maderables en el perímetro de la finca o a lo largo de un curso de agua. Los sistemas agroforestales varían desde los más sencillos —como aquellos con una sola especie de cultivo y una sola especie de árbol— hasta los más complejos, con varias especies de cultivos, varias especies de árboles y ganado; todos ellos satisfacen diferentes necesidades.



La agroforestería no es algo nuevo. Los agricultores la practican desde hace miles de años, y a partir de la década de 1970 es reconocida por los científicos como una forma de agricultura productiva y ecológicamente sostenible y de uso de la tierra. Sin embargo, repentinamente, la agroforestería es hoy objeto de mucha atención. Es promovida como un uso de la tierra estratégico que contribuye a **la mitigación del cambio climático** y a la **adaptación al cambio climático**, la conservación de la biodiversidad, la agricultura sostenible y otros objetivos. Muchas organizaciones recomiendan o utilizan la agroforestería como una herramienta útil para la restauración de ecosistemas, no solo agrícolas, sino también de paisajes forestales.



¿Por qué es necesaria una publicación más sobre agroforestería?

La agroforestería, aunque no es una panacea, tiene un gran potencial para contribuir al logro de todos los objetivos antes mencionados. Sin embargo, la agroforestería no es simplemente agregar árboles a las fincas. Para poder aprovechar su potencial, los profesionales deben comprender sus principios. *Agroforestería: una guía* contiene los principios y conceptos de la agroforestería, y cómo utilizarlos de manera eficaz.

Hemos adoptado este enfoque en parte porque ya existen manuales y guías de gran calidad, no solo los que incluyen el término “agroforestería” en el título, sino también muchos provenientes de los campos de la forestería, la horticultura y las ciencias sociales. Lo más importante es que nuestro enfoque refleja dos necesidades básicas:

1

En primer lugar, es importante evitar el enfoque del “**paquete tecnológico**” preconcebido, que puede derivarse de una excesiva dependencia de un manual específico. En lugar de ello, los profesionales de la agroforestería y quienes los apoyan deben comprender cómo utilizar los principios y conceptos para diseñar y adaptar las prácticas a sus condiciones locales.

2

En segundo lugar, es fundamental garantizar que las aspiraciones, las capacidades y los sueños de las familias agricultoras ocupen un lugar central en el diseño y la promoción de la agroforestería. La agroforestería debe apoyar no solo objetivos ambientales sino también —y más importante aún— los objetivos de la población rural y sus aspiraciones por una vida mejor. Los agricultores

rara vez pueden darse el lujo de invertir su tiempo o sus tierras en actividades que no les generen beneficios directos y tangibles. Los árboles deben contribuir a la seguridad alimentaria o nutricional, o generar ingresos. Los pagos por **servicios ecosistémicos**, como los créditos de carbono, suelen tener poco valor y no bastan para convencer a los pequeños propietarios de plantar y gestionar árboles.

Los árboles pueden ser un instrumento importante para restaurar y mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en tierras agrícolas, pero deben plantarse como parte de una estrategia de mejora de largo plazo. Esta debe incluir el desarrollo de empresas de tipo forestal y la búsqueda de mercados para los productos arbóreos.

Nuestro objetivo es apoyar a los profesionales en su labor de aprovechar todo el potencial de la agroforestería para contribuir a superar los desafíos locales y globales del siglo XXI.





¿A quién está dirigida esta publicación?

Este libro tiene como propósito orientar a los profesionales que apoyan a los agricultores en la implementación de sistemas agroforestales, entre ellos:



extensionistas



**planificadores y
gestores**



investigadores



**formadores/
capacitadores**



**profesores y
estudiantes de
agroforestería**



y especialistas de una amplia variedad de disciplinas que trabajan en proyectos y programas que utilizan la agroforestería. Estas disciplinas pueden incluir la agroecología, la conservación de la biodiversidad, la restauración de tierras, el desarrollo rural y otras, así como la propia agroforestería.





¿Cómo está organizada la publicación?

Luego de esta introducción, los capítulos del 2 al 7 tratan sobre diferentes aspectos de los sistemas agroforestales:

2

Componentes de los sistemas agroforestales describe los atributos más importantes de cuatro elementos fundamentales de los sistemas agroforestales: los cultivos, el ganado, los árboles y la vida del suelo.

3

Los sistemas agroforestales como sistemas circulares explica de qué manera la agroforestería promueve la salud y la conservación del suelo.

4

Principios de diseño agroforestal describe tres principios orientadores que son fundamentales para el éxito de las **intervenciones** agroforestales.

5

Codiseño y establecimiento de sistemas agroforestales explica algunas consideraciones importantes para aplicar los principios de diseño y transformar el diseño en acciones prácticas.

6

El germoplasma (plantones y semillas) en la agroforestería brinda orientación para garantizar la calidad y cantidad adecuadas de semillas y germoplasma.

7

Manejo de árboles en sistemas agroforestales describe las principales actividades necesarias para asegurar que los árboles interactúen de forma favorable con los demás componentes de un sistema.

Los capítulos 8 y 9 ofrecen diversas panorámicas sobre varios sistemas agroforestales:

8 **Sistemas destacados** presenta las características generales de varios sistemas agroforestales ampliamente utilizados.

9 **Historias desde el terreno** resume una serie de estudios de casos para ilustrar cómo los agricultores, y quienes los apoyan, pueden aplicar los principios y conceptos descritos en las secciones anteriores.

Reconocemos que los agricultores son un grupo diverso que incluye personas de distintos géneros, grupos de edad, culturas y niveles de recursos. Los mensajes de este libro son relevantes para todas ellas, y utilizamos el término “agricultor” para abarcar tal diversidad.

Los apéndices de este libro incluyen un glosario de términos técnicos y una lista de los nombres científicos y comunes utilizados en el texto. Las palabras y los términos incluidos en el glosario están destacados en **letra negrita de color azul**.





Recursos clave

Para la elaboración de esta publicación hemos recurrido a numerosas fuentes. Las siguientes han sido especialmente útiles:

1. Tengnäs B. 1994. *Agroforestry extension manual for Kenya*. Kenia: World Agroforestry (ICRAF). <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B08037.pdf>.
2. Somarriba E y Quesada F. 2009. *Agroforestry farm planning: Manual for farming families*. 1.^a edición. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Manual-Agroforestry-Farm-Planning.pdf>.
3. Miccolis A, Peneireiro FM, Marques HR, Vieira DLM, Arco-Verde MF, Hoffman MR, Rehder T, Pereira AVB. 2016. *Agroforestry systems for ecological restoration: How to reconcile conservation and production. Options for Brazil's Cerrado and Caatinga biomes*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN) y World Agroforestry (ICRAF). <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B19034.pdf>.
4. Somarriba EJ, Orozco-Aguilar L, Cerda R, López-Sampson A. 2018. *Analysis and design of the shade canopy of cocoa-based agroforestry systems*. En Umaharan P. Ed. *Achieving sustainable cultivation of cocoa*. Londres: Burleigh Dodds Science Publishing, 1-31. <https://doi.org/10.1201/9781351114547>.
5. Raintree JB. 1987. The state of the art of agroforestry diagnosis and design. *Agroforestry Systems* 5(3):219-250. <https://doi.org/10.1007/BF00119124>.
6. Kitalyi A, Miano DM, Mwebaze S, Wambugu C. 2005. *More forage, more milk: Forage production for small-scale zero grazing systems*. Nairobi, Kenia: Regional Land Management Unit (RELMA) of World Agroforestry (ICRAF). <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/MN13558.pdf>.

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES





Los sistemas agroforestales se componen de árboles y cultivos, árboles y ganado, o árboles y cultivos y ganado. En esta sección exploramos en detalle las características de estos componentes.

Un sistema agroforestal suele centrarse en una sola especie, a la que llamamos “especie emblemática”. Se trata de aquella especie que el agricultor considera la más importante, a menudo debido a que es la que más contribuye a su sustento. A esta se añaden otros componentes, a los que llamamos “**especies asociadas**”, cuya función es proporcionar **servicios agroecológicos** de apoyo a la especie principal, como la sombra. Las necesidades de las especies emblemáticas (por ejemplo, en términos de luz o agua) determinan los tipos de especies asociadas que se necesitan, aunque estas también generan productos útiles por sí mismas. Por ejemplo, cuando se cultivan rubros que no toleran la sombra, como cereales, los agricultores deben seleccionar y plantar árboles que no compitan con estos por la luz. En muchos sistemas agroforestales, la especie emblemática es un cultivo anual, un cultivo perenne (de larga vida; incluidos cultivos arbóreos) o una especie ganadera; también puede ser una especie frutal o maderable. Algunos sistemas agroforestales pueden tener más de una especie emblemática. Las especies asociadas pueden ser árboles o cultivos.



Atributos de los cultivos



Arroz



Maíz



Papa



Col/Repollo



Soya

Los cultivos que se emplean en los sistemas agroforestales incluyen granos básicos bien conocidos, como el maíz, el frijol y el arroz, así como cultivos con mayor tiempo de vida, como la yuca; cultivos comerciales, como el cacao, el café y la soya; y cultivos usados para alimentar al ganado.

Tiempo de vida

El tiempo de vida de los cultivos varía enormemente. Muchos granos básicos, como el frijol, el maíz, el arroz y el trigo, son anuales: germinan, crecen, florecen y mueren en una sola temporada o año. Todas las demás plantas son perennes, con tiempos de vida que van desde unos pocos años hasta décadas o incluso siglos. Los agricultores acortan el tiempo de vida de algunos cultivos perennes, como la caña de azúcar y la yuca, cuando los cosechan. El tiempo de vida también se acorta cuando los agricultores sustituyen las plantas viejas e improductivas por plantas nuevas, como en el proceso de rehabilitación de los cultivos de café y cacao.

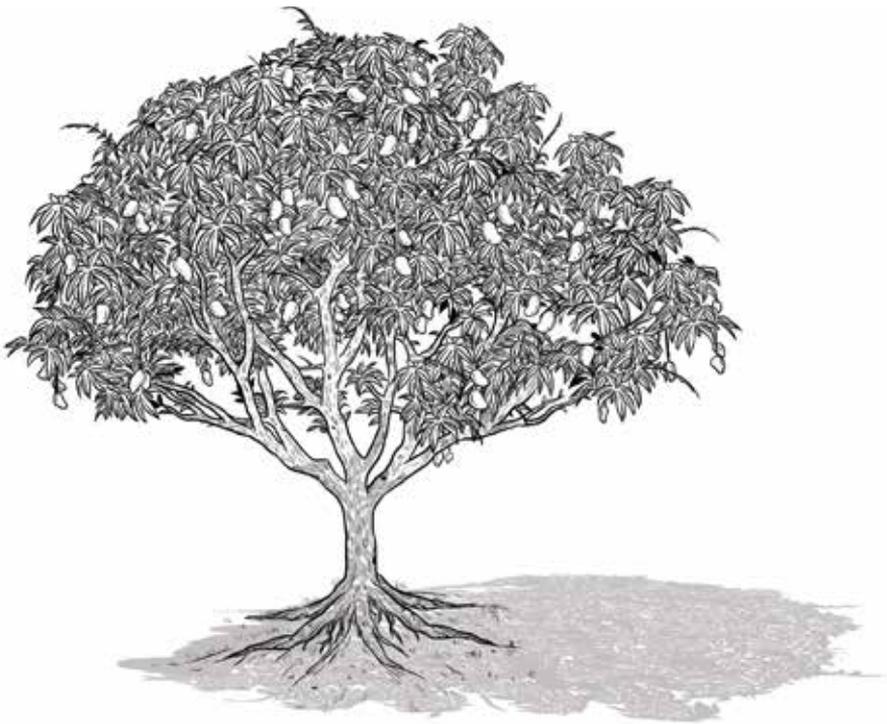


Domesticación

Casi todas las especies de cultivos han sido **domesticadas** en cierta medida: es decir, los agricultores y fitomejoradores han alterado sus características genéticas mediante procesos de selección y reproducción. En muchos casos, la domesticación ha transformado tanto a las especies de cultivo que ya no se asemejan a sus parientes silvestres más cercanas. Muchas **variedades modernas** de cultivos básicos requieren de una mayor cantidad de nutrientes y agua que las variedades tradicionales. Del mismo modo, muchas variedades mejoradas de café y cacao, que suelen cultivarse con sombra en los sistemas agroforestales, han sido seleccionadas para crecer en condiciones sin sombra. Tanto en el caso de los granos básicos como en el de los cultivos comerciales, las **variedades tradicionales** más económicas y resistentes pueden ser más adecuadas para ser cultivadas en sistemas agroforestales que las variedades altamente mejoradas.



Requerimientos de luz y tolerancia a la sombra



La luz es uno de los recursos más importantes para las plantas y las limitaciones en su suministro reducen su supervivencia y crecimiento. Cada tipo de planta tiene un nivel distinto de tolerancia a la sombra y algunas se desarrollan mejor en condiciones de sombra que a pleno sol.



Casi todos los principales cereales cultivados requieren de abundante luz, por lo que la sombra puede reducir su rendimiento.



Las hortalizas de fruto —aquellas cuya parte comestible es un fruto, como el pepino, el pimiento, el chile o ají, la calabaza y el tomate— se encuentran entre los cultivos menos tolerantes a la sombra. Cuando están a la sombra, a menudo no llegan a florecer, lo que significa que no producirán frutos.



Las hortalizas de raíz —como el taro, el arrurruz, el ñame, la remolacha o beterraga, la zanahoria y la papa o patata— crecen en zonas con sombra parcial o que reciben menos luz solar directa pero, por lo general, se benefician al recibir al menos medio día de pleno sol.



Las hortalizas de hoja —como la acelga, la espinaca y las verduras para ensalada— son, entre todos los vegetales, las más tolerantes a la sombra.



El cacao y el café pueden ser cultivados con éxito bajo sombra en la mayoría de las condiciones climáticas y, a menudo, su calidad mejora con ello (véase en el Capítulo **8 Sistemas agroforestales multiestrato de cacao en Centroamérica y las Filipinas**).



Muchos otros cultivos —como el jengibre, la menta, el perejil y la cúrcuma— también toleran la sombra. Las especies de gramíneas varían en cuanto a su tolerancia a la sombra y varias leguminosas forrajeras tropicales se adaptan bien a ella.

Los sistemas agroforestales combinan cuidadosamente árboles y cultivos para maximizar el uso de la luz. Se procura evitar el cultivo en la sombra de especies que requieren de luz, en tanto que las especies tolerantes a la sombra pueden aprovechar zonas con menos luz. Algunos cultivos, como el café y el cacao, suelen cultivarse deliberadamente bajo la sombra de los árboles y prosperan en esas condiciones.

Necesidades de agua

Los cultivos difieren mucho en sus requerimientos de agua. Cuando se combinan con otros cultivos o árboles, puede que los distintos componentes compitan por el agua. Las especies altamente productivas que consumen grandes cantidades de agua y nutrientes, como el maíz y otros miembros de la familia de las gramíneas, pueden reducir severamente el crecimiento de los plantones de árboles. Por otro lado, las raíces de los árboles que se encuentran cerca de la superficie del suelo pueden superar fácilmente a la competencia por agua de las hortalizas de hoja y de raíz.



Los sistemas agroforestales combinan cuidadosamente árboles y cultivos para evitar una competencia perjudicial por el agua, para maximizar los beneficios del agua disponible y para mejorar la capacidad de los árboles para acceder al agua de las profundidades del suelo (véase Capítulo 3).



Tipos de raíces

Los cultivos requieren de muchos nutrientes, y sus sistemas radiculares están adaptados para absorber los nutrientes disponibles en la superficie del suelo y en el agua. Las raíces pueden formar estructuras inmensas compuestas por millones de raíces ramificadas que alcanzan decenas de metros de longitud. Son, al mismo tiempo, los pies y las manos de las plantas, las anclan al suelo, pero también extraen de este los nutrientes que la planta necesita (Figura 1).



Figura 1. Algunos tipos de raíces

Función agroecológica

En la agricultura, al cosechar un cultivo se retiran grandes cantidades de **biomasa** y nutrientes del paisaje. Ello agota los recursos del suelo y disminuirá los rendimientos si no se restituyen. La agroforestería puede ayudar a reintegrar al sistema importantes cantidades de biomasa y nutrientes (véase Capítulo 3, **Los sistemas agroforestales como sistemas circulares**).

Los cultivos también contribuyen de manera positiva al funcionamiento del sistema. Las contribuciones siguientes son particularmente importantes:



Los residuos de los cultivos son una fuente de **materia orgánica**.



Los cultivos de leguminosas aumentan la disponibilidad de nitrógeno para otros componentes del sistema. Otras especies fertilizadoras, como el plátano o banano y el girasol mexicano, pueden desempeñar un papel importante para la captura y el flujo de nutrientes.



Los cultivos de cobertura ayudan a controlar la competencia de las malezas o malas hierbas.



Los cultivos forrajeros proporcionan nutrientes y agua al ganado.



El alto valor de los cultivos suele justificar actividades de deshierba (desbroce) y manejo agrícola que también benefician a otros componentes del sistema.

Los cultivos arbóreos (como café y cacao) desempeñan funciones agroecológicas similares a las de otros árboles (véase **Atributos de los árboles** en el Capítulo 2).

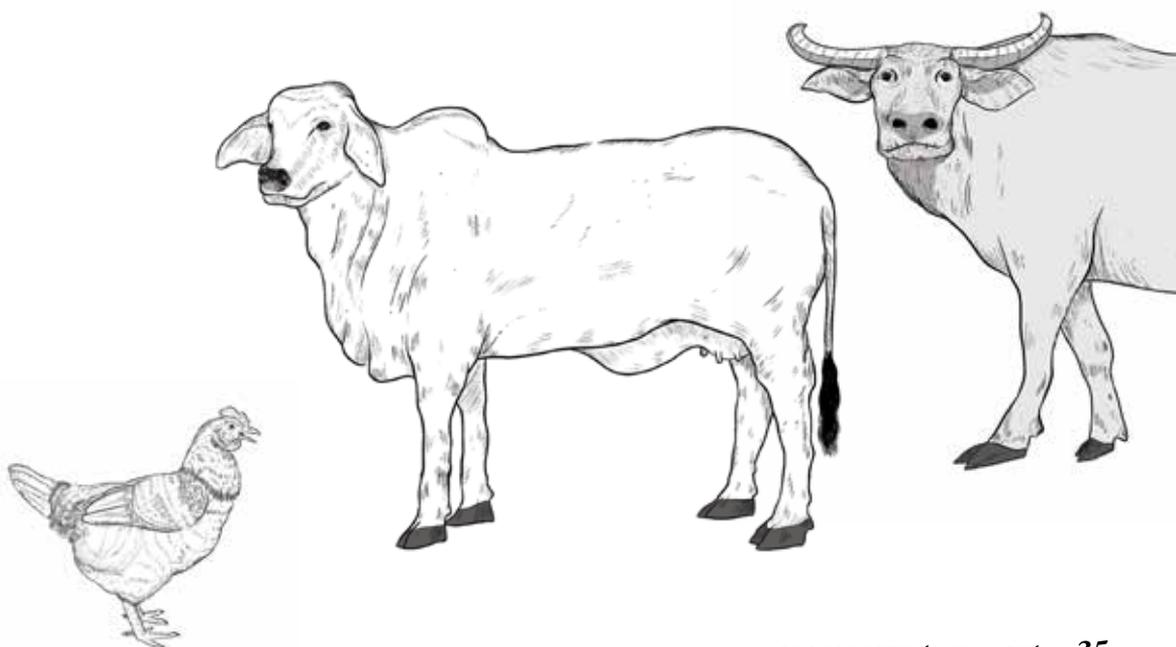


Atributos del ganado

El término “ganado” se refiere a todos los animales domesticados que se crían para la alimentación y otros productos agrícolas.

Las asociaciones entre el ganado y los árboles se producen en una amplia variedad de agroecosistemas. La opinión pública suele ver estas asociaciones de manera negativa, por ejemplo, cuando la demanda por hamburguesas de carne de res barata conduce a la expansión de los pastos y a la deforestación. Sin embargo, el ganado también interactúa de manera sinérgica con los cultivos, los árboles y los suelos, y sería difícil sostener algunos sistemas agrícolas mixtos sin la contribución del ganado a los ingresos familiares y al mantenimiento de la salud del suelo.

El ganado se diferencia de otros componentes del sistema en varios aspectos importantes. Estos afectan tanto el compromiso que se necesita para su gestión, como los beneficios potenciales que pueden aportar. A continuación, se describen las características más relevantes.



Mayor valor

Casi todas las familias agricultoras de zonas tropicales y subtropicales crían ganado, desde unas pocas gallinas hasta rebaños de reses. Lo hacen porque el ganado ofrece una serie de beneficios importantes, entre ellos:



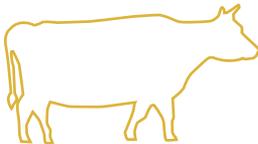
Nutrición:

los productos lácteos, los huevos y la carne son fuentes importantes de proteínas, grasas y micronutrientes comúnmente deficientes en las personas, como el hierro.



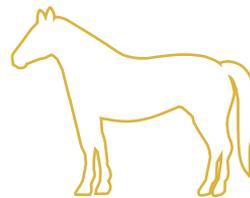
Ingresos regulares:

procedentes de la venta de huevos y productos lácteos, que son utilizados para cubrir gastos recurrentes, como la alimentación, el transporte, los gastos médicos periódicos o la matrícula escolar.



“Bancos con patas”:

el ganado, en especial el ganado vacuno, puede venderse fácilmente para cubrir gastos como matrículas universitarias, bodas o gastos médicos inesperados.



Fuerza de tiro:

los bueyes, caballos y otros grandes rumiantes pueden ser utilizados en la finca o alquilados para tirar de arados, para poner en funcionamiento maquinaria de baja tecnología como prensas o trapiches de caña de azúcar, o para el transporte.

Grandes necesidades de cuidado y mantenimiento

Cada animal en la finca es valioso, y es probable que una gran proporción de la riqueza de los agricultores esté invertida en ellos. Su pérdida o devaluación por motivos de enfermedad, accidente o muerte —ninguno de los cuales es poco común— puede tener consecuencias catastróficas: la crianza de ganado no está exenta de riesgos. El riesgo, unido a la necesidad de los animales de tener acceso a alimentos y agua, significa que requieren una atención regular o incluso constante. Si los animales son mantenidos en corrales o confinados de alguna otra manera, sus criadores deben alimentarlos y darles de beber por lo menos una vez al día, mientras que el ganado de libre pastoreo debe ser vigilado (por ejemplo, por pastores, campistos o rancheros) o mantenido dentro de espacios cercados que deben ser supervisados con regularidad. Todas estas actividades requieren de tiempo y trabajo. El lado positivo es que el contacto regular con el ganado permite un monitoreo cercano de su salud y reproducción.

El ganado necesita grandes cantidades de alimento y agua. Por ejemplo, el ganado vacuno requiere a diario de alimento seco equivalente al 3 % de su peso corporal, más 18 litros de agua por cada 100 kilogramos de peso corporal; por lo que una vaca de 400 kilogramos requiere de 12 kilogramos de alimento seco y 72 litros de agua diariamente.



Tal como ocurre comúnmente, cuando los recursos son limitados, ya sea por cortas temporadas o por periodos más largos, es probable que el consumo de alimento y agua para el ganado no siga estos lineamientos, sino que responda a lo que esté disponible en la finca, lo cual limita la productividad. En esos “periodos de escasez”, los ganaderos suelen enfocarse en mantener a los animales vivos y lo más sanos posible hasta que pase la carestía. Los periodos prolongados en los que la disponibilidad de agua y alimentos cae considerablemente por debajo de los lineamientos dados suponen un riesgo para la salud y el bienestar animal.

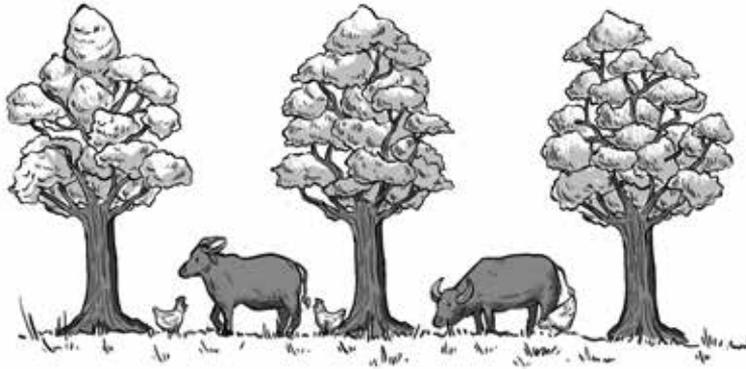
Si se dispone de más alimento del que se necesita para el mantenimiento o la supervivencia del ganado, su producción será proporcional a la ingesta balanceada de nutrientes. El ganado lechero es un caso especial: requiere de agua suficiente para mantener su volumen de producción de leche, independientemente de la cantidad de alimento que se le suministre.

Movilidad

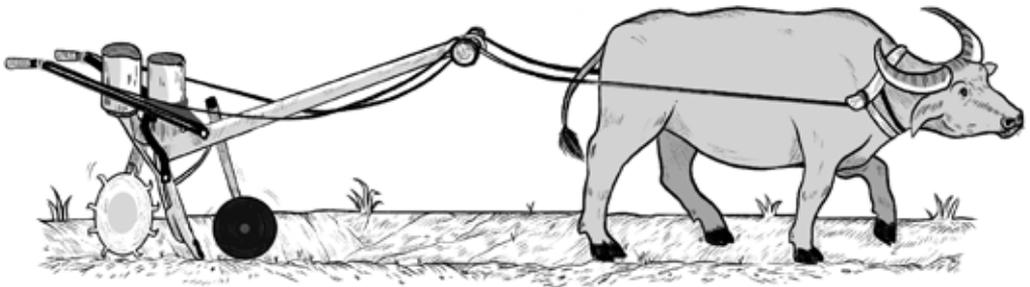
A diferencia de los árboles y los cultivos, el ganado está compuesto por seres pensantes que a menudo deciden perseguir sus propios objetivos, ¡incluso ir a donde no deberían! Esta es una de las razones por las que es necesario vigilarlo con atención. Pero la movilidad también tiene sus ventajas, dado que el ganado es capaz de desplazarse a los lugares donde hay comida y agua disponibles. Esta capacidad es útil incluso dentro de una finca.

Beneficios agroecológicos y ambientales

El ganado ofrece beneficios agroecológicos y ambientales. Cuando el ganado forma parte de un agroecosistema equilibrado y bien gestionado, puede ser muy beneficioso para la sostenibilidad a largo plazo. A continuación, se enumeran algunos de estos beneficios.



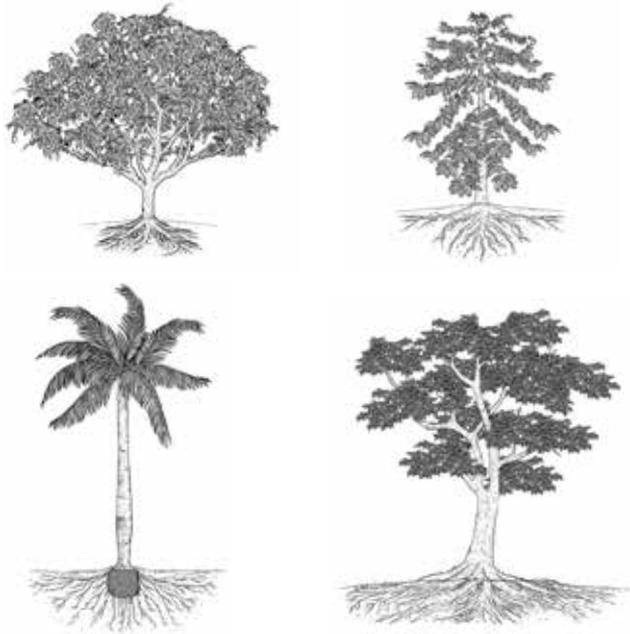
- ▶ **El ganado puede hacer más eficiente la agricultura** al alimentarse de las malas hierbas u otras plantas que se siembran como forraje. Gran parte del contenido de nutrientes de estos recursos puede reciclarse como estiércol en beneficio de otras partes del agroecosistema. Los residuos del ganado (tanto la orina como el estiércol) son un recurso valioso para recuperar el suelo, como combustible y para otros usos.



- ▶ **El ganado puede contribuir a la restauración de la tierra.** Por ejemplo, puede proporcionar fuerza de tiro para operaciones que de otro modo requerirían de un trabajo manual pesado y fatigoso o el uso de maquinaria costosa. Los beneficios que aportan a los medios de subsistencia también pueden actuar como impulsores para la adopción de medidas de protección del medioambiente. Por ejemplo, las plantas forrajeras —incluidos los árboles— pueden cultivarse en terrazas (terraplenes) de contorno, terraplenes para la canalización de agua y otras estructuras de conservación del suelo y agua, para asegurar el aprovisionamiento de alimento al ganado.



Atributos de los árboles



El papel de los árboles

Todos los sistemas agroforestales incluyen árboles. Las especies arbóreas asociadas tienen dos funciones principales:

- 1 Proporcionan servicios agroecológicos a las especies emblemáticas o al sistema en su conjunto.
- 2 Sus productos permiten diversificar el flujo de ingresos generado por las especies emblemáticas.

A la hora de seleccionar las especies asociadas, hay que tomar en cuenta no solo sus características propias, como los bienes y servicios que producen, sino qué tan bien se combinarán con las especies emblemáticas y los otros componentes del sistema agroforestal.

En algunos sistemas agroforestales tradicionales, como los sistemas agroforestales de damar y de caucho, los árboles mismos son las especies emblemáticas. Algunos sistemas agroforestales mecanizados a gran escala también están diseñados en torno a árboles maderables o frutales.



Árbol de narra



Árbol de falcata



Árbol de musizi

Domesticación

A diferencia de casi todos los cultivos, la mayoría de los árboles en los sistemas agroforestales no están domesticados. Es decir, son muy similares a sus parientes en estado silvestre². Las especies arbóreas se encuentran entre los organismos genéticamente más variables del planeta. Por esta razón, se debe elegir con cuidado las fuentes de semillas para los árboles asociados en sistemas agroforestales; la simple opción de comprar semillas certificadas no suele estar siempre disponible (véase Capítulo 6, **El germoplasma (plantones y semillas) en la agroforestería**).

En cambio, muchas especies de árboles frutales han sido domesticadas y, en consecuencia, tienen menos diversidad genética. Las variedades clonales de especies frutales como el aguacate (o la palta) y el mango son un caso extremo, pero común. No tienen variación genética, a menos que se utilice más de una variedad.

Tiempo de vida

La vida útil de los árboles varía desde menos de dos décadas hasta cientos de años, pero la mayoría de las especies maderables o de leña se talarán mucho antes del final de su ciclo de vida natural. El tiempo de vida y la **duración de la rotación** son importantes por dos razones principales:



- 1 La elección de las especies arbóreas por parte de los agricultores suele depender en gran medida de en qué momento pueden recibir un beneficio económico.
- 2 Es difícil cosechar los árboles maderables sin dañar los cultivos intercalados. Por lo tanto, es mejor sincronizar la tala de los maderables con la sustitución (replantación) de las especies emblemáticas asociadas.

² Los fitomejoradores han desarrollado semillas mejoradas para algunas especies. Los árboles de estas poblaciones mejoradas genéticamente tienen un aspecto muy similar a los de las poblaciones no mejoradas o silvestres, aunque pueden crecer más rápido o tener una mejor forma.

Características de la copa

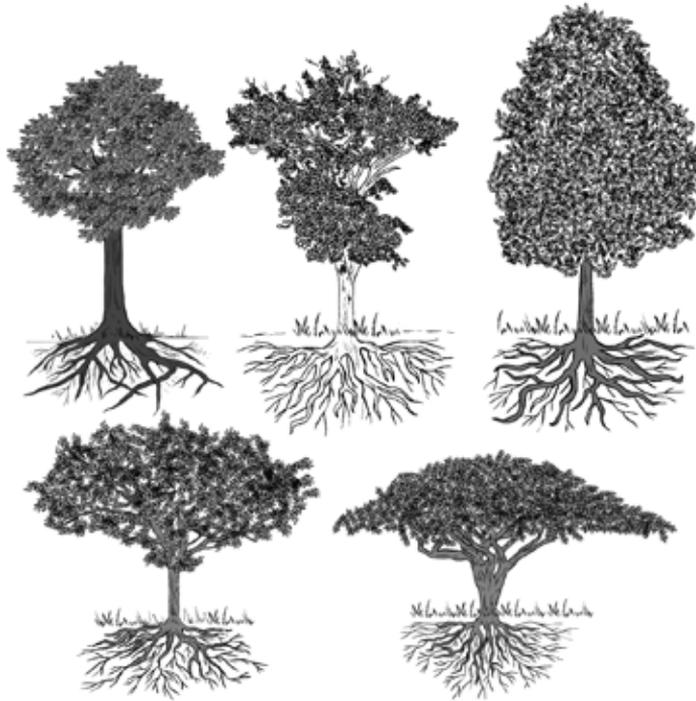


Figura 2. Variación de la forma de la copa en especies arbóreas

La copa de un árbol está formada por las ramas y las hojas vivas. La forma y la densidad de la copa afectan la cantidad de luz que llega a las especies emblemáticas en los sistemas agroforestales, y la elección del tipo de copa y la posición de los árboles es fundamental para la gestión de la luz. Las copas de los árboles adoptan muchas formas (Figura 2), pero pueden describirse de manera sencilla utilizando medidas como su forma, tamaño (diámetro y altura) y densidad.

Se necesita conocer las características de las copas de distintas especies para poder decidirse por “el árbol adecuado”. Si no es posible elegir las especies arbóreas con los tipos de copa que mejor se adapten al resto del sistema agroforestal, será necesario gestionar (o manejar) de forma activa la forma, el tamaño y la densidad de la copa (véase Capítulo 7, **Manejo de árboles en sistemas agroforestales**).

Caducidad y tamaño de las hojas

El hecho de si un árbol pierde o no sus hojas y el momento del año en que esto ocurre también es importante: en particular, el momento y la duración del periodo sin hojas en relación con el crecimiento del cultivo y con la variación estacional de las precipitaciones y la temperatura. Algunas especies de árboles tropicales se quedan sin hojas durante largos periodos en la época más calurosa del año.

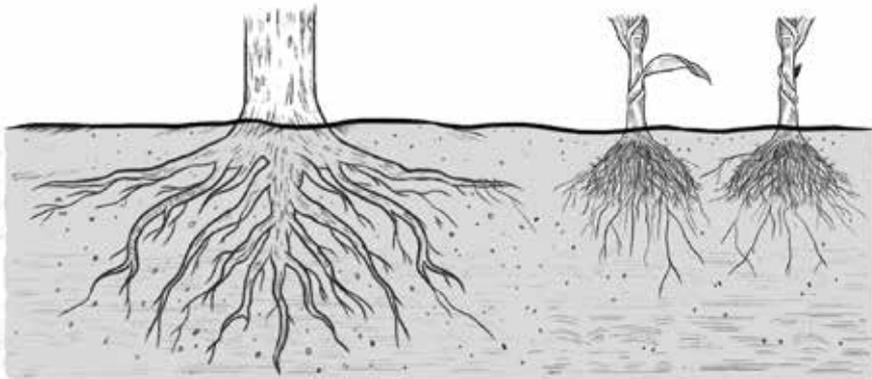
Algunas especies arbóreas producen naturalmente menos sombra que otras. Estos árboles pueden tener hojas pequeñas u hojas que tienden a tener una orientación vertical más que horizontal.



Características de las raíces

En general, los árboles tienen sistemas radiculares mucho más grandes que las plantas anuales y otras plantas no leñosas. Estos pueden extenderse por decenas de metros, tanto en profundidad como de manera horizontal.

Sin embargo, aunque suelen tener raíces profundas, los árboles —al igual que otras plantas— obtienen la mayor parte de sus nutrientes de las capas más superficiales del suelo, donde compiten con las raíces de los cultivos. Las raíces leñosas cercanas a la superficie del suelo también pueden interferir con el arado de la tierra.



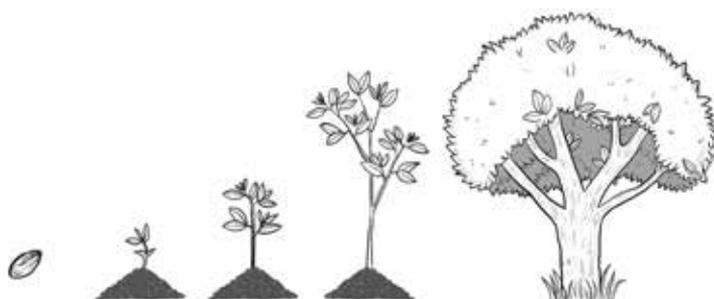
Algunos tipos de sistemas radiculares se combinan muy bien con las especies emblemáticas y otros componentes del sistema, en especial aquellos que son lo suficientemente profundos como para aportar agua y nutrientes provenientes de capas a las que las raíces de los cultivos no pueden llegar, y que tienen un alcance horizontal limitado y, por lo tanto, compiten poco con los cultivos. Aunque existe poca información científica disponible sobre las características de los sistemas radiculares, los agricultores suelen conocer muy bien las diferencias entre especies. Este conocimiento debería aprovecharse al momento de seleccionar las especies (véase Capítulo 5, **Codiseño y establecimiento de sistemas agroforestales**). Sin embargo, las características locales del suelo, como su densidad, estructura, textura, contenido de humedad y disponibilidad de nutrientes también afectan el aspecto del sistema radicular de cada árbol en particular.

Velocidad de crecimiento y grado de invasividad

En general, el crecimiento rápido de los árboles en los sistemas agroforestales es una ventaja. Acelera el establecimiento del sistema y reduce el tiempo que los agricultores deben esperar para obtener beneficios económicos.

Sin embargo, los árboles de rápido crecimiento utilizan una gran cantidad de nutrientes y algunas especies son tan vigorosas que pueden resultar una mala elección para ciertos sistemas agroforestales. Por ejemplo, todos los eucaliptos que se plantan habitualmente son de crecimiento muy rápido y, cuando no hay humedad o nutrientes en abundancia, suelen reducir el crecimiento de las especies emblemáticas y otras. Muchas otras especies crecen con gran rapidez, pero la mayoría de los eucaliptos están adaptados para sobrevivir y crecer en lugares con bajos niveles de nutrientes y agua, por lo que se requiere tener especial precaución con ellos.

Las especies exóticas de rápido crecimiento también pueden producir grandes cantidades de semillas de fácil propagación. La combinación de crecimiento rápido y abundancia de semillas les permite invadir la vegetación natural y las tierras de cultivo, ocasionando daños ecológicos y económicos. Algunas especies invasoras, como la caoba, no crecen con especial rapidez. Los agricultores o sus asesores técnicos deben cotejar las especies arbóreas candidatas con la **base de datos mundial de especies invasoras** antes de tomar una decisión final.



Contribución agroecológica

El papel central de la agroforestería frente a los desafíos globales se basa en gran medida en las contribuciones agroecológicas de los árboles. Algunas de ellas se describen en el Capítulo 3, **Los sistemas agroforestales como sistemas circulares**. Es importante señalar que los beneficios ambientales de los árboles en los sistemas agroforestales van más allá de la escala de los sistemas agroforestales individuales, ya que proporcionan beneficios a escala del **paisaje** (regulación del agua, **conectividad del hábitat**), de la región (regulación del clima) y del planeta (mitigación del cambio climático).



Vida del suelo



El suelo es más que simplemente la tierra a la cual se sujetan las plantas. En un sistema agroforestal sano, el suelo debe contener millones de organismos vivos que desempeñan funciones esenciales en el

agroecosistema. Sin ellos, los nutrientes que las plantas necesitan para estar sanas y ser productivas no están disponibles y la circulación de biomasa en los campos es casi nula. La Tabla 1 presenta cinco grupos funcionales importantes para la vida del suelo; los organismos de un mismo grupo funcional contribuyen a la misma función ecosistémica.

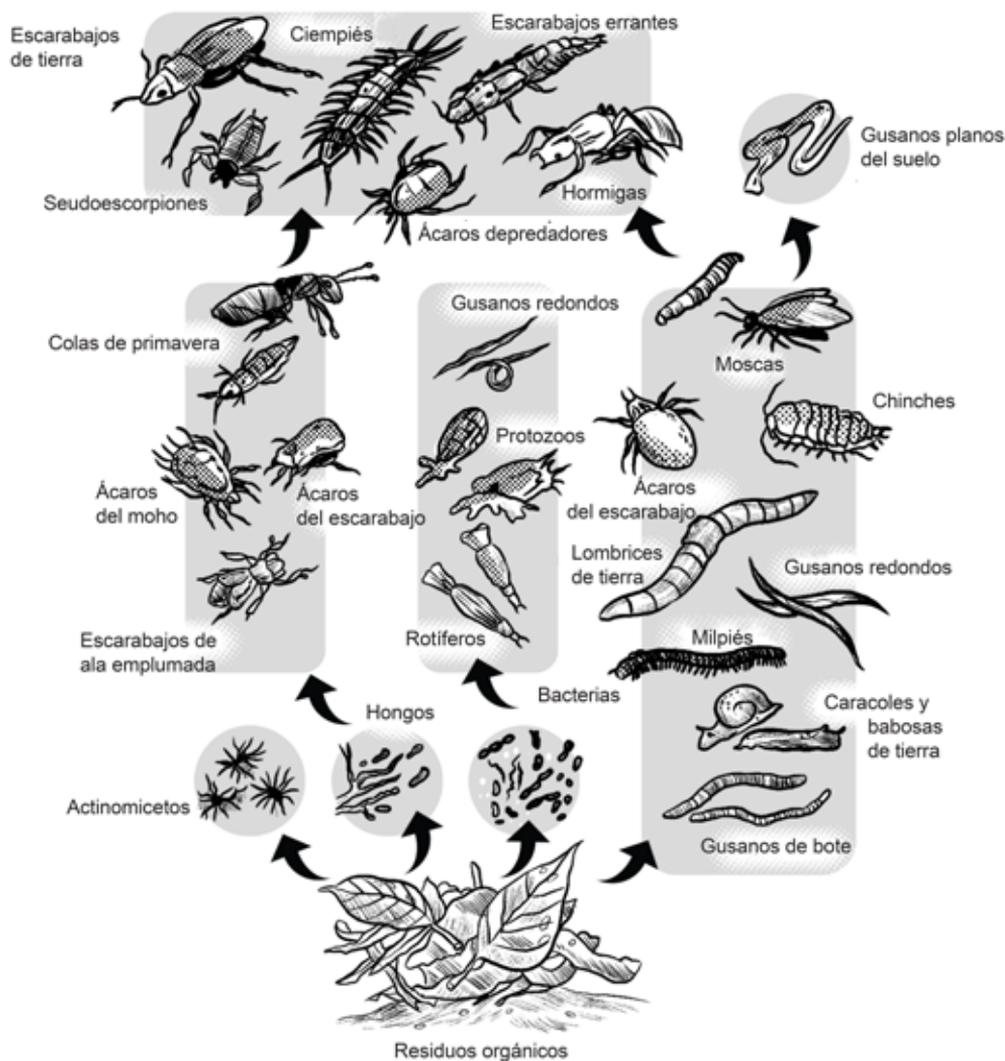


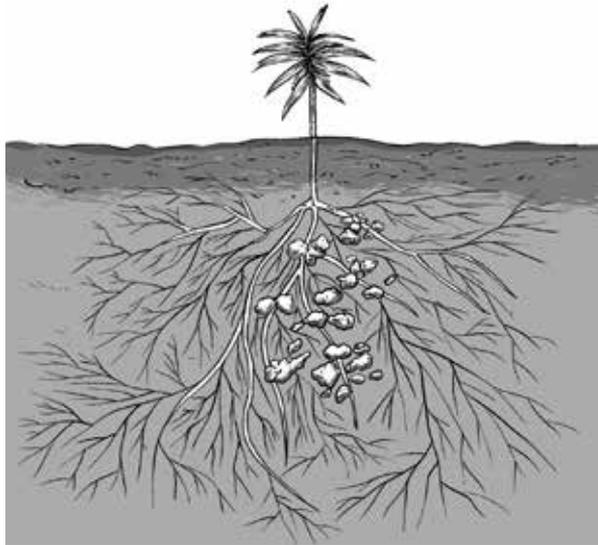
Tabla 1. Grupos funcionales de organismos del suelo y servicios agroecológicos que prestan^a

Grupo funcional	Servicios agroecológicos que prestan
Microsimbiontes	Nutrición de las plantas y suministro de agua Resistencia a plagas y enfermedades
Ingenieros del suelo	Estructura del suelo (regulación y mantenimiento)
Descomponedores	Descomposición Formación de la materia orgánica del suelo
Transformadores elementales	Suministro de nutrientes

^a Basado en Swift MJ, Izac AMN, Van Noordwijk M. 2004. Tabla 1: Relación entre los principales grupos funcionales de organismos, las funciones que desempeñan a nivel de ecosistema y los bienes y servicios ecosistémicos que proporcionan. En *Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes – Are we asking the right questions? Agriculture Ecosystems & Environment* 104:1. 132.



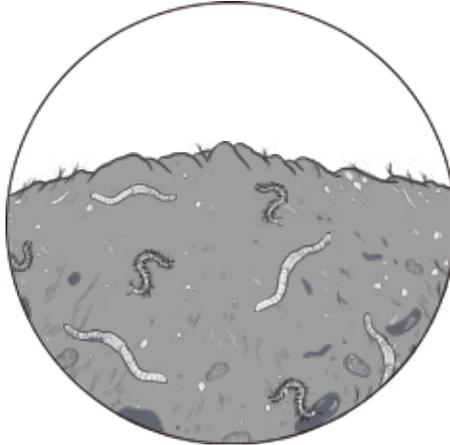
Microsimbiontes



Entre los **microsimbiontes** se encuentran los hongos micorrícicos y las bacterias fijadoras de nitrógeno. No se puede minimizar su importancia. Las raíces no son “simplemente raíces”; en la mayoría de las especies, forman relaciones estrechas y mutuamente beneficiosas con ciertos tipos de hongos llamados “micorrizas”. Estos hongos micorrícicos aumentan en gran medida el volumen de suelo al que llegan las raíces de las plantas, ayudan a que el fósforo esté disponible para las plantas, mejoran su tolerancia a las sequías y ayudan a prevenir las infecciones de las raíces. Además, cada vez hay más pruebas de que los nutrientes pueden pasar directamente de un árbol a otro a través de conexiones micorrizadas, incluso entre árboles de diferentes especies.

Las bacterias fijadoras de nitrógeno crean relaciones con los llamados árboles fijadores de nitrógeno (véase Capítulo 3, **Los sistemas agroforestales como sistemas circulares**); de hecho, las responsables del proceso de fijación son las bacterias y no los árboles. Este es el proceso por medio del cual el nitrógeno del aire —donde se encuentra la mayor parte del nitrógeno del planeta— se “fija” en compuestos que, a diferencia del nitrógeno de la atmósfera, pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. Estas bacterias son responsables de cerca de dos tercios de la fijación de nitrógeno en la Tierra; antes de la invención de métodos eficaces para fabricar fertilizantes nitrogenados, las bacterias se encargaban de fijar casi el 100 %.

Ingenieros del suelo



Los ingenieros del suelo incluyen a las lombrices de tierra, las termitas y otros invertebrados. Estos forman y mantienen la estructura del suelo excavando, transportando partículas de suelo y transformándolas en terrones de suelo de diferentes tamaños.

Descomponedores y transformadores elementales

La descomposición es la degradación gradual de la materia animal y vegetal muerta. Los invertebrados inician el proceso; y el punto final es la liberación de energía, agua, dióxido de carbono y nutrientes como resultado de la acción de las bacterias. Los transformadores elementales son bacterias que obtienen energía de sustancias simples; convierten las moléculas complejas de la materia orgánica en elementos que las plantas pueden utilizar como fuentes de nutrientes. Los transformadores son fundamentales en los ciclos de nutrientes importantes como el carbono, el nitrógeno y el azufre.

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES COMO SISTEMAS CIRCULARES





En la agricultura, la sostenibilidad suele ser sinónimo de mayor eficiencia en la producción. Esto implica aumentar el rendimiento al mismo tiempo que se reduce, o no se aumenta, la superficie de tierra utilizada y el consumo de agua y fertilizantes. La agricultura moderna, que depende del uso regular de fertilizantes, es un proceso de producción lineal en el que los nutrientes y el agua (insumos agrícolas) se añaden al sistema y se convierten en biomasa, que luego se exporta en forma de productos animales o vegetales. Los sistemas agrícolas integrados, en cambio, son sistemas circulares que combinan una diversidad de cultivos, animales y árboles con distintos arreglos espaciales y estacionales. Imitan los procesos naturales de flujo de agua y nutrientes, con menos requerimientos de insumos artificiales como fertilizantes, herbicidas y pesticidas. Además, los sistemas agroforestales —una forma de sistemas agrícolas integrados— superan por mucho a otros usos de la tierra en cuanto a su capacidad para proporcionar múltiples bienes y servicios al mismo tiempo.

Para entender en qué se basan estas ventajas, es útil explorar cómo funcionan los sistemas agroforestales. Las siguientes secciones describen cómo la agroforestería contribuye a la gestión de los nutrientes y el agua, a la conservación del suelo y al control de la erosión.



Nutrientes y agua

Los nutrientes son los elementos químicos que constituyen el alimento que las plantas necesitan para crecer y desarrollarse. Estos nutrientes se encuentran en el suelo y provienen principalmente de la descomposición de hojas, ramas, tallos y materia animal; de la muy lenta descomposición de los minerales en el suelo; y de los fertilizantes aplicados por los agricultores. Los suelos con bajos niveles de nutrientes se denominan de baja fertilidad y no son muy productivos.

La mayoría de las fuentes de nutrientes del suelo se encuentran en sus capas superiores. Si el suelo goza de buena salud —con suficiente aire, agua y materia orgánica—, retiene los nutrientes, que pueden ser absorbidos gradualmente por las plantas en crecimiento. En cambio, si el suelo está expuesto, sus capas superiores —y los nutrientes que estas contienen— pueden ser arrastrados por la escorrentía. En suelos de mala calidad, sobre todo los de textura arenosa y drenaje libre, los nutrientes pueden ser arrastrados rápidamente a las capas más profundas del suelo, por debajo del nivel de las raíces de los cultivos. A este proceso se le denomina “lixiviación”.

Los árboles pueden desempeñar un papel importante en mantener la disponibilidad de nutrientes, pues reducen la escorrentía y mejoran la retención del agua en el suelo. Sus raíces profundas pueden extraer agua y nutrientes de las profundidades del suelo. Los nutrientes constituyen los “bloques y pilares” fundamentales de los tallos y las hojas, o son utilizados por los árboles de otras formas. Una vez que las hojas, ramas y tallos viejos caen al suelo como desechos, se pudren y proporcionan más de los nutrientes que las plantas requieren. Por lo tanto, los árboles son importantes “bombas” de reciclaje



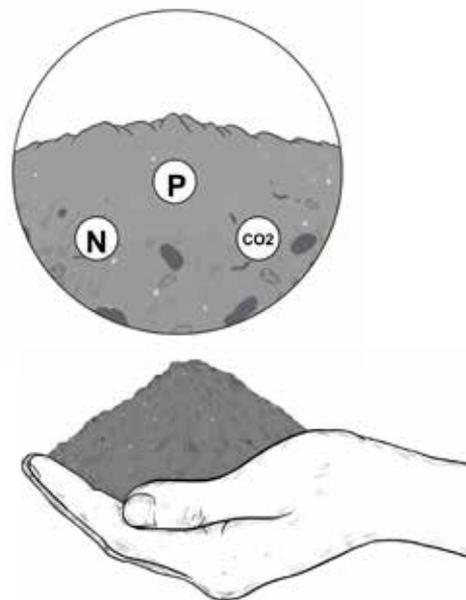
de nutrientes que mantienen el suelo en buenas condiciones para el crecimiento de las plantas (Figura 3).

El nitrógeno y el fósforo son dos de los minerales más importantes para el crecimiento de las plantas; su carencia es una de las principales razones para recurrir a los fertilizantes artificiales, de ahí la gran importancia de un reciclaje eficaz de los nutrientes. Los árboles fijadores de nitrógeno, que pertenecen en su mayoría a la gran familia de las leguminosas (también llamadas fabáceas), pueden mejorar sustancialmente la fertilidad de los suelos y ser utilizados de varias maneras en los sistemas agroforestales. Una de ellas es plantarlos en hileras con cultivos intercalados, de manera que la hojarasca que caiga fertilice directamente el suelo.

También se puede cortar las ramas jóvenes de los árboles y mezclarlas con el suelo. En ocasiones, los suelos “cansados” se dejan en barbecho —es decir, sin cultivos— para permitir que los árboles y arbustos vuelvan a crecer de manera natural. Los barbechos permiten que los suelos se recuperen de la sobreexplotación y en ellos se pueden cultivar arbustos y árboles fijadores de nitrógeno, como algunas especies de leguminosas, además de alisos y casuarinas, para acelerar ese proceso.

La fijación eficaz del nitrógeno requiere de un nivel mínimo de fósforo en el suelo; la fijación puede ser insignificante en suelos con poco contenido de fósforo, y este suele ser un factor limitante del crecimiento. El estiércol de los animales es una buena fuente de fósforo, razón por la cual el ganado es un componente importante de numerosos sistemas agroforestales. Muchos árboles proporcionan brotes y hojas que pueden servir de alimento a los animales; y el estiércol resultante, rico en nutrientes, puede aplicarse después a los cultivos del sistema, por ejemplo, llevando el estiércol desde los corrales de los animales a los campos cultivados (véase **Ganado con árboles** en el Capítulo 8).

La salud del suelo depende no solo de la presencia de nutrientes y agua, sino también de su calidad física. Los agricultores pueden mantener esa calidad asegurándose de que su suelo contenga siempre suficiente materia orgánica. Los suelos con poca materia orgánica son fácilmente lavados o arrastrados por el viento, pierden agua y nutrientes, y pueden compactarse y ser difíciles de cultivar.



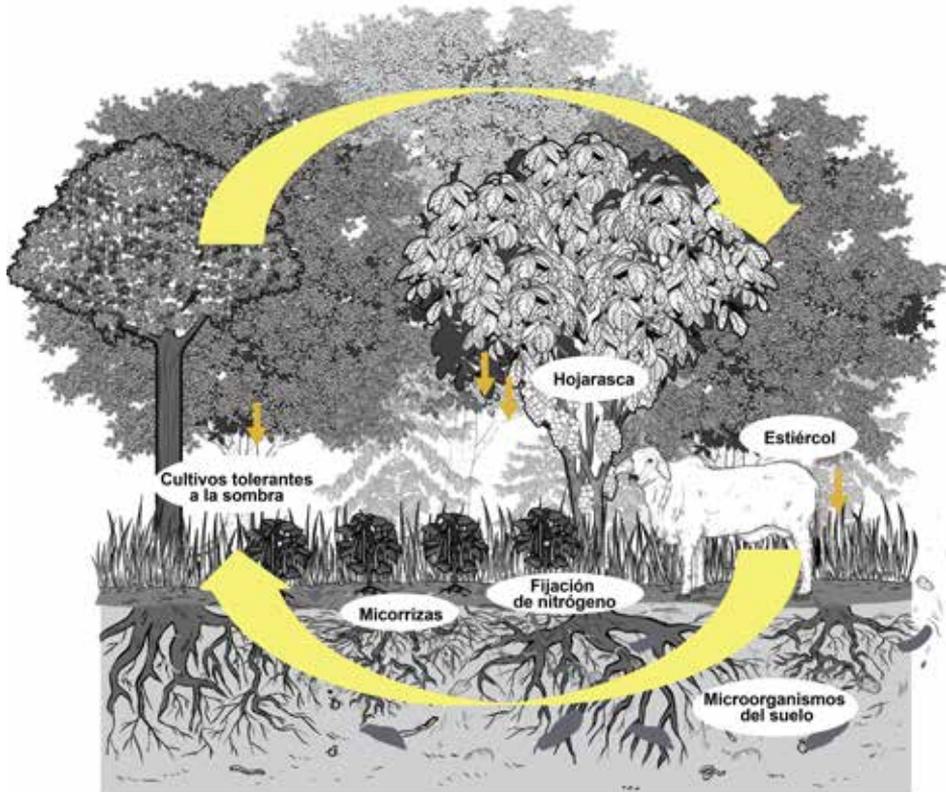


Figura 3. El ciclo de los nutrientes

Los árboles extraen agua del suelo por medio de sus raíces. Parte de esta agua se libera luego al aire mediante un proceso llamado “transpiración”. El agua que cae en forma de lluvia se evapora (debido al calor del sol), se infiltra en el suelo o fluye como escorrentía superficial hacia cursos de agua, estanques y lagos. El proceso combinado de transpiración y evaporación se conoce como “evapotranspiración” y es la cantidad total de agua que se libera a la atmósfera (Figura 4). La infiltración del agua en el suelo depende de la estructura de la superficie y de las capas inferiores, en las que influye mucho su contenido de materia orgánica del suelo.

Los árboles también contribuyen a regular la temperatura. Su sombra reduce la temperatura durante el día, lo cual protege a los cultivos del calor extremo. Por la noche, el dosel de los árboles incrementa la temperatura al atrapar el calor, lo que ayuda a evitar los daños ocasionados por las heladas, pero también puede reducir el rendimiento.

En los **sistemas multiestrato**, la sombra que proyectan los árboles de los estratos superiores enfría los estratos inferiores, lo que reduce la evapotranspiración y ayuda a mantener el agua en el suelo³.

Los árboles usualmente consumen más agua que los cultivos, razón por la cual pueden competir con estos por el agua. Afortunadamente, los cultivos toman el agua principalmente de la capa superior del suelo, mientras que los árboles suelen tener raíces más largas y pueden acceder al agua de las capas más profundas, lo que puede ayudar a reducir la competencia entre ambos componentes. Sin embargo, el nivel potencial de competencia varía en función de la especie arbórea, por lo que es necesario contar con la asesoría de expertos, sean estos agricultores o profesionales, a la hora de decidir cuáles árboles plantar con qué cultivos.

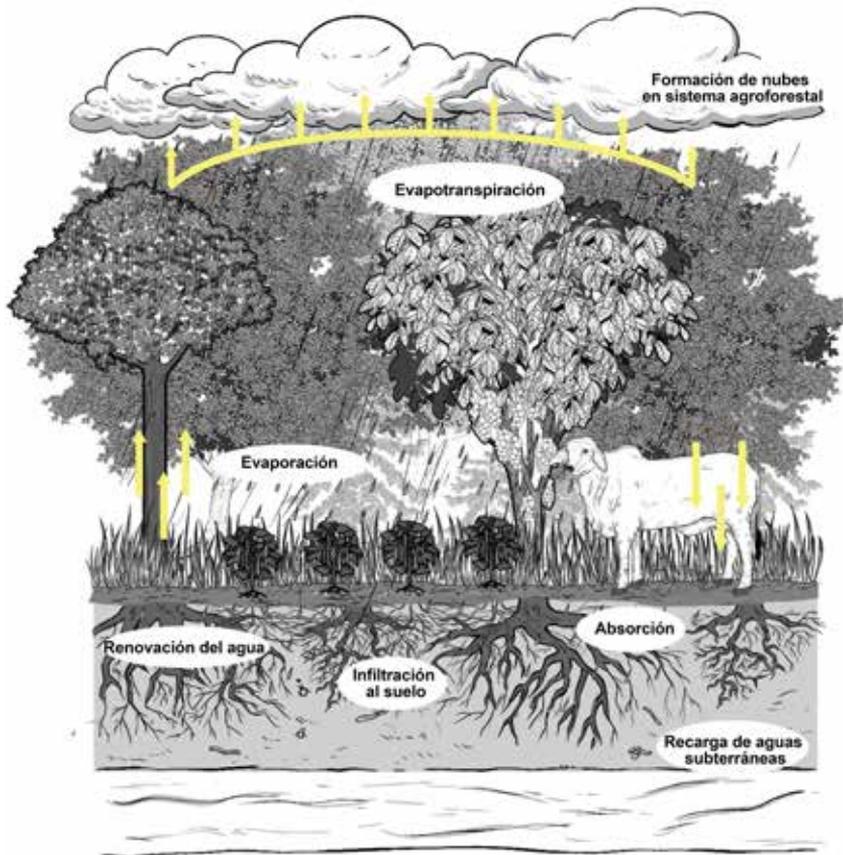


Figura 4. El ciclo del agua en un sistema agroforestal

³ Para más información sobre este complejo tema, véase Gosme M, Dufour L, Inurreta-Aguirre H, Dupraz C. 2016. Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. Ponencia presentada en la 3.^a European Agroforestry Conference, Montpellier, 23-25 de mayo de 2016. <http://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/11690/1/EURAF2016%20-%20Book%20of%20Abstracts%20final.pdf>.



Conservación del suelo y control de la erosión



Cuando el suelo queda expuesto por la preparación de la tierra agrícola, es vulnerable a ser arrastrado por el viento (erosión eólica) o lavado por la lluvia (erosión hídrica). Esta pérdida de suelo puede reducir gravemente la capacidad de cultivo de una finca. El riesgo de erosión es especialmente alto en lugares con mucho viento; en lugares en los que el suelo ha quedado expuesto debido a la eliminación de toda la vegetación; y en laderas, donde la lluvia puede arrastrar rápidamente el suelo.

La mejor forma de prevenir la erosión del suelo es gestionar la tierra de tal manera que se retenga la mayor cobertura vegetal posible (“enfoque de cobertura”). La erosión también se puede controlar impidiendo que el flujo de agua arrastre el suelo (“enfoque de barrera”). Las barreras pueden retener el agua el tiempo suficiente para que esta penetre en el suelo, pero si las condiciones del sitio favorecen la acumulación de agua, las barreras deben permitir una escorrentía controlada para minimizar los daños de la erosión y permitir que el agua llegue a los arroyos y lagos naturales.

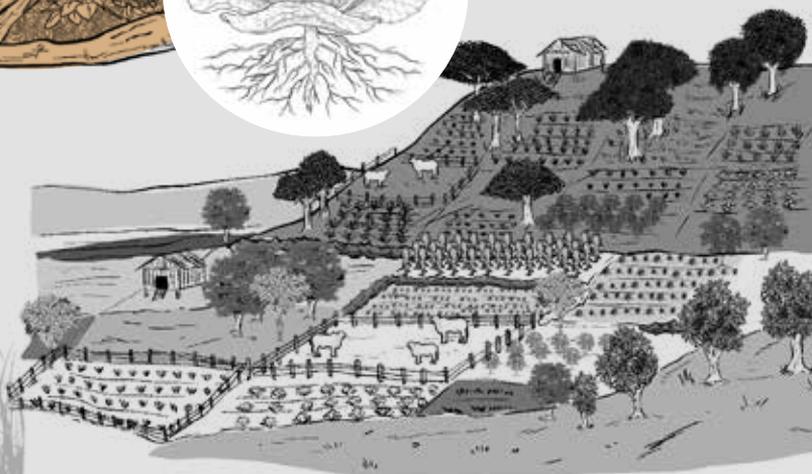


En los sistemas agroforestales, los árboles proporcionan una cubierta vegetal continua, y sus raíces cumplen un papel importante al cohesionar el suelo y protegerlo de la erosión. Si se plantan en laderas, los árboles crean barreras que impiden el flujo rápido del agua⁴. Entre las hileras de árboles se pueden plantar pastos, como el de Napier y el vetiver, para que la barrera sea más eficaz, a la vez que proporcionan alimento para el ganado.



⁴ Zomer RJ, Bossio DA, Trabucco A, Yuanjie Li, Gupta DC, Singh VP. 2007. *Trees and water: Smallholder agroforestry on irrigated lands in Northern India*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. <https://doi.org/10.3910/2009.122>.

PRINCIPIOS DE DISEÑO AGROFORESTAL





El diseño agroforestal implica decidir qué se va a producir, seleccionar los componentes del sistema y determinar cómo organizarlos. Estas decisiones también permiten definir cómo y cuándo se establecerán los componentes y cómo serán manejados, e incluye otras consideraciones, entre ellas, cómo lograr un entorno propicio para la agroforestería.

Los agricultores diseñan sistemas agroforestales desde hace miles de años, en ocasiones de manera consciente y, en otras, por instinto. Los profesionales pueden apoyar este proceso de varias formas:

- ▶ asesorando a agricultores que no han manejado sistemas agroforestales antes, o que han migrado recientemente a una zona agroecológica determinada;
- ▶ asegurando que los sistemas cumplan con objetivos más amplios (en particular, los ambientales), de modo que los intereses de los agricultores no se vean afectados negativamente;
- ▶ dando a conocer entre los agricultores los nuevos conocimientos científicos;
- ▶ organizando o apoyando procesos de diseño colaborativo que incluyan a todas las partes interesadas.

En esta sección esbozamos tres principios del diseño agroforestal: centrado en el agricultor; adecuación al lugar, a las personas y al propósito; y la sinergia. Las intervenciones agroforestales exitosas siguen estos principios de diseño. Las intervenciones que los ignoran tienen muchas probabilidades de fracasar.



El principio de “centrado en el agricultor”



Al diseñar proyectos y programas agroforestales, priorice los objetivos y las aspiraciones de las familias de agricultores antes de considerar cómo cumplir con otros objetivos más generales.

Objetivos y aspiraciones de los agricultores

Los pequeños agricultores y sus familias son tan diversos como la tierra y los seres vivos que gestionan, pero también suelen tener características y limitaciones en común. Entre ellas:

- ▶ Muy a menudo, la agricultura no es su única fuente de ingresos, ni siquiera la principal.
- ▶ Sus otras responsabilidades pueden dejarles poco tiempo libre para dedicarse a sus propias fincas.
- ▶ Tienden a evitar el riesgo, porque no cuentan con los recursos económicos suficientes para poder absorber las pérdidas financieras sin deteriorar la capacidad de satisfacer sus necesidades básicas.
- ▶ Tienden a favorecer las actividades económicas con beneficios a corto plazo.
- ▶ No necesariamente ocuparán su propiedad actual para siempre; por ejemplo, pueden migrar a la ciudad o adquirir una propiedad más productiva.
- ▶ Pueden tener un conocimiento profundo de las plantas, los animales, la tierra y la agricultura; en cambio, si han emigrado recientemente de otras zonas, pueden conocer muy poco sobre su nuevo entorno.

Estas características moldean los objetivos y las expectativas que llevan a los agricultores a plantar árboles en sus tierras. Sus principales motivaciones son satisfacer sus necesidades en términos de alimentos e ingresos, y proteger la fertilidad y productividad de sus tierras. Los árboles también pueden tener otros beneficios, como servir para delimitar o para establecer los derechos de propiedad de la familia sobre la tierra.



Aplicación del principio de “centrado en el agricultor”



Muchas instituciones promueven la agroforestería para apoyar otros objetivos, en especial los ambientales, como la conservación de la biodiversidad, la gestión del agua, la mitigación del cambio climático o la restauración de tierras. Todos estos son objetivos válidos, pero no pueden anteponerse a las prioridades de los agricultores. Los agricultores no deben permitir que profesionales persuasivos y entusiastas los “fuercen” a instalar sistemas agroforestales que no satisfacen sus necesidades.

Por el contrario, las instituciones deben asegurar primero que las intervenciones que proponen cumplen los siguientes requisitos:



Deben generar ingresos o proporcionar productos útiles.



Deben reducir los riesgos a los que se enfrentan los hogares de agricultores, como la inseguridad alimentaria y nutricional, las amenazas a la tenencia y soberanía sobre la tierra, la caída de los precios, las sequías, las plagas y las enfermedades.

Una vez cumplidos estos requisitos, las instituciones pueden considerar formas de promover sus propios objetivos sin reducir los beneficios para los agricultores. Por ejemplo, para apoyar los objetivos de la biodiversidad, un programa que busca instalar franjas de protección en pastizales podría priorizar especies nativas, en especial **especies clave**, siempre y cuando estas generen a los agricultores los mismos beneficios que las especies alternativas. Si las especies alternativas tienen costos de implementación más elevados, se debe compensar a los agricultores por los gastos adicionales incurridos (véase **Incentivos** en el Capítulo 5).





El principio de “adecuación al lugar, a las personas y al propósito”

Al diseñar proyectos y programas agroforestales, recuerde que no se puede aplicar un principio de “talla única”: todos los sistemas agroforestales deben ser adaptados a las condiciones locales.



El principio de “centrado en el agricultor” orienta el enfoque general del diseño de los sistemas agroforestales, al poner en primer lugar los objetivos de los agricultores. El principio de adecuación consiste en cumplir con estos objetivos. Para ello, es necesario tener en cuenta las características específicas del lugar, las personas y el propósito. Las intervenciones adaptadas al ámbito local contrastan claramente con las intervenciones “estándar” basadas en paquetes tecnológicos poco flexibles.

Adecuación al lugar



Todos los diseños agroforestales deben adaptarse a las condiciones agroecológicas específicas de cada finca: no se puede simplemente trasladar un sistema de una finca a otra sin tener en cuenta las características de cada una y de cada lugar de plantación dentro de ellas. Por ejemplo, aunque los árboles de sombra pueden aumentar la biodiversidad de las plantaciones de cacao y café, además de desempeñar valiosas funciones agroecológicas, se debe considerar la sombra natural del lugar al decidir cuántos árboles de sombra plantar por hectárea, lo que dependerá de la orientación cardinal, del paisaje circundante y de la nubosidad del lugar. **Sistemas destacados** (Capítulo 8) e **Historias desde el terreno** (Capítulo 9) ofrecen otros ejemplos de cómo los sistemas agroforestales deben adaptarse a lugares específicos.

Adecuación a las personas



El sistema agroforestal que se elija debe adaptarse a los conocimientos locales, las capacidades del agricultor y la disponibilidad de mano de obra. Los agricultores suelen ser altamente calificados y tener un conocimiento detallado de los suelos, el clima, las especies “indicadoras”, las plagas y enfermedades, y la gestión de los cultivos en el ámbito local. Sin embargo, sus conocimientos no son infinitos, y sus habilidades e intuición pueden limitarse a los cultivos con los que están más familiarizados. Además, muchos agricultores son migrantes y pueden haberse trasladado desde zonas muy diferentes a las de su nueva ubicación. En la práctica, esto significa que los sistemas agroforestales deben centrarse en los cultivos o productos con los que los agricultores están familiarizados, o que los organismos de apoyo deben proporcionar asistencia técnica continua, extensión y formación, o ambas cosas. Por lo general, cuanto más componentes se integran en un sistema agroforestal, más mano de obra se requerirá, sobre todo en los primeros años. Por ello, es importante diseñar e implementar sistemas que no sean demasiado grandes, tomando en cuenta la cantidad de mano de obra de la que dispone el hogar o el propietario.

Adecuación al propósito



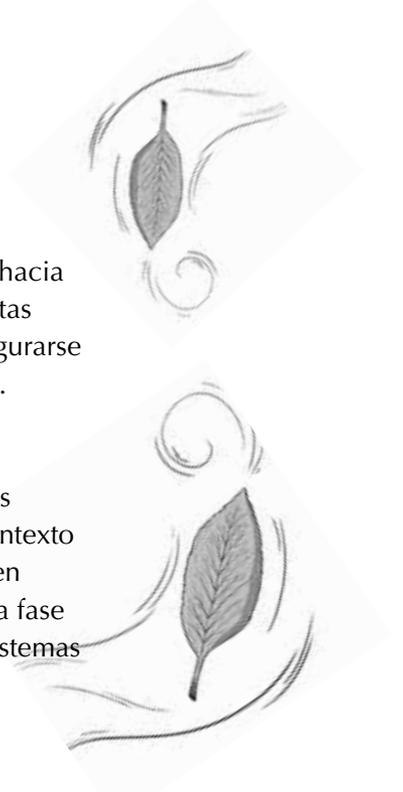
En ocasiones la agroforestería se ha promovido entre los agricultores como un tipo de tecnología “milagrosa”. En dicho enfoque, se ha hecho hincapié en la adopción de la agroforestería como un fin en sí mismo, más que en la elección de productos y especies específicos. En cambio, la adecuación al propósito significa que el diseño agroforestal, en especial las especies que se utilizarán y el rendimiento que tendrán, debe corresponder de una manera estrecha y precisa con las expectativas de los agricultores. No basta con que un sistema sea técnicamente eficaz, sino que el producto o los productos que se obtengan sean esenciales. Un sistema agroforestal se considera no como un fin en sí mismo, sino como una forma de producir dichos productos.

La preferencia de los agricultores por ciertas especies está fuertemente influenciada por los mercados disponibles. Los árboles tardan mucho tiempo en crecer y producir, y es importante tener en cuenta que los mercados sean seguros o que estén identificados en el momento en el que los productos están disponibles.

Viabilidad

El principio de adecuación incorpora el concepto de viabilidad. Las limitaciones de carácter biológico, económico, jurídico, logístico y sociocultural pueden dificultar la transición de un sistema agrícola existente hacia la agroforestería. Los planificadores deben examinar estas limitaciones de una manera cuidadosa y realista, y asegurarse que son tomadas en cuenta en los planes que elaboren.

El proceso de diseño (véase **Proceso de diseño** en el Capítulo 5) requiere tomar en consideración todos estos aspectos de adecuación. En conjunto, conforman el contexto agroecológico, humano y económico local al que deben adaptarse las intervenciones. El diseño suele incluir una fase de ajuste de las opciones genéricas (por ejemplo, los sistemas multiestrato de cacao) a los contextos locales.





El principio de “sinergia”

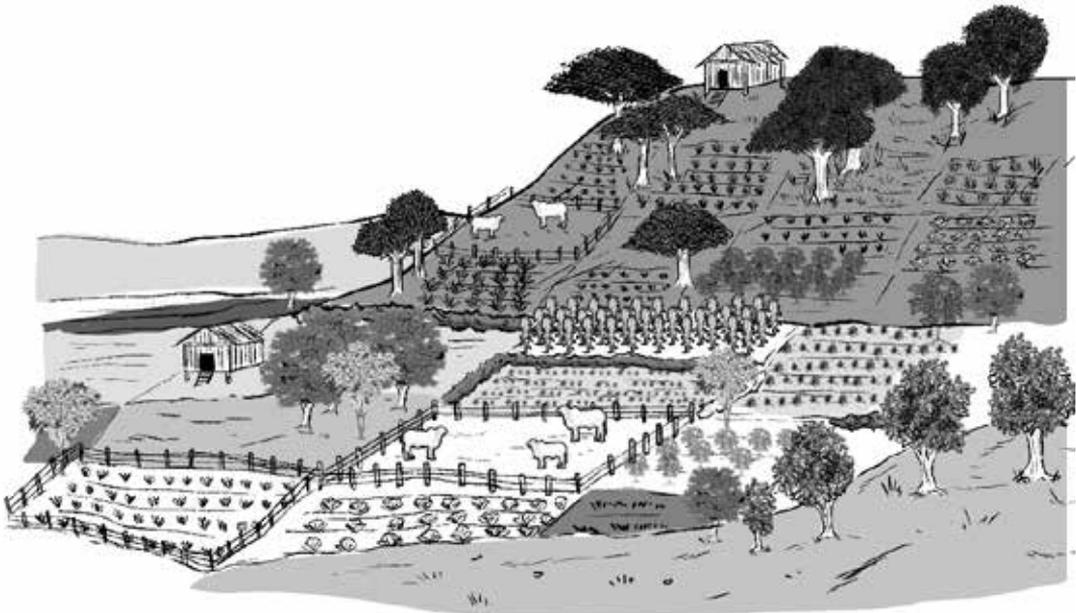
Al diseñar proyectos y programas agroforestales, aproveche todo el potencial de la agroforestería procurando que los árboles, los cultivos y el ganado interactúen de forma mutuamente beneficiosa con el fin de mantener múltiples servicios ecosistémicos.

Para aprovechar todo el potencial de la agroforestería, los sistemas deben diseñarse de forma tal que sus componentes funcionen de manera complementaria. A esto se denomina “sinergia”. Se pueden alcanzar niveles básicos de sinergia incluso en sistemas agroforestales sencillos en los que predomina un solo cultivo o unos pocos cultivos, a los que se incorporan árboles y ganado con el fin de generar productos adicionales para el hogar, ingresos y servicios ecosistémicos. Para lograr la sinergia en un sistema se deben organizar los árboles, los cultivos y el ganado para que aprovechen al máximo los nutrientes, el agua y la energía y, al mismo tiempo, minimicen la competencia por ellos.

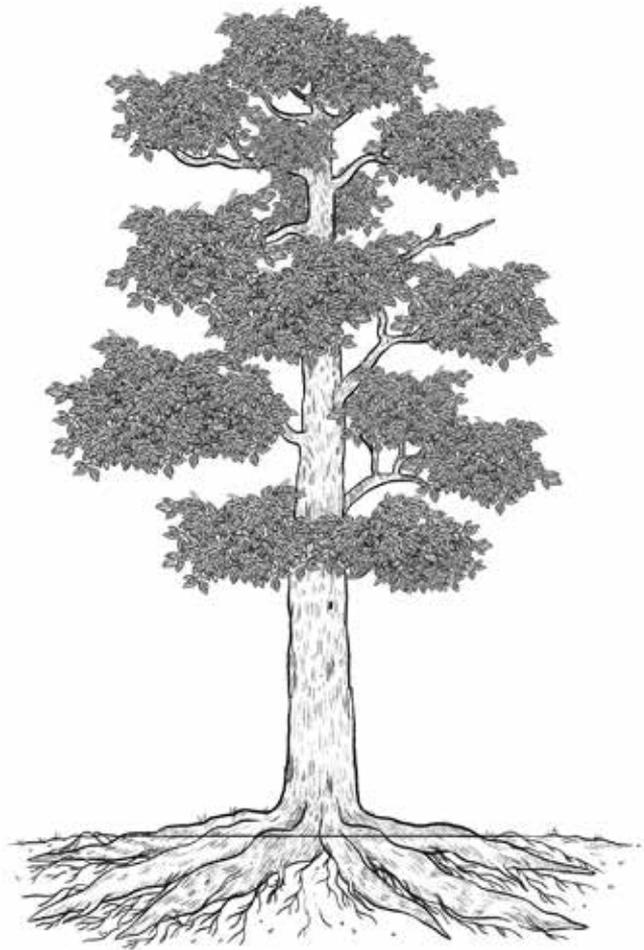
La sinergia total se logra cuando la productividad de un sistema agroforestal es mayor de lo que sería si los componentes se establecieran

en **monocultivos** separados. Estos sistemas agroforestales son “más que la suma de sus partes”. Esto se logra arreglando los árboles, los cultivos y los animales de tal manera que tengan una interacción máxima posible. En estos sistemas, la competencia se reduce mediante una selección cuidadosa de especies que se apoyan entre sí. Por ejemplo, en los **sistemas sucesionales** se optimiza la distribución de recursos entre las distintas especies al combinar especies con ciclos de vida distintos, que se suceden unas a otras a lo largo del tiempo. Estos sistemas están diseñados para imitar los flujos de nutrientes y agua de los ecosistemas naturales, como los bosques, y para minimizar la necesidad de incorporar fertilizantes externos al sistema.

Siempre que sea posible, los sistemas agroforestales deben tener una gran diversidad de especies. Estas no solo proporcionan una variedad de alimentos y oportunidades de ingresos a los agricultores, sino que también aumentan la complejidad ecológica y brindan servicios ecosistémicos como la polinización, la provisión de sombra, la mejora de la fertilidad del suelo y la conservación de la biodiversidad. Los sistemas diversos benefician a los agricultores al producir alimentos y productos para la



venta y mejoran la productividad de la tierra a largo plazo, al mismo tiempo que contribuyen a los beneficios ambientales locales y globales. Algunas especies vegetales producen sustancias que reducen la germinación y el crecimiento de las plantas vecinas. A esto se denomina “alelopatía”. Los árboles tienen efectos alelopáticos más evidentes que otros tipos de plantas. Los agricultores suelen conocer cuáles combinaciones de plantas deben evitarse. Si esos conocimientos se han perdido, o si la población local es migrante en la zona y tiene estos conocimientos, es esencial consultar a un especialista en plantas antes de introducir combinaciones nuevas y desconocidas⁵.



⁵ La ciencia de la alelopatía es bastante compleja. Véase, por ejemplo, Rizvi SJH, Tahir M, Rizvi V, Kohli R, Ansari A. 1999. Allelopathic interactions in agroforestry systems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18:6. 773-796. <https://doi.org/10.1080/07352689991309487>.

CODISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES





Los agricultores llevan miles de años diseñando sistemas agroforestales. Son los usuarios y administradores de la tierra y, a menudo, tienen un conocimiento profundo sobre las plantas, los animales, el suelo y el clima locales, así como sobre las interacciones entre ellos. Aquí utilizamos el término “codiseño” para describir el proceso de integrar la experiencia científica y técnica con dicho conocimiento local. Es un paso importante para la creación de sistemas agroforestales que produzcan resultados óptimos. La función de los expertos externos es escuchar y aprender del agricultor; compartir con él sus conocimientos especializados, incluida la experiencia adquirida al trabajar en otras regiones o países; y facilitar el proceso general de codiseño.

En este capítulo ofrecemos orientación sobre:

- ▶ los tipos de información o conocimientos necesarios para el codiseño de sistemas agroforestales; y
- ▶ cómo recopilar y utilizar esta información.

Si estos dos componentes del codiseño se realizan adecuadamente, los sistemas que se diseñen reflejarán los tres principios agroforestales de centrado en el agricultor, la adecuación y la sinergia.



¿Qué tipo de conocimientos se necesita para el codiseño de sistemas agroforestales?



Para el codiseño de sistemas agroforestales, los conocimientos más importantes que se requieren son los siguientes:

- ▶ sobre las necesidades, aspiraciones y capacidades de los agricultores y sus familias;
- ▶ sobre la rentabilidad de los diversos productos agroforestales;
- ▶ sobre las condiciones locales que pueden afectar a la rentabilidad o viabilidad de dichos productos;
- ▶ sobre los diferentes sistemas agroforestales en los que se pueden cultivar los productos seleccionados.

En la mayoría de los casos, ninguna persona o grupo posee por sí solo todos estos tipos de conocimientos. Por ejemplo:

- ▶ Los agricultores individuales son quienes mejor conocen sus propias necesidades y aspiraciones.
- ▶ La comunidad local conoce las limitaciones relativas al uso de la tierra.
- ▶ Los especialistas en comercialización pueden tener información sobre la demanda actual y futura de los productos.
- ▶ Los especialistas en agroforestería sabrán cuánta mano de obra se necesita para manejar los distintos sistemas.

La información necesaria para el diseño agroforestal variará en cada caso. Sin embargo, hay muchas preguntas que surgen con frecuencia. En la Tabla 2 se presentan las preguntas más comunes y los actores que tienen esos conocimientos relevantes. Las preguntas específicas adicionales que deben abordarse variarán de un lugar a otro.



Tabla 2. Preguntas básicas para el diseño agroforestal

Pregunta	Poseedor de conocimientos
¿Qué quiere producir la familia de agricultores en la finca y de qué manera pueden los árboles contribuir a ello?	Familia de agricultores
¿Qué tan importante es la finca para la familia de agricultores en comparación con otras actividades y cualquier otro tipo de trabajo que requiera pasar tiempo fuera de la finca?	Familia de agricultores
¿Están el agricultor y su familia interesados en plantar más árboles en la finca? En caso afirmativo, ¿por qué? (Por ejemplo, para crear mejores condiciones de crecimiento para los cultivos, para aumentar la producción de forraje, para poder vender madera).	Familia de agricultores
¿De cuánta mano de obra adulta se dispone para el mantenimiento de los nuevos árboles que se planten en la finca?	Familia de agricultores
¿Qué experiencia previa tiene el agricultor en el manejo de sistemas agroforestales?	Agricultor
¿Cuál es el nivel de conocimientos técnicos del agricultor y qué tan dispuesto está a aprender a manejar un nuevo sistema?	Agricultor
¿Cómo es el suelo en las zonas de la finca donde el agricultor tiene previsto plantar más árboles?	Agricultor
¿Quién es el propietario de la finca? Si no es el agricultor, ¿qué derechos sobre la tierra tiene o hace valer? (Los árboles son una inversión a largo plazo y podrían ser incompatibles con una tenencia de la tierra insegura o de corto plazo).	Agricultor, expertos técnicos
¿Cuáles son las características principales del clima de la zona, en particular, la precipitación media anual y la ocurrencia y duración de la(s) estación(es) seca(s)?	Comunidad, expertos técnicos
¿Cuáles riesgos asociados tiene la agricultura en la zona, incluyendo el riesgo por plagas y enfermedades?	Comunidad, expertos técnicos
¿Cuáles sistemas y prácticas agrícolas se utilizan en la zona?	Comunidad, expertos técnicos

Tabla 2. Preguntas básicas para el diseño agroforestal (*continuación*)

¿Cuáles especies y variedades de cultivos, tipos y razas de ganado, y especies de árboles crecen bien en la zona?	Comunidad
¿Cuáles especies de árboles con las características deseadas están disponibles en la zona?	Agricultores
¿Cuáles especies y variedades de cultivos, tipos y razas de ganado y especies de árboles pueden cultivarse de manera conjunta?	Agricultores, ingenieros agroforestales
¿Cuáles son los productos agrícolas más rentables en la zona?	Comunidad
¿Se puede hacer que las cadenas de valor funcionen mejor para los agricultores y otros actores? (Los agricultores requieren estar conectados con los compradores y productores para vender sus productos agroforestales).	Comunidad, expertos técnicos
¿La mala infraestructura de transporte (por ejemplo, carreteras en mal estado o ausencia de ellas) dificulta llevar los productos al mercado?	Comunidad
¿Qué leyes y políticas gubernamentales regulan la producción, la cosecha y el transporte de los productos ganaderos, arbóreos y agrícolas?	Comunidad, expertos técnicos
¿Cuáles características de las especies, como atributos biológicos, potencial para obtener ingresos y el valor alimentario, permitirían a los agricultores lograr sus objetivos? (Existen diversas técnicas para ayudar a los participantes a clasificar sus preferencias sobre las características de los árboles. También es importante explorar cuáles características no son valoradas por los agricultores).	Agricultores, ingenieros agroforestales
¿Cuáles son las principales opciones agroforestales adecuadas para la zona?	Agricultores, comunidad, ingenieros agroforestales
¿Cuáles son las necesidades de mano de obra de las distintas opciones agroforestales y cómo encajan con los demás compromisos y trabajos del hogar?	Comunidad, ingenieros agroforestales
¿Qué tan fácil es hacer la transición hacia la agroforestería? (Puede que un determinado sistema agroforestal dé la impresión de ofrecer todo lo que los agricultores buscan, pero los desafíos asociados a la conversión de los usos actuales de la tierra pueden ser demasiado grandes para que el sistema sea realmente adecuado para las personas y el lugar).	Agricultores, comunidad, ingenieros agroforestales



Proceso de diseño

Hallar el sistema agroforestal óptimo para una comunidad o para un agricultor (o agricultores), más que un proceso lineal y unidireccional, es una travesía que parte del conocimiento y pasa por el análisis hasta llegar a la formulación de las intervenciones. El diseño es un proceso participativo y no un enfoque regulado que resultaría problemático. Quienes se encargan de facilitar esta travesía tienen el papel de garantizar que se busquen, obtengan y compartan conocimientos y opiniones; que dichas opiniones estén bien informadas; y que las decisiones que se tomen sean consensuadas, aun cuando eso implique “aceptar las diferencias”. Los facilitadores o proveedores de servicios de extensión que trabajan con los agricultores en el desarrollo de sistemas agroforestales deben:

- ▶ conocer bien las condiciones locales;
- ▶ contar con mecanismos para obtener información de otros actores relevantes;
- ▶ ser receptivos a los puntos de vista locales;
- ▶ ser capaces de facilitar el intercambio de información entre las partes interesadas.

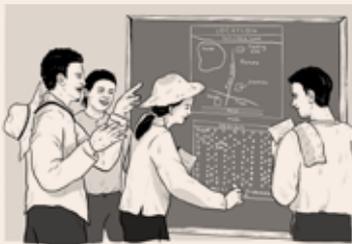


Recuadro 2. Técnicas participativas para la recopilación de información relevante para el diseño agroforestal a nivel de la comunidad y del hogar

El **mapeo participativo** consiste en elaborar mapas junto con los miembros de la comunidad para ayudar a desarrollar un entendimiento común. Los representantes de la comunidad pueden agregar información a un mapa de su pueblo dibujado con marcadores en un papelógrafo, o trazándolo en la tierra con una rama, para mostrar la distribución de la tierra y las relaciones sociales existentes, incluyendo los recursos comunales y los conflictos sobre el uso de la tierra.

Los **transectos**, también llamados **recorridos grupales**, pueden ayudar a hacerse una idea de cómo interactúan las personas con sus sistemas de producción y su entorno. Un recorrido por la finca, combinado con discusiones grupales, puede ayudar a que las personas externas obtengan valiosos conocimientos e información sobre la interacción entre aspectos sociales y ambientales.

Juegos de roles: un paisaje o una finca puede representarse de manera sencilla como un juego de mesa en el que se pide a los participantes que tomen decisiones sobre el manejo y la gestión. Pueden probar diferentes cursos de acción y sus posibles consecuencias; intercambiar experiencias, conocimientos y perspectivas; y desarrollar un entendimiento de por qué otros toman determinadas decisiones. Realizar un debate posterior sobre qué tan bien representa el juego la realidad local brinda información adicional sobre la forma en que los jugadores toman decisiones en la vida real⁶.



⁶ Se puede encontrar abundante información útil sobre enfoques participativos en muchas fuentes de internet. Una referencia para este tipo de juegos de roles es Speelman EN, Rodela R, Doddema M, Ligtenberg A. 2019. Serious gaming as a tool to facilitate inclusive business: A review of untapped potential. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 41. 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.010>.

Existen varios enfoques para facilitar procesos participativos de este tipo (el Recuadro 2 presenta algunos ejemplos). Estos enfoques deben tener en cuenta la cultura local y las reglas sociales, incluyendo los intereses y las necesidades en materia de género, así como sus niveles de alfabetización y educación en general. Un enfoque formal de Aprendizaje y Acción Participativa puede ser adecuado, pero los organismos de apoyo deben elegir enfoques con los que estén familiarizados y que tengan la capacidad de implementar.

El tiempo necesario para la aplicación de los distintos enfoques dependerá del nivel de conocimientos que se requieran y de las capacidades de los agricultores. Algunos procesos pueden completarse en un solo día, mientras que otros requieren de una plena confianza e implican relaciones a largo plazo entre los agentes externos y la comunidad.

Independientemente de la metodología específica que se utilice, los facilitadores y entrevistadores deben tratar de evitar cometer errores comunes, respetando las directrices siguientes:

- ▶ Un proceso verdaderamente participativo no está diseñado para aplicar una técnica específica a un agricultor, sino más bien consiste en una serie de actividades en las que el experto y el agricultor aprenden uno del otro y desarrollan intervenciones de manera conjunta.
- ▶ Entrevistar a los agricultores no es un enfoque participativo por sí mismo. En una entrevista del tipo “preguntas y respuestas”, que es la que a menudo se utiliza en las encuestas a los agricultores, muchos participantes responderán lo que piensan que los entrevistadores quieren escuchar, ¡e incluso responderán cualquier cosa con tal de librarse de ellos!
- ▶ Tenga en cuenta que los agricultores no suelen estar acostumbrados a discutir con otras personas sus decisiones sobre el uso de la tierra o sus aspiraciones referentes a sus medios de vida.
- ▶ Asegure la participación tanto de quienes realizan las tareas físicas de la agricultura como de quienes toman las decisiones, sean estos mujeres u hombres. También se debe involucrar a otros miembros de la comunidad, en particular a los jóvenes, ya que algún día podrían estar a cargo del manejo de los sistemas agroforestales.



Selección de especies

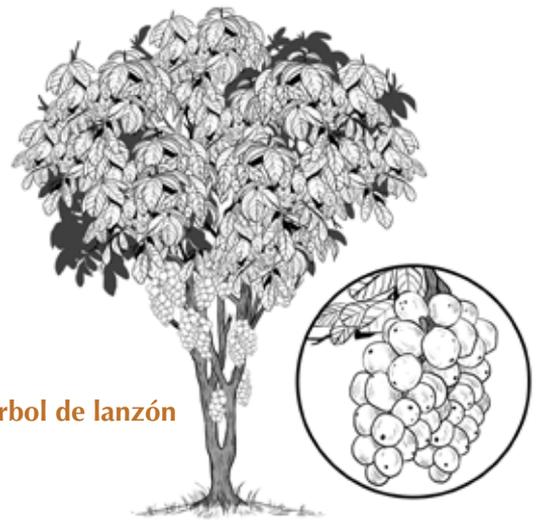
La selección de especies es una parte clave del diseño agroforestal porque determina qué bienes producirá y cuáles servicios brindará el sistema. Los principios de diseño de adecuación y de sinergia son particularmente importantes en el proceso de selección. Como mínimo, las especies deben ser compatibles entre sí y, de preferencia, capaces de interactuar de una manera que sea mutuamente beneficiosa, con productos que tengan un alto potencial de mercado u otros usos importantes para el agricultor.



En algunos casos se pueden utilizar metodologías o criterios específicos para la selección de especies; por ejemplo, el enfoque de la cartera/oferta de árboles frutales (Recuadro 3) o el uso de especies nativas (Recuadro 4).



Árbol de durián



Árbol de lanzón

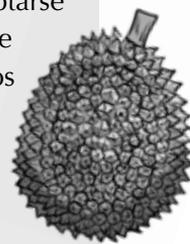
Recuadro 3. Cartera/oferta de árboles frutales: un enfoque específico para la selección de especies

En lugares donde la dieta se basa en gran medida en cultivos básicos ricos en almidón, las familias campesinas —en especial, las mujeres y los niños— son propensas a padecer enfermedades debido a la carencia de nutrientes. El enfoque de la cartera/oferta de árboles frutales para la selección de especies aborda este problema al permitir la producción de frutas ricas en nutrientes y vitaminas vitales durante todo el año. Para ello, aprovecha las diferentes épocas de cosecha de los árboles frutales.

1 El primer paso para la creación de una cartera/oferta de árboles frutales es comprobar si una comunidad determinada sufre de inseguridad alimentaria y graves carencias de nutrientes. Por ejemplo, en muchas partes del mundo los hogares de agricultores experimentan “épocas de escasez” antes de la cosecha principal, cuando las reservas de alimentos almacenados en el hogar se están agotando.

2 El segundo paso consiste en identificar especies de árboles frutales adicionales que puedan compensar las carencias alimentarias y nutricionales, en especial durante los periodos de escasez identificados en el primer paso. Las especies arbóreas nativas y poco utilizadas desempeñan un papel importante en los sistemas agrícolas locales, ya que suelen estar bien adaptadas a las condiciones locales de suelo y clima y son menos vulnerables a las variaciones en las precipitaciones.

Los dos pasos anteriores son procesos sumamente participativos. Esto garantiza que la cartera/oferta responda a las necesidades reales, que las especies seleccionadas estén disponibles localmente y que sean aceptables para las familias de agricultores. El enfoque de cartera/oferta puede adaptarse para incluir otros árboles productores de alimentos —como aquellos que proporcionan frutos secos, hortalizas de hoja, semillas y aceites— y otros cultivos como vegetales, leguminosas y granos básicos⁷.



⁷ El enfoque de la cartera de árboles frutales puede utilizarse con prácticamente cualquier sistema agroforestal. Puede aplicarse a nivel de una finca individual o de una comunidad. Para información más detallada sobre este enfoque véase McMullin S, Njogu K, Wekesa B, Gachuiiri A, Ngethe E, Stadlmayr B, Jamnadass R, Kehlenbeck K. 2019. Developing fruit tree portfolios that link agriculture more effectively with nutrition and health: a new approach for providing year-round micronutrients to smallholder farmers. *Food Security*, 11. 1355-1372. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00970-7>.

Recuadro 4. Los árboles y la conservación de la biodiversidad

Los árboles en las fincas contribuyen directamente a la conservación de la biodiversidad al:

- ▶ aumentar la agrobiodiversidad, es decir, la variedad y la variabilidad espacial de animales, plantas y microorganismos en un paisaje agrícola;
- ▶ conservar especies arbóreas autóctonas, raras o amenazadas (conservación *in situ*);
- ▶ proporcionar alimentos y espacios para la reproducción de animales silvestres o adaptados a las tierras agrícolas.

Casi todos los sistemas agroforestales conducen a un incremento de la agrobiodiversidad (las especies plantadas y el ganado), pero no necesariamente todos contribuyen a la conservación de las especies naturales o a la conectividad de los hábitats. Para ello, se necesita incluir en el sistema más árboles y especies autóctonas; es decir, aquellas que crecen de manera natural en la zona. Sin embargo, desde el punto de vista del agricultor, las especies autóctonas suelen presentar tanto oportunidades como desafíos:

Oportunidades

- ▶ Las especies arbóreas autóctonas están bien adaptadas a las condiciones locales del suelo, agua y clima.
- ▶ Los agricultores y los mercados locales suelen estar familiarizados con las especies y sus productos.

Desafíos

- ▶ Puede ser difícil obtener semillas o plantas de especies autóctonas, sobre todo si son raras o se encuentran amenazadas.
- ▶ Muchos países controlan la extracción y el transporte de especies arbóreas autóctonas. Estas regulaciones, diseñadas

Recuadro 4. Los árboles y la conservación de la biodiversidad (*continuación*)

para proteger los bosques naturales de la sobreexplotación, se aplican a menudo (de manera contraproducente) a los árboles plantados en tierras privadas. El procedimiento administrativo para la solicitud de licencias de tala y transporte puede ser complicado.

- ▶ Los agricultores suelen preferir las especies exóticas ampliamente disponibles, debido a su rápido crecimiento y, en muchos casos, a la gran demanda de sus productos (postes, madera, frutos, etc.).
- ▶ Las especies autóctonas de mayor valor para la biodiversidad podrían no aportar ningún beneficio directo al agricultor.

Si, para los agricultores, las desventajas de cultivar especies arbóreas autóctonas son mayores que las ventajas, los gobiernos u otros interesados en la conservación de la biodiversidad deberán ofrecer incentivos adecuados y eliminar los desincentivos (véase **Incentivos** en el Capítulo 5). Los agricultores o propietarios de tierras deben ser considerados como socios del sector privado en la conservación, y deben ser compensados por destinar tierras, recursos y mano de obra para ello. Esta compensación debe cubrir no solo el costo de plantar el árbol, sino también los costos de su posterior manejo y protección.





Del diseño a la acción: el plan de establecimiento y su implementación

Importancia del plan de establecimiento

La última etapa del diseño es la elaboración de un plan de establecimiento, el cual es importante por tres razones:

1

Su elaboración permite documentar los resultados del proceso de diseño. Esto garantiza que todos los implicados estén “en sintonía” y evita que se produzcan malentendidos.

2

El establecimiento de sistemas agroforestales requiere de más cuidados que las plantaciones convencionales agrícolas, hortícolas o forestales, porque el arreglo —la ubicación de los árboles y los cultivos— es más complicada que en una plantación de una sola especie. Se requiere de un plan para garantizar que todo marche bien.

3

Ayuda a asegurar que la implementación —y no solo el diseño— tome en cuenta los principios del diseño agroforestal.



¿Qué debe contener el plan de establecimiento?

El plan de establecimiento debe cubrir “el dónde, el qué, el cuándo y el quién” del proceso. Debe ser un documento breve que todos los involucrados puedan entender con facilidad. Puede ser útil elaborar una plantilla sencilla. La Figura 5 es un ejemplo de un plan de establecimiento muy práctico. Sea cual sea la forma que adopte el plan de establecimiento, las visitas al terreno son esenciales, ya que el plan debe basarse en las condiciones específicas del suelo, la vegetación, la pendiente, etc.

El codiseño se guía por los **sistemas secuenciales**. Es importante identificar el ciclo de vida y la vida productiva de las distintas especies, a fin de programar la plantación de manera que se eviten vacíos de productividad y posibles problemas de liquidez. Estos pueden producirse entre el final de la vida útil de un componente y el inicio del periodo productivo del siguiente.

El codiseño es guiado por los **principios agroforestales**. Sin embargo, al mismo tiempo que se siguen estos principios, no se deben descuidar otras consideraciones generales. La más importante es la seguridad de todos los involucrados, en especial durante el establecimiento de los sistemas agroforestales. Las organizaciones que promueven la implementación de actividades agroforestales deben asegurar el cumplimiento de las directrices siguientes:

- ▶ Al inicio del proceso de establecimiento, haga una evaluación de riesgos para identificar peligros y riesgos, y medidas para eliminarlos o reducirlos. Por “peligro” se entiende la fuente de peligro (por ejemplo, la mordedura de una serpiente) y su posible gravedad (alta, en el caso de la mordedura). Por “riesgo” se entiende la probabilidad de que esto ocurra (baja, media o alta).
- ▶ Asegúrese de que el plan de establecimiento especifique las responsabilidades (quién se encarga de qué). Tome en cuenta los deseos, las habilidades y la condición física de cada persona. Algunas tareas requieren de fuerza; otras, de atención al detalle.
- ▶ Asegúrese de que las herramientas de corte estén afiladas. Cuando se usan correctamente, las herramientas bien afiladas ayudan a acelerar todas las operaciones y son más seguras.
- ▶ Durante la etapa de establecimiento, siga las medidas descritas en el plan de gestión de riesgos, incluido el uso de equipos de seguridad.

Al igual que la agricultura y la forestería, la agroforestería es una actividad de alto riesgo relativo, y el cumplimiento de las directrices de seguridad evitará accidentes que podrían provocar lesiones o incluso poner en peligro la vida.

Descripción del plan de plantación

Propietario: <i>Nicolás Torres</i>	Fecha del plan: <i>noviembre de 2021</i>	
Organización de apoyo: <i>Futuroverde (ONG)</i>		
Sistema: <i>multiestrato, cacao con inga, árboles maderables y aguacate (palta)</i>		
Fecha prevista de plantación: <i>septiembre de 2022</i>		
Dónde:		
Descripción: <i>antigua parcela de cultivo itinerante de 0,5 ha. en pendiente que llega hasta el límite con los terrenos de Esperanza Valverde</i>		
Qué	Cuándo	Quién
<i>Hacer un pedido de 50 plantas de aguacate (palta) injertadas</i>	<i>Diciembre de 2021</i>	<i>Nicolás</i>
<i>Organizar la ayuda para la preparación del terreno (limpieza, marcado, excavación de agujeros) y la plantación de sombra temporal</i>	<i>Febrero de 2022</i>	<i>Nicolás</i>
<i>Hacer un pedido de plántones de árboles maderables e inga (ver la lista adjunta) y 550 plántones de cacao. Revisar las plantas de aguacate</i>	<i>Marzo</i>	<i>Nicolás</i>
<i>Extraer los retoños de plátano de la parcela cercana al río (225) y transportarlos al lugar</i>	<i>Marzo</i>	<i>Nicolás (transporte con la camioneta de Futuroverde)</i>
<i>Asegurarse de que todas las herramientas necesarias para la preparación estén a la mano en el lugar</i>	<i>Inicios de abril</i>	<i>Miguel</i>
<i>Limpiar el lugar</i>	<i>Abril</i>	<i>Nicolás y ayudantes o trabajadores</i>
<i>Marcar el lugar con estacas guía para la sombra temporal (plátano)</i>	<i>Abril</i>	<i>Nicolás y ayudantes o trabajadores</i>
<i>Cavar los agujeros para la plantación</i>	<i>Abril</i>	<i>Nicolás y ayudantes o trabajadores</i>
<i>Plantar la sombra temporal (plátano)</i>	<i>Abril</i>	<i>Nicolás y ayudantes o trabajadores</i>
<i>Asegurar la disponibilidad de material de injerto (vástagos de variedades de cacao de buen sabor)</i>	<i>Julio</i>	<i>Miguel de Futuroverde</i>
<i>Limpiar el lugar</i>	<i>Agosto</i>	<i>Nicolás y ayudantes o trabajadores</i>
<i>Cavar agujeros de plantación para los árboles de cacao, aguacate, inga y maderables</i>	<i>Agosto</i>	<i>Miguel con Nicolás y trabajadores</i>
<i>Transportar todas las plantas del vivero al lugar</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Miguel</i>
<i>Plantar cacao, inga, árboles maderables y aguacate</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Nicolás y trabajadores, con ayuda de Miguel</i>
<i>Injertar vástagos de buen sabor en los plántones de cacao</i>	<i>Inicio de la estación seca</i>	<i>Nicolás y especialista en cacao de Futuroverde</i>

Figura 5. Un plan de establecimiento sencillo elaborado utilizando una plantilla



Incentivos



La principal expectativa de los agricultores sobre sus tierras es que estas les sirvan de sustento, independientemente de que la finca sea o no su principal fuente de ingresos. Sin embargo, en los últimos años, las agendas ambientales globales han empezado a afectar a los agricultores. Estos se enfrentan a expectativas cada vez mayores por parte de la comunidad internacional y de las autoridades locales, quienes esperan que los agricultores sean guardianes del paisaje además de administradores de pequeñas empresas productivas. En ocasiones, cuando la agroforestería es la mejor opción tanto en términos económicos como ambientales, se requieren pocos estímulos para que los agricultores inviertan en ella. Pero si los agricultores van a asumir responsabilidades adicionales sobre el paisaje, y en especial si ello les supone costos, requerirán incentivos.

Los gobiernos que deseen promover la agroforestería como medio de vida, como fuente de ingresos, como medio de conservación o con fines de restauración, deben establecer sistemas de incentivos eficaces.



Los incentivos pueden ser financieros (como subvenciones, préstamos, exenciones fiscales, tasas de interés favorables para préstamos o acceso a seguros) o una mejora de las condiciones que propician la agroforestería (como viveros, germoplasma de alta calidad o mejores mercados para los productos agroforestales). Los incentivos también pueden incluir sistemas de pago por servicios ecológicos, o el reconocimiento de la sociedad por practicar una agricultura especializada y responsable. Si se espera que los agricultores contribuyan con objetivos ambientales globales como la lucha contra el cambio climático, la conservación o la restauración, entonces estos tienen el derecho de esperar que se les facilite el acceso al financiamiento, ya sea de manera directa o de proyectos, o mediante mecanismos de financiamiento del carbono (véase también el Recuadro 4, Los árboles y la conservación de la biodiversidad).

Eliminar los incentivos a las prácticas agrícolas ecológicamente perjudiciales y reducir los desincentivos a las prácticas respetuosas con el medioambiente también son parte del asunto. En todo el mundo se ha subvencionado la agricultura convencional con alto uso de insumos, mientras que se ha penalizado a los agricultores por talar o transportar los árboles nativos que han cultivado en sus tierras (Recuadro 4). Para que los agricultores se conviertan en guardianes de la tierra, como muchos formuladores de políticas esperan, se requiere un cambio radical en los esquemas de incentivos.



EL GERMOPLASMA (PLANTONES Y SEMILLAS) EN LA AGROFORESTERÍA





Cuando los agricultores plantan árboles, utilizan una gran variedad de germoplasma para la siembra (GS), entre ellos: semillas, plantones, ramillas enraizadas, plantas injertadas y estacas de rama. Los planificadores de las intervenciones agroforestales deben asegurarse de que los agricultores puedan obtener un GS adecuado al propósito y de fácil acceso. Estos dos requisitos están interrelacionados, ya que un suministro insuficiente de GS de calidad aceptable puede llevar al uso de material de baja calidad. En este capítulo respondemos dos preguntas importantes:

- ▶ ¿Qué es lo que hace que el GS sea adecuado al propósito?
- ▶ ¿Cómo podemos asegurar que los agricultores tengan acceso a un GS en cantidad suficiente?

Nos centramos en los plantones, en especial en los plantones de viveros, y en las semillas.



Calidad del germoplasma (plantones y semillas) y adecuación al propósito

El GS que es adecuado al propósito tiene dos características. En primer lugar, una vez plantado o sembrado, sobrevive y crece con normalidad. En segundo lugar, genera productos en la cantidad y la calidad requeridas. Estas dos características suelen ir de la mano.

Plantas de vivero



Una planta de vivero adecuada al propósito debe tener las siguientes características:

- ▶ un solo tallo, leñoso en la base y por lo menos parcialmente leñoso hasta las tres cuartas partes de su altura;
- ▶ hojas de color verde oscuro, sin manchas amarillentas ni signos de plagas o enfermedades;
- ▶ hojas nuevas en la punta;
- ▶ raíces que no atraviesen la base de la bolsa u otro tipo de contenedor.



Los plantones de árboles en contenedores, como bolsas de polietileno, suelen estar listos para ser trasplantados cuando alcanzan los 30-40 centímetros de altura, pero en algunos casos los agricultores prefieren plantas más grandes. Las plantas deben ser lo suficientemente robustas como para resistir el transporte, la manipulación y el trasplante. El coeficiente de robustez es una medida útil

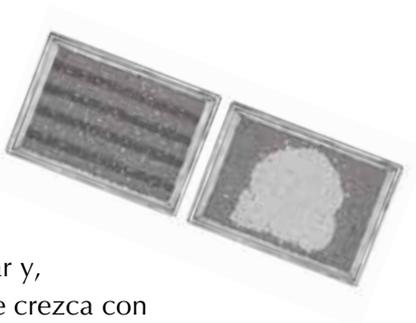
de la calidad de las plantas. Se calcula dividiendo la altura de la planta en centímetros por el diámetro basal en milímetros. El valor obtenido no debe ser superior a seis. Los agricultores que regularmente plantan árboles aprenden con la experiencia a evitar las plantas con raíces demasiado sueltas y a siempre sembrar plantones resistentes.

Las plantas pueden no ser adecuadas al propósito de varias formas. Las que son demasiado pequeñas pueden terminar siendo asfixiadas por las malezas antes de que el agricultor tenga la oportunidad de realizar la primera deshierba, o puede que sus sistemas radiculares sean demasiado pequeños para soportar una sequía repentina después de ser plantadas. Los sistemas radiculares también pueden deformarse: a medida que un árbol joven va creciendo, las raíces que ya estaban fuertemente dobladas y retorcidas en el vivero tienden a empeorar, y terminan estrangulándose unas a otras. Esto conduce a un crecimiento lento o provoca la muerte de la planta. La espiralización de las raíces puede corregirse en el vivero con una poda en la base y en los costados. Sin embargo, es preferible que los agricultores utilicen plantas sin defectos.

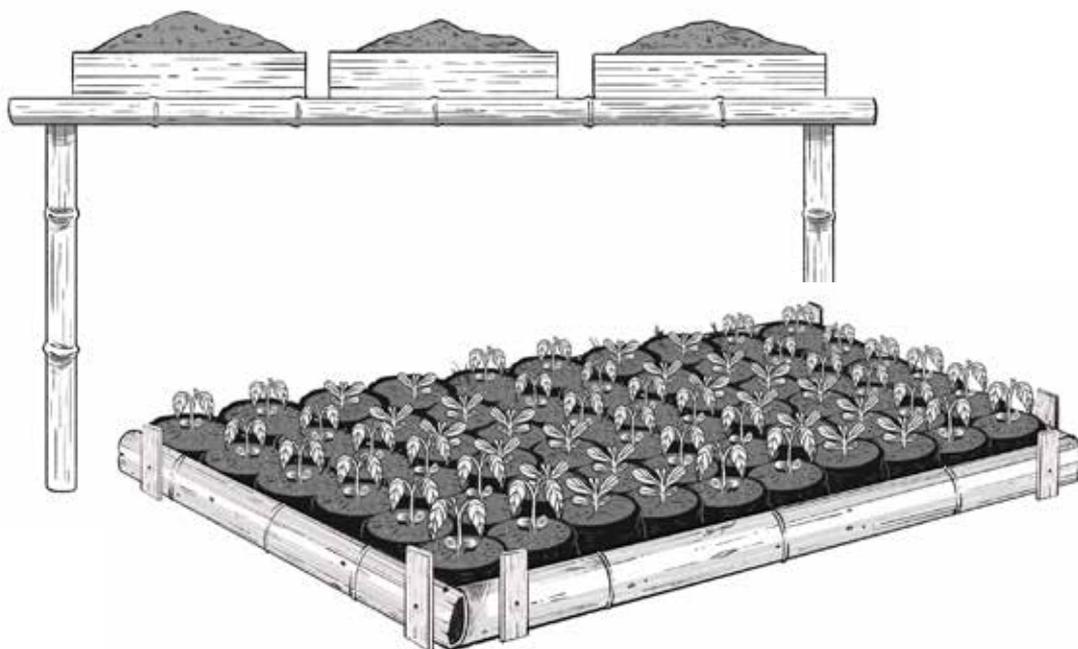


Semillas

Los agricultores y los organismos que los apoyan utilizan semillas ya sea para producir plantones en un vivero o para sembrarlas directamente en el sistema agroforestal. Para ser adecuada al propósito, una semilla debe ser capaz de germinar y, luego de la germinación, producir un plantón que crezca con normalidad. También debe estar libre de plagas y enfermedades que puedan propagarse a otras semillas o plantas. Dichas semillas deben cumplir con los siguientes requisitos de calidad:



- ▶ calidad física (la semilla no está dañada, está entera, se encuentra dentro de los rangos de tamaño normales, está limpia y libre de tierra y partes de plantas, etc.);
- ▶ calidad fisiológica (la semilla está viva y “en perfectas condiciones para germinar”);
- ▶ salud (la semilla está libre de plagas y enfermedades externas e internas).



Genética y adecuación al propósito

Un GS que cumple con todos los requisitos antes mencionados puede no ser adecuado al propósito si no está adaptado genéticamente al lugar de plantación. En un vivero es relativamente sencillo producir plantas sanas y aparentemente de alta calidad que, sin embargo, no estén bien adaptadas a los lugares de plantación cercanos. Por ejemplo, los plantones de especies del bosque tropical pueden prosperar en un vivero ubicado en una zona con estaciones secas porque son regadas por los viveristas, pero es poco probable que sobrevivan a una estación seca prolongada una vez llevadas al sitio definitivo.

Estar adaptado significa que la composición genética del GS le da la capacidad de soportar la variedad de condiciones ambientales a las que estará sometido al ser plantado fuera del vivero. Esto incluye variaciones de clima, el suelo, la competencia y las prácticas de manejo. El GS que está bien adaptado sobrevive y crece con normalidad en esta variedad de condiciones ambientales. Los árboles producidos a partir de material no adaptado localmente suelen tener una tasa de crecimiento menor; en casos extremos, la adaptación deficiente al sitio puede conducir al fracaso de una plantación.

“Bien adaptado” no significa “mejorado”. Por lo general, se puede establecer un sistema agroforestal productivo con GS no mejorado, **siempre y cuando** se encuentre bien adaptado y haya sido producido siguiendo buenas prácticas, incluidas aquellas para la obtención de las semillas. Las especies de árboles frutales pueden ser una excepción a esta regla por las siguientes razones:

- ▶ Aunque un árbol frutal no mejorado puede sobrevivir y crecer bien, es posible que no produzca frutos durante muchos años. Los árboles de variedades mejoradas injertadas suelen producir frutos en un plazo de 2 a 5 años, dependiendo de la especie.
- ▶ Algunos mercados pueden demandar frutos de variedades específicas, como el aguacate (la palta) Hass o el mango Haden.



Acceso a germoplasma

Los agricultores tienen acceso a GS adecuado al propósito si:

- ▶ se han seguido buenas prácticas para la obtención y manipulación de las semillas y en la gestión/labores de los viveros;
- ▶ existen adecuados sistemas de suministro de GS.

Una explicación detallada de dichas condiciones está fuera del alcance de esta publicación. Sin embargo, a continuación, se exponen algunos puntos importantes.

Buenas prácticas

Asegurar la adaptación genética

Las plantas suelen estar bien adaptadas si las semillas de las que han crecido fueron obtenidas en una zona con un clima similar al lugar donde serán plantadas. Por lo tanto, para saber si los plantones o las semillas están bien adaptados es necesario conocer su procedencia (de dónde fueron colectadas). Es mejor si se cuenta con información precisa, pero incluso tener información aproximada puede ser suficiente para saber si el lugar de procedencia tiene un clima similar al de la zona de plantación.





La falta de diversidad genética también puede conducir a una adaptación deficiente, incluso si la semilla es local. Uno de los problemas es la depresión endogámica: si un agricultor obtiene todas sus semillas de un solo árbol, puede que las plantas resultantes estén todas sanas y bien adaptadas, pero si esos árboles emparentados terminan apareándose entre sí, la semilla que produzcan será endogámica, con un crecimiento más lento y una menor tasa de supervivencia. Una muestra pequeña (de un solo árbol, como en el ejemplo anterior) es también un riesgo, ya que puede ser muy poco representativa y su composición genética será muy inferior al promedio. Por esta razón, se recomienda que las semillas provengan de por lo menos 30 árboles madre, que a su vez deben ser parte de una población mayor.

Para algunas especies arbóreas puede que haya semillas o plantas genéticamente mejoradas disponibles. Aunque no suele ser algo esencial, el GS puede aumentar la productividad, la calidad y la rentabilidad. Sin embargo, se aconseja proceder con cautela en estos casos, ya que puede que las condiciones de los pequeños agricultores sean muy diferentes de aquellas para las que se han desarrollado las fuentes mejoradas. Por ejemplo, en Brasil, los árboles mejorados de eucalipto y cultivados en plantaciones forestales para producir celulosa están sujetos a desyerbas regulares y un alto uso de fertilizantes. Estos árboles pueden no ser adecuados para los sistemas agroforestales de pequeños agricultores en Centroamérica. No tiene sentido pagar un monto adicional por plantas mejoradas que no se adecúan al lugar de plantación.

Manipulación y almacenamiento de semillas

Una deficiente calidad fisiológica y sanitaria tiene efectos graves sobre la germinación de las semillas y su posterior crecimiento. A menudo, son el resultado de un almacenamiento incorrecto de las semillas o de otros problemas de manipulación. Si las semillas no han sido almacenadas en las condiciones adecuadas, o lo han sido durante demasiado tiempo, es probable que su calidad fisiológica o sanitaria sea deficiente. El significado de “condiciones adecuadas” y “demasiado tiempo” dependerá de la especie y, sobre todo, de la **categoría de almacenamiento de semillas** (véase el Recuadro 5).



La mayoría de las especies de árboles tropicales tienen semillas recalcitrantes. Sin embargo, muchas de las especies que se plantan normalmente tienen semillas ortodoxas. Las semillas recalcitrantes o intermedias no deben ponerse a la venta si han estado almacenadas durante varios días, a menos que, en el caso de las semillas intermedias, se sepa por experiencia que es probable que sí sean viables.

La forma más segura de saber si una semilla es de buena calidad sanitaria y fisiológica es mediante una prueba. Los comerciantes de semillas deben realizar pruebas de germinación antes de ponerlas a la venta. Por desgracia, aunque la venta legal de semillas de cultivos suele estar estrictamente regulada, este no es el caso para la venta de semillas de árboles, por lo que es posible que los comerciantes no ofrezcan

dicha información. Debido a ello, puede que los compradores de semillas prefieran llevar a cabo sus propias pruebas de germinación. En el caso de compras grandes, puede que los comerciantes de semillas estén dispuestos a suministrar una muestra gratuita del mismo lote de semillas que se quiere comprar, o se puede comprar una muestra pequeña para realizar las pruebas. Si la semilla germina a satisfacción del comprador, este podrá comprar una cantidad mayor con confianza. Una prueba de flotación es más rápida, pero menos precisa. Para realizarla se coloca una muestra de semillas —unas 100— en un recipiente con agua durante 24 horas. Las semillas de alta calidad fisiológica suelen hundirse y a menudo empiezan a hincharse.



Recuadro 5. Categorías de almacenamiento de semillas: ortodoxas, recalcitrantes e intermedias

Los especialistas en semillas las clasifican según cómo responden al proceso de secado. Si es posible secar la semilla sin matarla, esta puede almacenarse por más tiempo.

Las semillas **ortodoxas** pueden secarse de manera que contengan muy poca agua. Luego del secado pueden almacenarse a baja temperatura durante muchos años, o incluso décadas, sin que se produzca un deterioro significativo de su calidad sanitaria o fisiológica. Las semillas ortodoxas se secan de manera natural antes de ser dispersadas del árbol, pero deben secarse aún más antes de almacenarlas a largo plazo.

Las semillas **recalcitrantes** mueren al secarse. En algunos casos es posible almacenarlas durante periodos breves (días a semanas) si se las mantiene en condiciones de humedad que eviten que se sequen. Las semillas recalcitrantes no se secan de manera natural antes de dispersarse del árbol. Algunas personas utilizan el término “recalcitrante” para referirse a toda semilla que germina con dificultad, pero tal uso es incorrecto.

Las semillas **intermedias** se encuentran entre las ortodoxas y las recalcitrantes. Pueden secarse parcialmente en el árbol, pero no tanto como las semillas ortodoxas. Por lo tanto, al igual que las semillas recalcitrantes, las semillas intermedias no pueden almacenarse por periodos largos.

Para saber a qué categoría de semilla pertenece una especie determinada, consulte las bases de datos de la Sociedad Internacional para la Ciencia de las Semillas: <https://seedscisoc.org/>.



Prácticas de vivero

Hay muchos manuales que describen buenas prácticas para viveros. A continuación, se listan algunos elementos de buenas prácticas que suelen descuidarse:



En la medida de lo posible, siembre las semillas directamente en el contenedor de la planta, en lugar de hacerlo en un lecho/ cama de germinación: el trasplante es una causa común de deformación de las raíces.



Utilice una mezcla de tierra con suficiente contenido de arcilla para permitir la formación de un cepellón que, aunque no sea duro, permanezca intacto al retirarlo del contenedor.



Incluya tierra forestal o humus para asegurar el desarrollo de micorrizas.



Aclimate los plantones antes de plantarlos o venderlos. Para ello, reduzca el riego y aumente su exposición al sol.

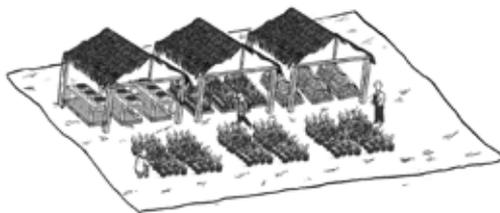


Descarte (elimine) los plantones de mala calidad, incluyendo aquellos que hayan superado su “fecha de caducidad” (es decir, que tengan un coeficiente de robustez superior a seis, o raíces que atraviesan la base del contenedor y penetran en el suelo).



Lleve registros para facilitar el control y proporcionar información precisa a los usuarios del GS.

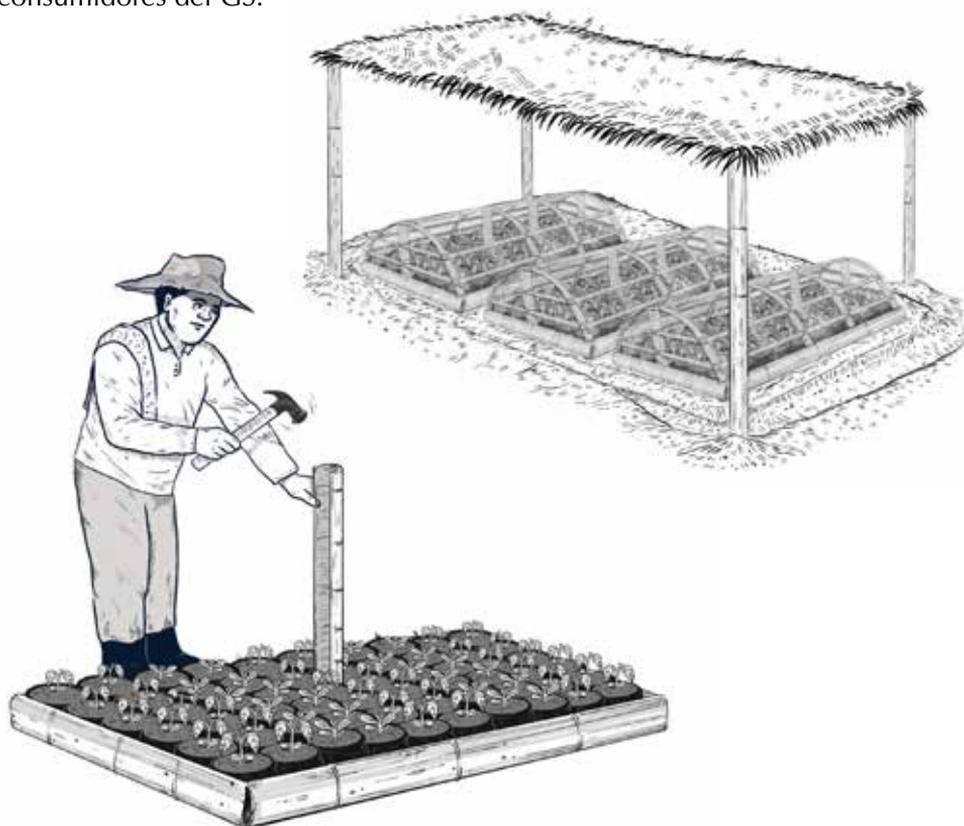
Los clientes deberían desconfiar de aquellos viveros que no sigan estas prácticas.



El uso de semillas adecuadas al propósito en los viveros es también una característica de buenas prácticas. En el caso de la calidad física, sanitaria y fisiológica, se trata de una cuestión de economía, eficiencia y viabilidad (no se pueden producir plantas a partir de semillas que no germinan). Para garantizar la adaptación genética, los operadores de viveros (o viveristas) deben obtener semillas de fuentes cercanas, con condiciones climáticas similares, o cuando la experiencia previa (a partir de cualquier prueba formal de su procedencia) haya demostrado que están adaptadas.

Elección de un comerciante de semillas o un vivero

Varios aspectos de la calidad de las semillas y las plantas no pueden evaluarse simplemente inspeccionando las semillas o los plantones. Por ejemplo, las semillas de baja calidad fisiológica pueden tener apariencia normal, la adaptación deficiente de las plantas y las semillas podría no ser visible hasta los primeros años de crecimiento en el terreno. Para hacer frente a este problema, los agricultores y quienes les apoyan tienen dos alternativas. La primera opción es hacer su propia recolección de semillas y gestionar sus propios viveros, en ambos casos siguiendo las mejores prácticas disponibles. La segunda opción es asegurarse de que el comerciante de semillas o el operador del vivero es confiable y competente. Se puede verificar su confiabilidad hablando con otros clientes que hayan tenido experiencia de primera mano. La competencia puede comprobarse de diversas formas (por ejemplo, preguntándoles qué prácticas desarrollan). En caso de que existan vacíos en su competencia y conocimientos, los organismos de apoyo pueden brindarles capacitación. Esta capacitación beneficia tanto a los productores como a los consumidores del GS.



Sistemas de suministro de germoplasma

Un sistema de suministro de germoplasma está integrado por las instituciones, la infraestructura, las políticas, las leyes y los actores de la cadena de valor que controlan y afectan el acceso de los usuarios al GS. Una descripción completa de los enfoques para el desarrollo de sistemas de suministro adecuados al contexto escapa al alcance de esta publicación. Sin embargo, en las secciones siguientes se esbozan algunos conceptos importantes y se describen siete intervenciones que pueden realizar los organismos de apoyo.

El acceso requiere que se cumpla con dos condiciones:

- ▶ El germoplasma debe estar disponible: esto significa que deben existir fuentes de semillas adecuadas al propósito de la especie deseada y que los viveros deben contar con existencias de plantas producidas a partir de dichas semillas.
- ▶ Los agricultores deben tener la capacidad de adquirir el material (normalmente, plantas), es decir, deben contar con los recursos necesarios para trasladarse hasta el vivero, comprar las plantas y transportarlas hasta sus fincas, o bien algún organismo debe ayudarlos a hacerlo o proporcionarles directamente el GS.



Al apoyar el acceso de los agricultores a GS de alta calidad hay que tener en cuenta dos perspectivas. La primera es la del administrador o participante del proyecto, que requiere de material para una intervención específica —por lo general, identificada en un proceso de diseño agroforestal— que se llevará a cabo en un lugar determinado en el futuro cercano. La segunda perspectiva es más amplia que un proyecto específico; tiene que ver con el subsector de las semillas y los viveros en una zona geográfica determinada. A continuación, se examinan ambas perspectivas.

La perspectiva del proyecto

Para la selección de las especies se debe tener en cuenta la disponibilidad del GS. Aunque los agricultores expresen una fuerte preferencia por una especie determinada, no tiene sentido seleccionarla si no hay material disponible dentro del plazo disponible, lo que a menudo ocurre al inicio de un proyecto. Este plazo también significa que, desde la perspectiva del proyecto, la preocupación principal es el acceso de los agricultores a corto plazo, más que la disponibilidad a largo plazo.

Los organismos de apoyo pueden garantizar el acceso del GS a los agricultores de muchas formas, en especial a los plantones. Una de ellas es la distribución gratuita de plantas. En ocasiones se esgrimen dos argumentos en contra de esta acción:

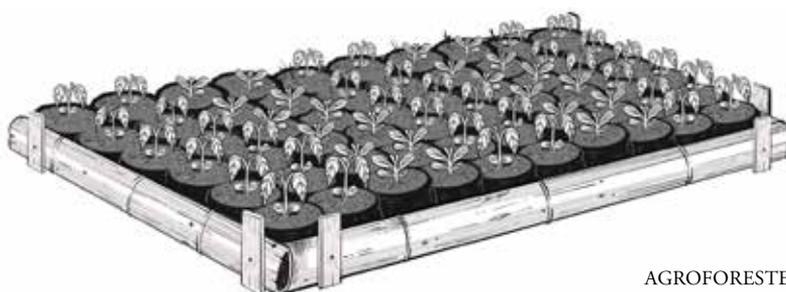
- ▶ Los agricultores no valorarán los árboles por los que no han pagado.
- ▶ La distribución gratuita de GS perjudica a los viveros locales privados.

1

El primer argumento es cierto en algunos casos. Sin embargo, si los agricultores no valoran los árboles que han plantado en sus tierras, la responsabilidad recae en el proceso de diseño agroforestal, no en los agricultores. Si este argumento coincide con la experiencia común es porque los proyectos a menudo no han respondido realmente a las necesidades o aspiraciones de los agricultores.

2

El segundo argumento es más sólido. La distribución gratuita de plantas en una región determinada afectará injustamente las ventas de plantas de la misma especie o similares en los viveros locales. Si esto lleva al cierre de los viveros, se afectará también la sostenibilidad del suministro de plantas a largo plazo. En la mayoría de los casos, la solución no es detener la distribución gratuita de plantas, sino que el organismo que las distribuye las adquiera de los viveros locales a precios de mercado. Estos organismos también pueden proporcionar capacitación a los viveros locales para que puedan cumplir con esta función.



La perspectiva más amplia: desarrollo de sistemas de suministro de GS

En teoría, es fácil diseñar sistemas de suministro de GS. Sin embargo, si estos no reflejan ciertas realidades comunes no pasarán de ser “castillos en el aire”. Entre estas realidades se encuentran las siguientes:

- ▶ Es necesario, por lo menos en países grandes, un suministro descentralizado de GS.
- ▶ El personal encargado de la regulación, que a menudo cuenta con formación en temas agrícolas, no suele tener experiencia en la calidad del GS agroforestal.
- ▶ La regulación de toda la cadena de suministro, desde la fuente de las semillas hasta el lugar de plantación, es un asunto complejo.
- ▶ Redactar, promulgar y aplicar leyes eficaces sobre las semillas es difícil, sobre todo cuando se trata de semillas de múltiples especies con diferentes requisitos de recolección y almacenamiento.
- ▶ Los agricultores y los productores de GS suelen carecer de recursos financieros y de capacidad técnica.

Una acción estratégica es identificar las necesidades de los agricultores y planificar cómo responder a ellas, más que tratar de construir sistemas perfectos siguiendo criterios preconcebidos.

En la Tabla 3 presentamos un “menú” de siete áreas generales en las que los organismos de apoyo pueden ayudar a mejorar el acceso de



los agricultores a un GS adecuado a sus necesidades. Estas áreas se rigen por cuatro principios: centrado en el agricultor (como en el caso de las intervenciones agroforestales); autosuficiencia (siempre que sea posible, el suministro de GS debe financiarse con la venta de dicho material); apertura a la intervención cuando los mercados fallen; y “no perjudicar”, según el cual la intervención no debe entrar en conflicto con la autosuficiencia.

Tabla 3. Menú de opciones de intervención para mejorar los sistemas de suministro de germoplasma

Intervención	Función
1. Implementar un diagnóstico para orientar las intervenciones y acciones	Asegura que las intervenciones y acciones de fondo sean adecuadas y estén basadas en evidencia
2. Apoyar el diseño, la reforma y la aplicación de leyes y regulaciones	Apoya otras intervenciones
3. Promover o establecer viveros agroforestales	Adecuado cuando no se dispone de germoplasma debido a la falta de viveros
4. Apoyar el establecimiento y la gestión de fuentes de semillas	Relevante cuando se carece de fuentes de semillas o cuando estas son improductivas
5. Apoyar el acceso de los operadores de viveros a semillas adecuadas al propósito	Conveniente cuando los operadores de viveros no pueden obtener semillas de las fuentes existentes
6. Apoyar la mejora de la cantidad o calidad de la producción de los viveros existentes	Apropiado cuando los viveros no producen suficientes plantas de las especies que los agricultores requieren y adecuadas al propósito
7. Apoyar el acceso de los agricultores a las plantas de vivero	Conveniente cuando los agricultores no pueden adquirir las existencias de plantas disponibles en los viveros

MANEJO DE ÁRBOLES EN SISTEMAS AGROFORESTALES





Muchas iniciativas para el establecimiento de árboles se centran por completo en el proceso de plantación y no toman en cuenta el tiempo y el esfuerzo necesarios para el cuidado de los árboles plantados y para el manejo de su crecimiento. Es cierto que el cultivo de árboles suele requerir menos trabajo que los cultivos agrícolas, **pero los árboles plantados en fincas requieren ser manejados, sea cual sea el sistema, y este manejo puede demandar mucho tiempo.** El proceso de diseño debe asegurar que los agricultores sean conscientes de las exigencias del manejo y que las tomen en cuenta antes de decidirse a establecer un sistema agroforestal. El cultivo de árboles requiere de un compromiso a largo plazo, recursos suficientes y conocimientos sólidos sobre la forma en que los árboles interactúan con los otros componentes del sistema agroforestal y con su entorno. En esta sección ofrecemos un panorama general de cómo gestionar los árboles en los sistemas agroforestales.



Los sistemas agroforestales difieren entre sí, pero las directrices de manejo de los árboles son similares

La experiencia, los conocimientos y el tiempo requeridos para el manejo de árboles en sistemas agroforestales dependen de la complejidad del sistema o de la práctica. Por ejemplo, es probable que los agricultores deban dedicar más tiempo al manejo de árboles en un sistema multiestrato que en una cerca viva. También necesitarán más conocimientos y experiencia para el sistema multiestrato. Sin embargo, en cualquier caso, la meta del manejo es lograr uno o varios de los objetivos siguientes:

- ▶ Los componentes del sistema tienen un suministro adecuado de agua y nutrientes.
- ▶ Los componentes del sistema, en especial las especies emblemáticas, están libres de plagas, enfermedades y otros agentes dañinos, o no se ven seriamente afectados por ellos.
- ▶ Los componentes del sistema, en especial las especies emblemáticas, tienen condiciones de luz óptimas.
- ▶ Se ha maximizado la productividad y la rentabilidad del sistema.
- ▶ Los árboles crecen con la forma y el tamaño adecuados para su ubicación y sus funciones.
- ▶ Se cumple con los objetivos ambientales específicos, si los hay.

Algunas actividades de manejo de árboles se asemejan a las usadas para optimizar el crecimiento, la salud y la calidad de las plantaciones forestales o huertos. Sin embargo, se requiere de otras medidas debido a las características especiales de los sistemas agroforestales.



Raleo

El raleo es la eliminación de árboles individuales. Consiste en la tala de los árboles a ras de suelo; por lo general, con una motosierra. El objetivo principal del raleo es gestionar la competencia, en especial entre árboles de una misma especie. Ello aumenta la productividad y la calidad de los árboles que quedan.

En las plantaciones forestales convencionales, que suelen tener árboles de una sola especie plantados a una distancia de entre 2,5 y 3 metros, en arreglo cuadrado, el raleo es una práctica de manejo clave. Al eliminar gradualmente la mayoría de los árboles que se plantaron al inicio, la producción se concentra en un número menor de árboles de gran diámetro, bien formados y valiosos para la tala final. En la forestería, el raleo es una actividad planificada: los ingenieros forestales plantan muchos más árboles de los que se necesitarán al final, porque una alta densidad inicial mejora la calidad del fuste/tallo, ayuda al control de las malezas y garantiza que se puedan seleccionar suficientes individuos de alta calidad para el aprovechamiento final. En ocasiones, también es posible vender algunos de los árboles raleados para la fabricación de postes, como material de construcción a pequeña escala, o para su uso como carbón vegetal o leña.

Algunos sistemas agroforestales, o partes de ellos, pueden asemejarse a plantaciones forestales tradicionales, por ejemplo, los bosquetes y los sistemas sucesionales simples, como el sistema **taungya**. En estos casos, el raleo se asemejará al practicado en la forestería. En otros sistemas agroforestales cada árbol está destinado a ser un componente permanente del sistema, o en sistemas con un componente sucesional, a morir de manera natural debido a la sombra o porque ha llegado al final de su ciclo de vida. En estos casos, el raleo es menos frecuente, y su intensidad y el momento para realizarlo dependerán de cada caso específico.

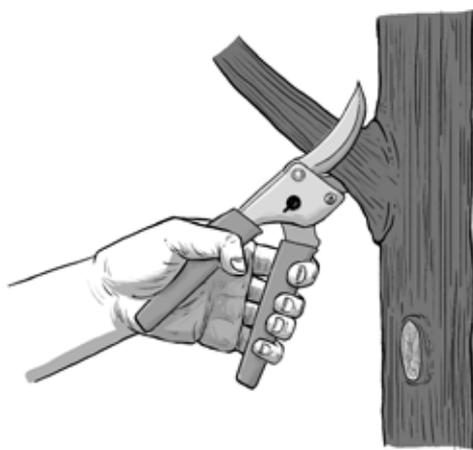




Manejo de las copas

La reducción de la copa consiste en la eliminación de algunas o de la totalidad de las partes del árbol que se encuentran sobre el suelo, es decir, su tallo o sus ramas. En agroforestería se utilizan cuatro tipos de reducción de la copa: la poda, el recorte, el manejo de retoños y el desmochado. El manejo de la copa también incluye la decisión de **no** reducir su tamaño cuando se requiere de más sombra.

Poda



En la agroforestería se utiliza la poda para manejar la competencia. La eliminación selectiva de las ramas de un árbol puede ayudar a evitar que este produzca sombra excesiva y desplace a otro. La eliminación de varias ramas de la copa se denomina “raleo de la copa”. Un árbol podado tiene menor capacidad de captar la luz solar a través de sus hojas, por lo que se reduce la cantidad de energía que capta, lo que provoca la muerte de algunas de sus raíces. Por lo tanto, la poda es también una práctica importante para controlar la competencia entre raíces.



La poda para regular la cantidad de sombra que brinda un árbol también afecta el microclima, incluyendo la temperatura y la circulación del aire, los cuales tienen efectos importantes sobre las plagas y las enfermedades. La sombra favorece la aparición de ciertas plagas y enfermedades, mientras que otras se ven favorecidas por la ausencia de sombra, por lo que el manejo de las copas dependerá de cuáles patógenos sean motivo de preocupación en un sistema agroforestal.

La poda también se usa para mejorar la productividad, o la calidad de la producción del propio árbol, principalmente de los árboles maderables, los frutales, el cacao y el café. Cuando un árbol maderable engrosa (aumento de diámetro), sus ramas laterales quedan incrustadas en la madera, lo que se ve luego como nudos al aserrar la madera. La poda de las ramas laterales vivas y muertas mejora la calidad de la madera al evitar la formación de nudos, una actividad clave para producir madera de calidad.

Sin embargo, no debe eliminarse más de un tercio de la copa viva en un mismo año. La creencia de que la eliminación de casi todas las ramas de un árbol ayudará a concentrar el crecimiento en el tronco principal es errónea; más bien, el ritmo de crecimiento del árbol en altura y diámetro se reducirá, porque hará menos **fotosíntesis**. Algunas especies maderables se autopodan y no deben ser podadas artificialmente, salvo cuando las ramas vivas de los árboles asociados interfieran con los árboles emblemáticos. Se debe practicar la poda en todas las especies leñosas, para eliminar ramas enfermas.

Para el cacao, el café y muchas especies de árboles frutales, existen técnicas de poda muy específicas para maximizar la productividad y la calidad, las cuales escapan del alcance de este manual.

La poda, en especial en el caso de arbóreos de alto valor, es una habilidad que requiere de capacitación y un buen conocimiento de la fisiología del árbol, ya que algunas especies tienen requisitos específicos. La poda debe realizarse con gran cuidado, sobre todo en árboles de gran valor. El mejor momento para podar los árboles maderables y los frutales jóvenes suele ser al final de la estación seca, cuando hay menos esporas de hongos transportadas por el aire y porque pronto se reiniciará el crecimiento, el cual cubrirá las heridas de la poda. En el caso de los árboles frutales maduros (en plena producción), la poda se realiza típicamente después de la cosecha.

Recorte

El recorte se utiliza cuando es aceptable una reducción de la copa de manera rústica, por ejemplo, la poda que se practica en las cercas vivas o en algunas formas de **cultivo en callejones**. En ciertas ocasiones, se usa el recorte en lugar de la poda cuando se quiere reducir la competencia por la luz mediante la corta de solo parte de una rama, sobre todo cuando es difícil llegar hasta la base de la misma.



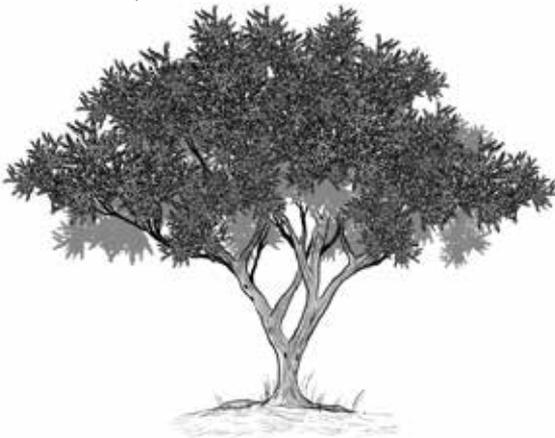
Manejo de rebrote por tocón

Al ser cortadas, muchas especies arbóreas producen nuevos brotes o retoños en el tocón o en las raíces, por tanto, se hace necesario manejar los retoños. Los brotes, una vez que son lo suficientemente leñosos y grandes, son recolectados para su uso como postes, varas y leña. Usualmente, el componente arbóreo de los cultivos en callejones también se maneja mediante el manejo de rebrote por tocón (o el recorte). Los retoños también pueden manejarse para beneficiar a las estructuras de conservación de suelos. En estos casos, el desarrollo de una copa muy grande puede afectar la estabilidad de la estructura. El manejo de rebrote por tocón provocará la muerte de algunas raíces, pero las más grandes, que mejoran la estabilidad, permanecerán.



Desmochado

Históricamente, el desmochado se ha utilizado en lugar del manejo de retoños en situaciones en las que los brotes han servido de alimento a los animales rumiantes. En la agroforestería, el desmochado es una técnica importante para manejar la sombra, en especial en sistemas multiestrato simples, como el del café con árboles desmochados de *Erythrina* y laurel en Turrialba, Costa Rica.



a. Árbol de acacia antes del desmoche



b. Árbol de acacia después del desmoche



Deshierba o desbroce

La deshierba es el corte o la remoción de plantas herbáceas, pastos o plantas trepadoras que crecen cerca o sobre los plantones de los árboles. El desbroce selectivo se centra en aquellas plantas que afectan visiblemente el desarrollo del plantón o del árbol adulto. En ocasiones, los efectos negativos de otras plantas no se ven con facilidad, pero el ritmo de crecimiento de los plantones puede verse fuertemente limitado, por ejemplo, por la competencia de pastos u otros tipos de vegetación agresiva. Una práctica estándar para desyerbar, en especial cuando los árboles van a ser establecidos en pastizales, consiste en desbrozar en círculo alrededor de cada plantón a una distancia de 0,5 metros del tallo. Para evitar la erosión y desecación del suelo descubierto, hay que protegerlo cubriéndolo con un **mulching** formado por los residuos de las plantas eliminadas.





Fertilización

La fertilización es la adición de fuentes externas de nutrientes al suelo para reemplazar a los que el sistema ha perdido y de los que, en consecuencia, presenta deficiencias. En la agroforestería, la correcta disposición espacial y temporal de los árboles, los cultivos y el ganado, permite que la materia orgánica y los nutrientes circulen por la finca, lo que ayuda a reducir el uso de fertilizantes sin afectar el rendimiento. Sin embargo, los nuevos sistemas agroforestales a menudo deben ser “puestos en marcha” con una fertilización inicial, y muchos se beneficiarán de aplicaciones regulares posteriores. En muchos países existen directrices para la fertilización de sistemas agroforestales comerciales (por ejemplo, cacao y café) y huertos de árboles frutales.

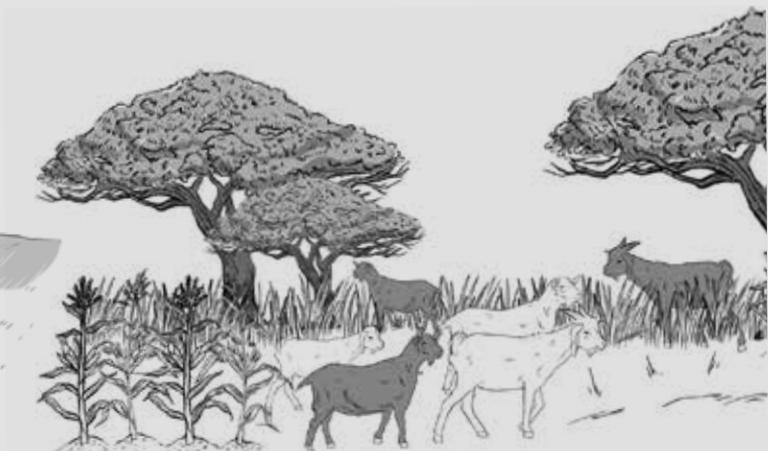


El material podado puede utilizarse como mantillo. Sin embargo, el material leñoso, en especial las ramas grandes, tarda más en descomponerse. Para acelerar su descomposición, debe colocarse en contacto directo con el suelo y luego cubrirse con hojas y otras partes no leñosas. En algunos sistemas se siembran deliberadamente plantas como plátanos, girasol mexicano y pasto *Panicum*, con el fin de cortarlas después para usarlas como mantillo.

Algunas materias orgánicas que se acumulan en los campos, como el estiércol fresco de animales o la fruta madura, pueden atraer plagas y enfermedades. Estas deben ser compostadas fuera del terreno y posteriormente añadidas o devueltas al sistema.



DE LOS PRINCIPIOS A LA PRÁCTICA: SISTEMAS DESTACADOS





Al aplicar los tres principios del diseño agroforestal (centrado en el agricultor; adecuado al lugar, a las personas y al propósito; y, la sinergia), es importante reconocer que cada paisaje es único y por tanto, debe tener sus propios sistemas agroforestales. Los árboles de estos sistemas pueden tener funciones muy distintas, que van desde ser especies asociadas en sistemas centrados en la producción de alimentos, hasta ser las especies emblemáticas en sistemas diseñados para restaurar paisajes forestales degradados.

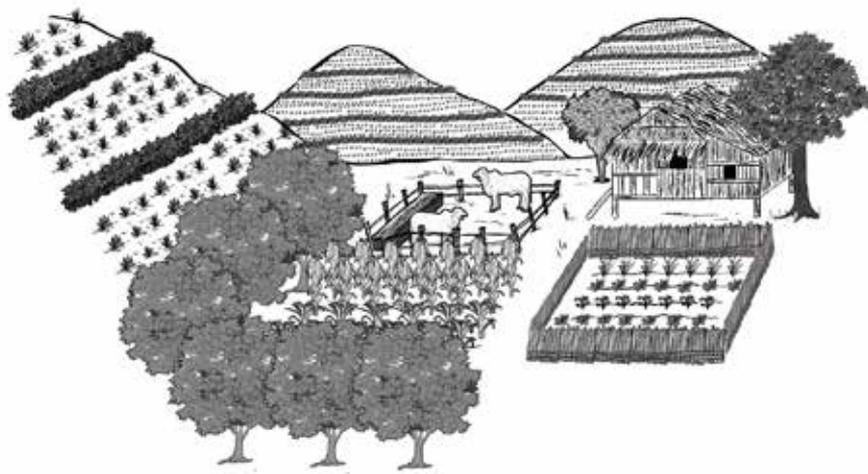
Este capítulo describe una pequeña selección de sistemas destacados con el fin de ilustrar las diferentes funciones de los árboles y las implicaciones prácticas para el diseño y el manejo. Los sistemas destacados no deben considerarse como un tipo de modelos para su aplicación directa, sino como ejemplos de sistemas comunes y robustos que podrían establecerse en otros lugares luego de hacer las modificaciones oportunas.



Cultivos anuales con árboles (CAAr)

En estos sistemas, un componente arbóreo proporciona servicios ecosistémicos que aumentan la productividad del componente principal, que es un cultivo anual. Las especies arbóreas seleccionadas también generan productos útiles. Dado que los cultivos anuales requieren de luz solar, el diseño y el manejo de estos sistemas buscan aumentar el número de árboles en la finca sin crear competencia por la luz.

Los CAAr siguen dos enfoques principales. En los cultivos intercalados, los árboles se plantan entre los cultivos. En la plantación tipo nichos, los árboles se plantan en lugares “nicho”, como los límites de la finca, lugares con suelos de baja fertilidad, secciones ribereñas y huertos caseros. La plantación tipo nicho es más común cuando las zonas de cultivo son muy pequeñas o cuando el trabajo necesario para manejar la competencia resulte mayor que los beneficios que se obtendrán de los árboles.



Los CAAR son más recomendados para fincas con baja productividad causada por los factores siguientes:

- ▶ baja fertilidad del suelo;
- ▶ suelos vulnerables, ya sea por su escasa cantidad de materia orgánica o por su alto riesgo de erosión;
- ▶ climas en los que son habituales las sequías prolongadas o las temporadas de lluvia irregulares.

Los árboles ayudan a contrarrestar estas causas de baja productividad gracias a que aumentan la fertilidad del suelo, ayudan a mantener su humedad durante periodos más prolongados y reducen su erosión (véase Capítulo 3, **Los sistemas agroforestales como sistemas circulares**). Estos beneficios deben sopesarse con los perjuicios siguientes:

- ▶ pérdida de espacio físico para las especies emblemáticas (debido a que los árboles ocuparán un espacio donde podría haber cultivos);
- ▶ reducción del rendimiento de los cultivos debido a la sombra;
- ▶ en regiones semiáridas, posible competencia por el agua entre árboles y cultivos.

Directrices de diseño

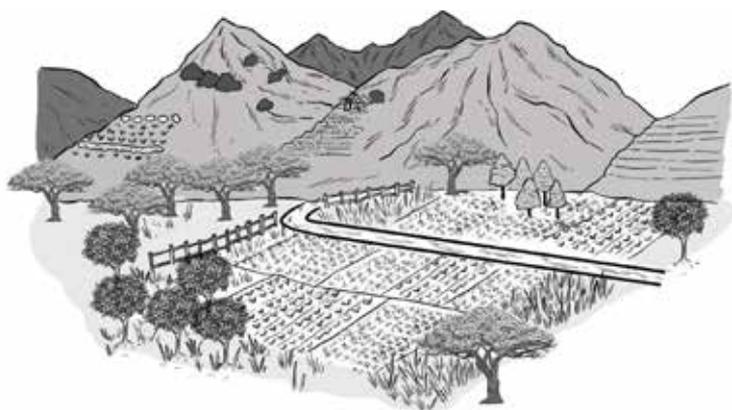
Los CAAR suelen promoverse entre los agricultores como parte de programas agroforestales cuyo objetivo es restaurar o mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la productividad de las fincas e incrementar los ingresos y el bienestar de los hogares. Los CAAR son sistemas muy variables y específicos a cada contexto. Las instituciones y personas que apoyan a los agricultores deben trabajar juntas, siguiendo las directrices presentadas en el Capítulo 5 sobre **Codiseño y establecimiento de sistemas agroforestales**. Esto permitirá garantizar que el sistema esté alineado con los objetivos del agricultor y las necesidades de su hogar.

Los beneficios de las especies asociadas serán mayores para la finca, los cultivos y el agricultor si se cumplen las reglas siguientes:

- ▶ seleccionar el árbol que sea adecuado para el agricultor;
- ▶ seleccionar el lugar adecuado para el árbol;
- ▶ seleccionar el tipo de árbol adecuado para el sistema, tomando en cuenta el ritmo de crecimiento, el tipo de copa y el sistema radicular.

En terrenos en pendiente, los árboles deben plantarse a lo largo de las curvas de nivel para estabilizar las laderas y evitar la erosión del suelo. La mezcla de árboles y arbustos altos con pastos pueden ser una buena combinación, ya que cada uno de ellos aglutina una capa de suelo diferente; tener especies de diferentes alturas también permite reducir la sombra. En aquellos lugares donde la erosión ya es un problema, se debe plantar los árboles a poca distancia para que la mayor parte posible de la zona se beneficie del efecto aglutinante de las raíces. Más adelante, se puede ralea los árboles para manejar el tamaño de la copa y la cantidad de sombra que proveen.

En zonas planas, sobre todo en campos pequeños, los árboles suelen estar dispersos entre los cultivos. Esto permite que los cultivos se beneficien directamente de los árboles —particularmente de las especies fijadoras de nitrógeno— sin recibir demasiada sombra.





Los nichos de plantación deben identificarse con el agricultor y otros miembros de la familia, asegurándose de tomar en cuenta los aspectos prácticos de manejo. Por ejemplo, los árboles forrajeros deben estar ubicados cerca de los corrales del ganado. Los árboles frutales deben plantarse cerca de la casa de la familia, tanto para facilitar la cosecha como por razones de seguridad; lo mismo se aplica a otras especies de alto valor.

El ganado es una parte esencial de algunos CAAs porque su estiércol sirve como abono orgánico. En sitios con pendientes fuertes se recomienda el “pastoreo cero”, ya que de esta manera se evita que el ganado cause daños tanto al suelo como al sistema.



Los componentes (cultivos, árboles, ganado) y la mejor forma de organizarlos varían de una finca a otra, pero hay algunas directrices generales:

- ▶ Los árboles típicamente demandan menos nutrientes que los cultivos. En general, es deseable que los árboles que crecen junto con cultivos tengan raíces profundas y menos raíces cercanas a la superficie del suelo, donde se encuentran la mayoría de las raíces de los cultivos.
- ▶ Es posible reducir los efectos de la competencia regando, abonando y cubriendo con mantillo las zonas de competencia.
- ▶ Los agricultores pueden corregir el exceso de sombra mediante la poda o el raleo de los árboles en cuestión.
- ▶ Para minimizar los efectos de la sombra, las hileras de árboles deben plantarse en paralelo a la trayectoria del sol (E-O).
- ▶ Algunas especies de árboles producen naturalmente menos sombra. Puede que tengan hojas pequeñas o que estas tiendan a inclinarse hacia arriba y no hacia afuera, o que boten las hojas de manera parcial o total (este último rasgo es especialmente útil si coincide con la temporada de cultivo).



- ▶ Las especies elegidas deben tener raíces profundas, crecer con rapidez, de preferencia ser fijadoras de nitrógeno y tener una copa ligera que permita el paso de la luz solar con facilidad.
- ▶ Los árboles muy productivos y de crecimiento rápido, como los eucaliptos y las acacias, consumen mucha agua y pueden reducir su disponibilidad para otros componentes del sistema. La mejor forma de utilizar estos árboles en la finca es plantándolos en bloque o como una parcela forestal.
- ▶ Las plantas perennes de alto rendimiento que requieren de abundante luz, como la palma aceitera, no son adecuadas para su cultivo debajo de otros árboles, pero son magníficos árboles de sombra para plantas más pequeñas como el cacao y el café (véase en el Capítulo 8 **Sistemas agroforestales multiestrato de cacao en Centroamérica y las Filipinas**).
- ▶ En zonas semiáridas, las termitas pueden causar graves daños a los plántones y a los árboles maduros, por lo que es muy importante aplicar medidas de mitigación tales como la selección de especies resistentes a las termitas y otras medidas de protección. Dichas medidas incluyen la eliminación de la madera muerta y dañada poco después de producido el daño en los árboles, la cobertura con mantillo para adicionar nutrientes y el manejo cuidadoso del árbol (en especial individuos jóvenes) para mantenerlo sano y con capacidad de resistir a las termitas. Es posible utilizar pesticidas, pero estos tienden a matar a los enemigos naturales. Los pesticidas son más eficaces para matar colonias de termitas que para proteger árboles individuales. Para el control de las termitas se pueden utilizar varios extractos botánicos⁸.

⁸ Para más información sobre el control de las termitas en la agroforestería, véase Nkunika POY, Sileshi WG, Nyeko P, Ahmed BM. 2013. *Termite management in tropical agroforestry*. Lusaka: University of Zambia Press. <http://dspace.unza.zm/handle/123456789/6496>.

Directrices de manejo

Muchos agricultores mantienen deliberadamente árboles maduros en sus campos y/o protegen los plantones que surgen de manera natural hasta convertirse en árboles maduros (una técnica conocida como “manejo de regeneración natural por el agricultor”). Sin embargo, los agricultores suelen tener poca experiencia en el manejo de árboles reintroducidos en paisajes dominados por cultivos anuales. A diferencia de los agricultores que se especializan en cultivos arbóreos como especies frutales, café o cacao, o que tienen plantaciones forestales, estos pueden no estar familiarizados con el crecimiento de los árboles en términos de altura, circunferencia y raíces a lo largo del tiempo, ni haber recibido formación sobre cómo maximizar el crecimiento o la productividad.

Los siguientes puntos suelen ser elementos clave para un manejo exitoso de los árboles:

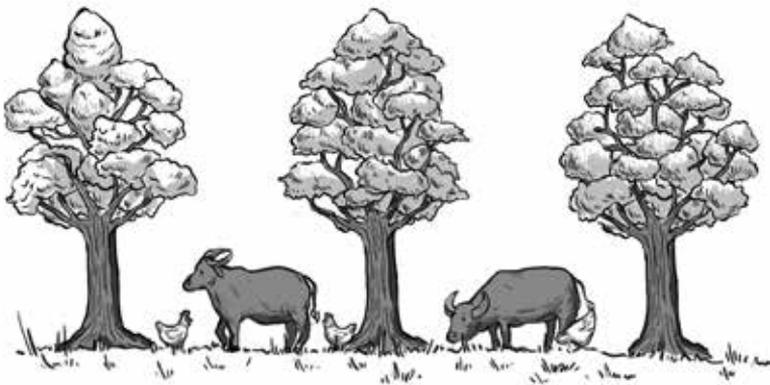
- ▶ La actividad más importante para la gestión de estos sistemas es el manejo de las copas de los árboles para minimizar el sombreado de los cultivos anuales que requieren de luz solar.
- ▶ Varios factores influyen en el tiempo que transcurre antes de que los árboles interfieran con el crecimiento de los cultivos, entre ellos, la fertilidad del suelo, el clima, la forma de la copa, los tipos de raíces y la tolerancia a la sombra de los cultivos en cuestión. Es necesario capacitar a los agricultores para que comprendan cómo responden los distintos elementos de un sistema agroforestal a la poda y el raleo (véase Capítulo 7, **Manejo de árboles en sistemas agroforestales**).
- ▶ Entre las señales de alerta de que existe competencia por la luz están el amarilleo de las hojas de los cultivos —lo que sugiere bajos niveles de fotosíntesis y clorofila— y, en cultivos de cereales, el retraso en el crecimiento y el adelgazamiento del tallo. Los árboles que crecen demasiado juntos responden a esta situación dedicando toda su energía a crecer en altura, en lugar de hacerlo en diámetro.
- ▶ La poda, el manejo de retoños y el desmochado son importantes para reducir la competencia. También proporcionan productos útiles como leña, mantillo, abonos verdes, forraje y estacas para las plantas trepadoras.



Ganado con árboles

Descripción del sistema

Aquí nos centramos específicamente en el ganado en sistemas agrícolas mixtos. Para la integración de los árboles en sistemas ganaderos intensivos, véase el Recuadro 6. Como una parte integrada del sistema agroforestal, el ganado ofrece oportunidades para aumentar la rentabilidad, reducir el riesgo a través de la diversificación, mejorar la nutrición humana, mejorar el uso de la tierra y aumentar la eficiencia agroecológica. Los árboles se plantan para proporcionar servicios ecosistémicos al ganado; sin embargo, también introducen algunos riesgos para el medioambiente y la salud, que deben ser mitigados con un manejo informado y cuidadoso.



Recuadro 6. El potencial desaprovechado de las cercas vivovas



Un uso importante de la plantación lineal de árboles es como cercas vivas para controlar el ganado. Cercar un terreno es muy caro, pero establecer cercas vivas es más barato que hacerlo con postes muertos. La creación de cercas vivas es una práctica generalizada en ranchos ganaderos de todo el mundo, incluyendo los ranchos en Honduras y Nicaragua, donde el sistema se ha estudiado recientemente en profundidad⁹.

El cercado impide que los animales se extravíen y permite dividir la tierra en lotes de pastoreo para el pastoreo rotativo. Los grandes ganaderos en Honduras suelen tener una baja tolerancia hacia los árboles en pastizales abiertos, y suelen eliminarlos cuando la cobertura del dosel alcanza un 20%. Sin embargo, plantan activamente árboles alrededor de los contornos de los campos.

Los cercos vivos son muy productivos. Un inventario de ranchos de ganado realizado en 25 000 hectáreas en el municipio de Catacamas, Honduras, identificó más de 10 000 segmentos de cercos que abarcan 1730 kilómetros, con una densidad lineal de casi 70 metros por hectárea, que cubren el 6,4% de la tierra. Se ha estimado que el potencial de producción de madera proveniente de cercas vivas en los 2,9 millones de hectáreas de pastizales de Honduras equivale a 200 709 hectáreas de plantaciones forestales convencionales, dado que un kilómetro de cercas vivas equivale a la producción de una hectárea de plantación forestal.



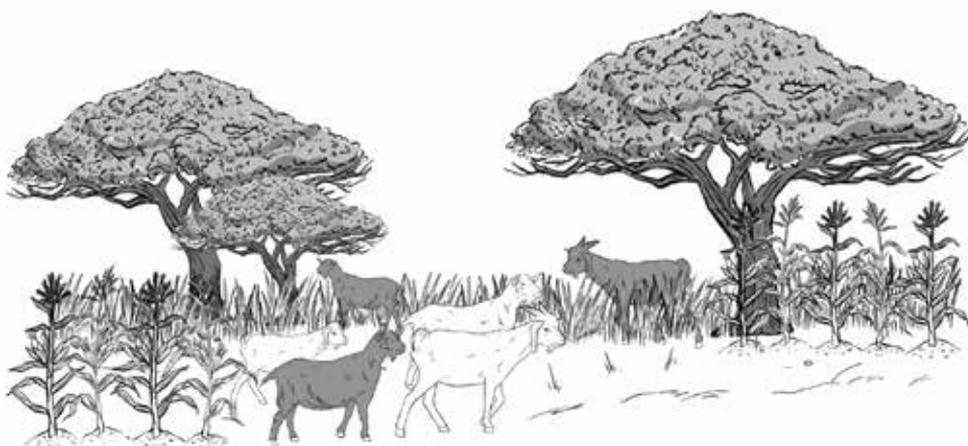
⁹ Somarriba E y Quesada F. 2009. *Agroforestry farm planning: Manual for farming families*. 1.ª ed. Costa Rica: CATIE. https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3385/Agroforestry_farm_planning.pdf?sequence= DUPLICATED

Somarriba E, Orozco-Aguilar L, Cerda R y López-Sampson A . 2018. Analysis and design of the shade canopy of cocoa-based agroforestry systems. En Umaharan P. Ed. *Achieving sustainable cultivation of cocoa*. Londres: Burleigh Dodds Science Publishing, 1-31. <https://doi.org/10.1201/9781351114547>.

El ganado, sobre todo los rumiantes como las cabras, puede ocasionar graves daños a los cultivos y a los árboles si no se controla. En paisajes en pendiente, el ganado de libre pastoreo puede afectar seriamente la estabilidad del suelo y, por lo tanto, perjudicar la sostenibilidad de toda la finca.

Los sistemas de pastoreo cero, a diferencia del pastoreo libre, son aquellos en los que el ganado no es libre de recorrer la finca para pastorear, ramonear o acceder a otros recursos alimenticios. Por lo general, los animales son alojados en galeras o establos, a donde se les lleva el alimento. Este sistema es especialmente adecuado para pequeños agricultores que son dueños de ganado pero tienen tierra e ingresos limitados. En fincas pequeñas se suele mantener ganado para proporcionar alimento para el hogar e ingresos por la venta de la leche, los huevos o la carne. Los animales que se suelen criar son las vacas, ovejas, cabras, cerdos, conejos y, en algunos lugares, conejillos de indias (también llamados cobayas o cuyes).

Aunque los pequeños agricultores suelen atar a los animales en lugares en los que estos pueden hallar alimento, como a lo largo de los linderos de la finca, en los bordes de los caminos o en otros terrenos accesibles, el limitado espacio disponible en las fincas conlleva a mantener a los animales en un régimen de pastoreo cero. Los árboles y arbustos del sistema son seleccionados para proporcionar alternativas con un alto contenido proteico que se añaden a la alimentación básica de los animales con residuos de cultivos. Esto mejora las condiciones del ganado y se evita utilizar todos los residuos de cultivos disponibles —parte de los cuales debe mantenerse en el campo en forma de mantillo y para controlar la erosión del suelo— o tener que comprar costosos suplementos alimenticios comerciales.



El pastoreo cero ofrece varias ventajas a los agricultores. Puede mejorar o facilitar la gestión del ganado de las siguientes formas:

-  Permite criar ganado en fincas pequeñas.
-  Dado que los animales que no pastorean suelen mantenerse cerca de la vivienda, los miembros del hogar pueden ocuparse de ellos más fácilmente.
-  Los criadores tienen más posibilidades de detectar plagas y enfermedades.
-  Es posible hacer una gestión más precisa de la nutrición de cada animal, suministrando cantidades controladas de diferentes alimentos. Esto puede mejorar el uso de concentrados y es un primer paso para orientarse al mercado (por ejemplo, mediante la participación a pequeña escala en el sector de lácteos).

También ofrece ventajas para la gestión general de la finca y en otros aspectos importantes:

-  El estiércol se recoge, se recicla fácilmente y se devuelve a los campos de cultivo, lo que aumenta la eficiencia en el uso de los recursos en el sistema. El estiércol animal es rico en nitrógeno y es una fuente importante de fósforo.
-  El confinamiento del ganado evita efectos adversos sobre el suelo y la vegetación natural, minimizando los daños a los cultivos propios y de los vecinos.
-  Los animales estabulados son menos vulnerables a los robos y a la depredación.



Los sistemas de pastoreo cero tienen algunas desventajas potenciales. Requieren de abundante mano de obra y la disponibilidad de esta puede limitar el número de animales que se crían. Además, los espacios y el equipamiento para su crianza son costosos. Las inversiones requeridas pueden luego recuperarse con los ingresos futuros, pero pueden resultar inviables para aquellos agricultores con mayor aversión al riesgo. Aunque es posible reducir los costos monetarios utilizando materiales y métodos de construcción locales, dichos costos rara vez serán nulos.

El pastoreo cero también puede tener efectos adversos en la salud de los animales y de sus criadores. Para la familia de agricultores, el contacto cercano con el ganado conlleva un mayor riesgo de contagio de enfermedades zoonóticas. El ganado también corre un mayor riesgo de contraer enfermedades y transferir parásitos. Para los animales, sin embargo, los efectos sobre su salud y bienestar pueden ser aún mayores. Lamentablemente, los animales con pastoreo cero suelen ser criados en condiciones inhumanas, con espacios inadecuados carentes de camas y que no brindan refugio suficiente frente a las inclemencias del clima. Además, el confinamiento no es saludable para ningún animal y la falta de ejercicio puede provocar malestares e impactos psicológicos a largo plazo.

En la medida de lo posible, deben tomarse medidas para minimizar estos problemas relacionados con el bienestar animal. Quienes apoyan y asesoran a los criadores pueden contribuir a ello señalando las ventajas de evitar efectos adversos como daños en las patas, en las articulaciones y en la piel; el aumento de la agresividad, los cambios de comportamiento y un pobre desempeño reproductivo. Todos estos efectos producen angustia en el animal y llevan a una reducción de su longevidad y productividad.

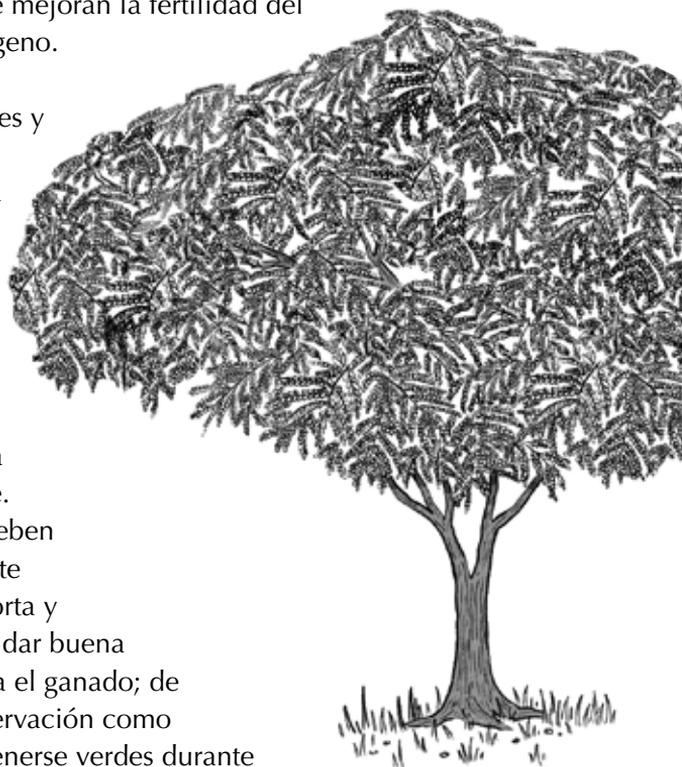


Directrices de diseño

Producción de árboles forrajeros

El forraje para los animales de pastoreo cero suele proporcionarse en forma de pastos, leguminosas forrajeras y ramas cortadas de arbustos y árboles. Hay muchas formas de incluir árboles forrajeros para el ganado de pastoreo cero en los sistemas agroforestales, por ejemplo, en CAAR o como cercas vivas. Las especies que son buenas candidatas producen grandes cantidades de forraje de alta calidad y agradable al paladar de los animales; crecen con relativa rapidez; mantienen su productividad durante la estación seca, cuando el pasto es más escaso; y toleran el demoscado y el manejo de rebrotes frecuentes. Las especies que se van a plantar con los cultivos deben tener copas pequeñas y ralas (para reducir la sombra) y raíces más profundas que las de los cultivos (para reducir la competencia por nutrientes y agua). Algunas especies de leguminosas ofrecen la ventaja adicional de que mejoran la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno.

En terrenos en pendiente, los árboles y arbustos deben plantarse a lo largo de las curvas de nivel para evitar la erosión del suelo. En lugares como los linderos, las franjas ribereñas y pequeñas parcelas sin uso, es posible aumentar la densidad de los árboles y arbustos cultivándolos en bancos forrajeros, que son parcelas permanentes para maximizar la producción de follaje. Las especies de pastos asociadas deben ser de rápido crecimiento; altamente productivas; bien adaptadas a la corta y defoliación frecuentes; capaces de dar buena cobertura al suelo; apetecibles para el ganado; de alto valor nutritivo; y de fácil conservación como heno o forraje, o capaces de mantenerse verdes durante la estación seca.



Tipo de ganado

Todo tipo de especie o raza de ganado puede ser criado mediante un sistema de pastoreo cero. Sin embargo, el pastoreo cero requiere una inversión de capital relativamente alta, un flujo constante de insumos y materiales, y una gestión continua. Por lo tanto, es más probable que los ganaderos utilicen este sistema para animales que generan rendimientos sustanciales, como vacas lecheras u ovejas criadas para la producción y venta de carne. Los huevos, que pueden producirse en grandes cantidades con razas de gallinas mejoradas, suelen tener una demanda inmediata y pueden lograr buenos precios. Asimismo, la facilidad y eficiencia de la alimentación del ganado menor, como los conejos, puede convertirlo en una opción sencilla y atractiva, tanto para la dieta familiar como para la venta.

La inversión en razas mejoradas (como ganado lechero cruzado o razas especializadas de ovejas) permite a los agricultores aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece el pastoreo cero de obtener mayores ingresos. Sin embargo, estos animales no son más productivos de manera automática: requieren de importantes mejoras en la gestión de su alimentación (véase más adelante) para alcanzar su potencial productivo, así como un atento cuidado de su salud y bienestar.





Ubicación

La ubicación de una unidad de pastoreo cero se verá influida por varios factores que deben equilibrarse. La cercanía a la vivienda familiar facilita el monitoreo de los animales, pero si se crían muchos animales y las fuentes de agua y alimentos no se encuentran cerca, la mano de obra necesaria puede superar la capacidad de la familia. Otros temas que se deben tener en cuenta son las vías de acceso, la energía eléctrica y la disponibilidad de materiales de construcción locales. Cada agricultor debe analizar su propia situación con respecto a la ubicación y tratar de identificar el punto de equilibrio más adecuado.

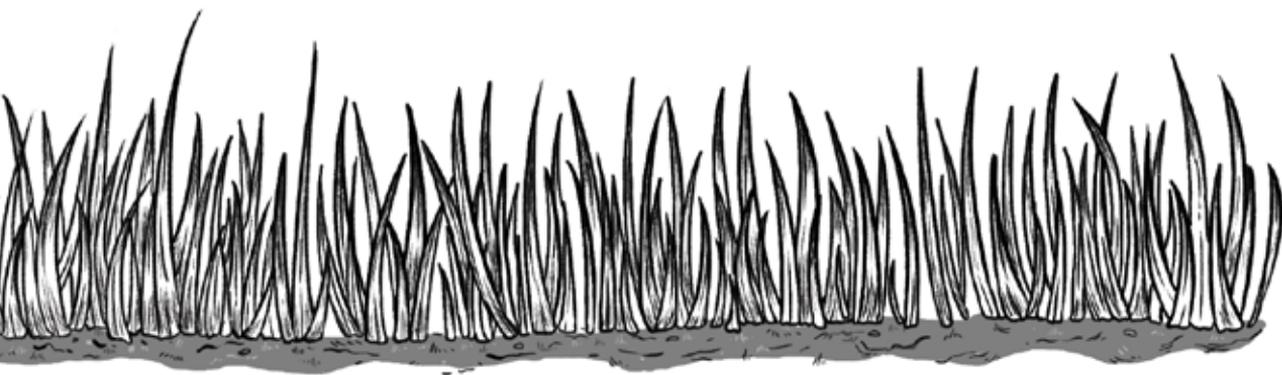
Galeras e infraestructura asociada

Se puede utilizar una gran variedad de diseños de galeras/casetas para el ganado de pastoreo cero, dependiendo de los objetivos del criador. Por ejemplo, el uso de suelos de rejilla puede mejorar en gran medida la eficiencia del reciclaje de estiércol, si esto es una consideración importante. Sin embargo, los establos con suelo de rejilla para grandes rumiantes deben ser sumamente sólidos, por lo tanto, su construcción resulta costosa. Además, no se debe subestimar la importancia de un equipamiento básico bien diseñado, como los comederos, por ejemplo. Contar con comederos inadecuados puede provocar un desperdicio de hasta un 30% del alimento, lo cual reducirá la rentabilidad.

Directrices de manejo

Manejo de árboles y arbustos

El manejo eficaz de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para la alimentación animal puede ser una tarea compleja: requiere de experiencia y acceso a información buena y confiable, por ejemplo, de servicios de extensión. El sistema indonesio de pastoreo cero en tres estratos, desarrollado para su aplicación en zonas secas, es un buen ejemplo de ello. Combina plantas forrajeras, pastos, leguminosas de tierra y arbustos, y árboles forrajeros. Sus componentes tienen ciclos de vida o patrones de crecimiento diferentes, por lo que se puede disponer de forraje de alta calidad durante todo el año. Los pastos y las leguminosas de tierra se cosechan durante la estación húmeda; las leguminosas arbustivas, durante la estación seca; y los árboles forrajeros, durante la estación seca tardía, cuando crecen muy pocas otras especies. En Ruanda, los bancos forrajeros son menos complejos, ya que los agricultores prefieren plantar arbustos leguminosos, como caliandra, junto con los cultivos, para favorecer la fertilidad del suelo. Los bancos forrajeros suelen diseñarse y plantarse en torno a un pasto forrajero principal, como el pasto de Napier, pero en rotación con otras especies de pastos usados para otros fines. También se cultivan de manera permanente en tierras no cultivables, por ejemplo, a lo largo de las orillas de los ríos.



¹⁰ Si desea un ejemplo de plantación de árboles forrajeros para todo el año, véase Nitin IM, Lana K, Sukanten W, Suarna M, Putra S. 1989. The concept and development of three-strata forage systems. *In* Proceedings of the IDRC workshop Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Denpasar, Indonesia, 24–29 July 1989. 92–102 <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/18656/IDL-18656.pdf>.

Manejo de la alimentación/suministro

Las decisiones sobre la alimentación adecuada del ganado implican encontrar un equilibrio entre los objetivos de producción (que pueden ser múltiples y contradictorios) y la variedad y cantidad de alimentos disponibles. Algunos sistemas de corte y acarreo funcionan bien con recursos alimenticios recolectados localmente de tierras comunales (como los pastos de los bordes de los caminos), mientras que otros pueden depender totalmente de forrajes plantados y de otros cultivos forrajeros¹¹. Los árboles y arbustos, en especial las leguminosas, producen alimento de alta calidad y rico en nitrógeno que complementa los residuos de los cultivos.

Recolección y manipulación del estiércol

El pastoreo cero ofrece a los agricultores una buena oportunidad para hacer un uso más eficaz del estiércol que producen los animales. En algunos casos es posible utilizarlo como combustible, pero el reciclaje de nutrientes mediante su aplicación a las tierras de cultivo es también una práctica muy usada. Además, el reciclaje de estiércol puede aportar beneficios económicos directos al reducir el gasto de compra de fertilizantes. Se debe evitar aplicarlo directamente a los cultivos. Los agricultores deben conocer buenas prácticas de compostaje a fin de maximizar el valor del estiércol.

Riego

El riego suele ser pasado por alto, pero es de vital importancia para el ganado estabulado, que no puede buscar agua por sí mismo. Los requerimientos de agua se han tratado en la sección sobre el ganado, en la subsección “Grandes necesidades de cuidado y mantenimiento” del Capítulo 2. El sentido común también es útil: si un ganadero espera que una vaca lechera produzca 20 litros de leche al día, pero solo le proporciona 10 litros de agua, lo único que conseguirá es decepcionarse.



¹¹ Los cultivos forrajeros son aquellos que son consumidos tanto por las personas (alimentos) como por los animales (forrajes).

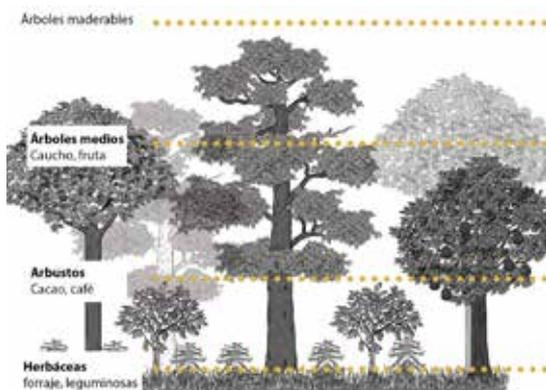


Agroforestería perenne multiestrato

Descripción del sistema

Los sistemas agroforestales perennes multiestrato son los más complejos de todos los tipos de agroforestería. Estos incluyen tanto sistemas simultáneos como sucesionales. En un sistema simultáneo, se mantienen las mismas especies, con su mismo arreglo horizontal y vertical, durante toda la vida productiva del sistema. En un sistema sucesional, la composición y la estructura de las especies cambian con el tiempo.

Ambos sistemas aprovechan las diferentes necesidades de agua, luz y nutrientes de las especies. Los sistemas simultáneos combinan deliberadamente especies que alcanzan diferentes alturas, dividiendo en diferentes capas el espacio vertical entre el suelo y la luz solar. Las plantas y los árboles se seleccionan de manera que, en todo momento, cada especie o grupo de especies ocupe idealmente una capa vertical específica, en función de su altura relativa y su necesidad de luz solar (véase Capítulo 7, **Manejo de árboles en sistemas agroforestales**). Sin embargo, a medida que la altura de los árboles cambia con el tiempo, se requiere de un manejo oportuno para mantener los diferentes estratos.



En los sistemas sucesionales, dicha estrategia de reparto de recursos al plantar especies con ciclos de vida distinto se lleva aún mas lejos. Con el tiempo, las especies se suceden unas a otras; las plantas de vida corta se desarrollan junto a las de vida más larga. Cuando se podan o completan su ciclo de vida, dejan un legado beneficioso: materia orgánica en el suelo y los resultados de sus interacciones con otras especies vegetales, animales y microbianas. Esto mejora la estructura, la fertilidad y el contenido de humedad del suelo.



Los sistemas multiestrato varían mucho en términos de su diseño y su composición de especies, dependiendo de la región y del tipo de comunidad agrícola. Sin embargo, suelen estar diseñados en torno a un cultivo emblemático que es el principal objetivo de producción para el agricultor o la comunidad agrícola. Los objetivos de producción pueden cambiar con el tiempo, a medida que diferentes productos se hacen disponibles, que maduran los distintos componentes del sistema y que cambian las condiciones del mercado y el valor de los productos. Debido a la alta inversión en mano de obra y planificación, es esencial que el agricultor participe estrechamente en el proceso de diseño y planificación. Solo las comunidades agrícolas que comprendan la cantidad de tiempo y el nivel de compromiso requerido para manejar estos sistemas lograrán los beneficios.

El diseño de sistemas multiestrato conlleva el arreglo de las plantas en términos de espacio y tiempo, garantizando así la productividad máxima del cultivo emblemático mediante un manejo cuidadoso de la densidad de los diferentes estratos. Los sistemas multiestrato bien diseñados aprovechan las reservas de semillas priorizando la regeneración natural de especies arbóreas autóctonas, al mismo tiempo que se añaden deliberadamente nuevos componentes con potencial para los medios de vida, como árboles frutales o productos comerciales como palma aceitera y caucho.

Directrices de diseño

Es necesario diseñar cuidadosamente la estructura del dosel para optimizar el uso del espacio horizontal y vertical. Esto se hace en función de los ciclos de vida productivos y las alturas de las diferentes especies.

En terrenos inclinados, los árboles deben plantarse siguiendo las curvas de nivel, a fin de minimizar la erosión del suelo.



Inicialmente, se diseña el sistema a partir de la optimización de la productividad de la especie emblemática (la cual varía de un lugar a otro), con especies de acompañamiento elegidas para maximizar las sinergias. Esto requiere de un conocimiento detallado de las necesidades fisiológicas y las etapas productivas del principal cultivo.

Los árboles que producen abundante follaje y las especies fijadoras de nitrógeno mejoran la circulación de nutrientes en el sistema. En los sistemas sucesionales, estos grupos funcionales de especies deben estar representados en cada etapa de la sucesión a fin de reducir la dependencia de los fertilizantes comerciales. Se deben identificar los ciclos de vida y los rangos de productividad de las diferentes especies

con el fin de programar la plantación y las etapas de sucesión. Esto evita los vacíos de productividad y la falta de liquidez. Es importante evitar los vacíos de producción entre el final de la vida útil de una sucesión y el periodo productivo de la siguiente.

Los componentes deben ser manejados continuamente a lo largo del ciclo productivo del sistema para regular su densidad poblacional, minimizar la competencia y potenciar la complementariedad. Los agricultores deben ser conscientes de que el manejo de este tipo de sistema es un trabajo a tiempo completo. Es muy exigente en mano de obra en todas las etapas (planificación, plantación y manejo). Estas exigencias deben ser compatibles con la disponibilidad de mano de obra y los conocimientos, experiencia, capacidad de aprendizaje y aspiraciones del agricultor.

Si se desea incluir ganado en el sistema, se debe proteger a las especies vegetales de los daños y del sobrepastoreo. Las estrategias de pastoreo cero son más adecuadas para tierras altas con pendientes pronunciadas, ya que evitan que el ganado dañe tanto la tierra como el sistema.

Directrices de manejo

El principio básico para manejar un sistema multiestrato consiste en manipular la composición de las especies y la estructura espacial y temporal a fin de proporcionar a las plantas del sistema la cantidad de sombra adecuada en el momento oportuno. Esto requiere de un conocimiento detallado de la fenología de cada especie; es decir, del momento en que pierden las hojas, producen nuevas hojas y brotes, florecen y dan frutos.

La luz activa el crecimiento de las plantas y, por tanto, la extracción de nutrientes del suelo. En lugares de baja fertilidad, o donde no se haya añadido fertilizante, un exceso de luz generará estrés a la planta, provocando un crecimiento deficiente y un bajo rendimiento. Entre las señales de estrés se encuentran la decoloración o muerte de las hojas y la debilidad general de la planta; las plantas que son sometidas a mucho estrés pueden morir. Los agricultores pueden lograr la producción máxima

para un nivel determinado de fertilidad del suelo regulando la cantidad de luz que penetra al sistema.

Para evaluar si el sombreado del sistema es óptimo, los extensionistas pueden seguir un sencillo procedimiento de tres pasos:

- 1 Evalúe la exposición del sistema a la luz solar en diferentes momentos del día. Incluso dentro de una misma finca, las distintas zonas pueden recibir cantidades muy diferentes de luz solar, dependiendo de su posición en el paisaje.
- 2 Recorra el sistema en diferentes momentos del día y observe si la luz penetra hasta el suelo. Esto le indicará si el sistema es demasiado denso y si requiere de un raleo o una poda.
- 3 Discuta con el agricultor sobre el nivel de productividad que es capaz de gestionar. ¿Qué tan fértil es el suelo? ¿Tiene el agricultor los medios para comprar y aplicar más fertilizantes? En función de las horas de luz solar disponibles, defina el régimen de sombra óptimo para alcanzar dicho nivel de productividad.

Con base en las evaluaciones de los tres pasos anteriores, trabaje con el agricultor para desarrollar una rutina mensual para el manejo óptimo del dosel y de la densidad de árboles.





Sistemas agroforestales multiestrato de cacao en Centroamérica y las Filipinas

Descripción del sistema

El cacao se cultivó inicialmente como un cultivo de sombra bajo las copas de árboles nativos. Sin embargo, en muchos países, la disponibilidad de variedades que crecen a pleno sol, sumada a presiones para incrementar la producción, condujo finalmente a la sustitución de estos sistemas. El rendimiento de los sistemas sin sombra puede ser cinco veces mayor que el de los sistemas con sombra, pero también requieren de abundantes nutrientes, lo que lleva al agotamiento del suelo. Por ello, los cultivadores de cacao tienden a abrir nuevos campos para establecer sus plantaciones, lo que a menudo conduce a la deforestación.

Debido a su tolerancia a la sombra, el cacao es uno de los cultivos más adecuados para los sistemas agroforestales, en especial para las familias de agricultores que buscan diversificar sus fuentes de ingresos y no depender de un solo cultivo. Hoy existe un renovado interés por la agroforestería entre los grandes productores de chocolate, debido a que el cambio climático está empezando a afectar plantaciones en las zonas tradicionales de cultivo. Las plantas de cacao son muy sensibles a las variaciones del clima, sobre todo a la temperatura, pero también a los cambios en la cantidad de precipitaciones y en el número de horas de luz solar. Hay también una preocupación creciente por la deforestación ocasionada por la expansión de los cultivos de cacao.

La diversidad, la composición botánica y la complejidad estructural de los sistemas agroforestales de cacao varían mucho entre regiones geográficas, entre fincas de una misma región e incluso entre secciones de una misma plantación. En todas las regiones, el diseño y el manejo suelen ser deficientes, lo que conduce a un nivel de sombra subóptimo (excesiva, deficiente o desigual).

Directrices de diseño

En este sistema multiestrato, el cacao se cultiva en el sotobosque del dosel y bajo los pisos emergentes. En un sistema bien manejado, los cultivos de cobertura al suelo, como las leguminosas forrajeras y los pastos, también pueden cultivarse debajo del cacao.

Las capas o los pisos optimizan el uso de la luz, el agua, los nutrientes y el espacio. Los pisos emergentes y el dosel alto maximizan la utilización de la luz y proporcionan sombra a los árboles de cacao, que absorben tanto luz directa como difusa.

Por debajo del suelo, el rango de profundidad de las raíces permite que el sistema aproveche más agua y nutrientes y ayuda a proteger el suelo de la erosión y los deslizamientos. Los árboles de raíces profundas absorben nutrientes como nitrato, fosfato y ácidos orgánicos desde las profundidades del suelo y los ponen a disposición de los árboles de raíces superficiales, incluido el cacao, a través de su hojarasca.

Directrices de manejo

Para garantizar la máxima salud y productividad de las plantas, los niveles de sombra deben ser cuidadosamente planificados, monitoreados y manejados a lo largo de la vida útil de un sistema de cacao bajo sombra.

Los niveles de sombra inadecuados tienen efectos dramáticos. Los árboles con poca sombra exhiben un retraso en el crecimiento, señales de estrés hídrico, hojas y tallos tostados delgados, cojines florales dañados por el calor, menor cantidad de hojas y bajo rendimiento. Los árboles con exceso de sombra también mostrarán un retraso en el crecimiento, junto con tallos y hojas alargados, bajas tasas de floración, menor cantidad de mazorcas, mayor incidencia de enfermedades (incluyendo cherelles, *Phytophthora* -monilia, mazorca negra y virus de brotes hinchados) y mayor incidencia de plagas como el barrenador de la mazorca.

La cantidad de sombra que requiere una plantación específica depende del grado de autosombreado, de la etapa fenológica, de las condiciones del lugar y de las características del dosel, como se explica a continuación.

Autosombreamiento

En la copa de un árbol de cacao, las hojas y las ramas superiores dan sombra a las hojas inferiores, mientras que los árboles de cacao vecinos se dan sombra entre sí. Ambos son ejemplos de autosombreamiento. Si se tiene un alto grado de autosombreamiento, se requerirá de menos sombra en la parte superior del árbol. Si esto ocurre, se necesitarán menos árboles de sombra y el agricultor perderá la opción de producir bienes (madera, fruta, leña, etc.) y servicios (culturales, ambientales, etc.) adicionales en su parcela de cacao.

El autosombreamiento está determinado por factores que se relacionan con la forma y el tamaño de los árboles de cacao, y con los arreglos y espaciamientos de siembra tanto de los árboles de cacao como de las especies acompañantes. Los factores más importantes son:

- ▶ la edad de las plantas de cacao (las plantas jóvenes tienen copas pequeñas, por lo que el autosombreado es escaso; se requiere de sombreado superior);
- ▶ la frecuencia e intensidad de la poda (una poda poco frecuente y ligera da lugar a árboles de cacao altos, al traslape de copas entre los árboles vecinos y a un alto nivel de autosombreado);
- ▶ si los árboles son injertados o provienen de semillas (los árboles de cacao injertados tienden a tener una menor altura y una copa más abierta que los árboles de semillas, lo que da lugar a un menor nivel de autosombreado si la plantación está bien manejada);
- ▶ el espaciado entre los árboles (los arreglos triangulares permiten más árboles de cacao por hectárea que los arreglos cuadrados o rectangulares. El nivel de autosombreado es mayor en arreglos de plantación “agrupados”).



Dinámica temporal

Además de los cambios en el autosombreamiento que se producen a medida que las plantas de cacao maduran y aumentan de tamaño, las necesidades de luz de un árbol de cacao varían de acuerdo con su ciclo anual: se necesita más luz sobre todo en las etapas de floración y llenado de mazorcas. Para un rendimiento óptimo del cacao, la sombra debe ajustarse a los ciclos mensuales de la planta mediante la poda o el desmochado oportunos de los árboles de sombra.

Condiciones del lugar

Varios factores del lugar influyen en la cantidad de luz que llega a la parcela de cacao y en el nivel óptimo de sombra requerido:

- ▶ la latitud, la exposición y el nivel de pendiente del terreno determinan la cantidad de luz solar que llega al sitio;
- ▶ una alta prevalencia de nubes reduce la cantidad de luz solar en la parcela;
- ▶ la topografía del terreno y la altura de la vegetación circundante influyen en el grado de sombra lateral que recibe la parcela;
- ▶ fertilidad del suelo: en suelos infértiles, los agricultores pueden cultivar cacao con poca sombra si aplican fertilizantes. Si no pueden comprar fertilizantes, se necesitará más sombra, ya que esta reduce la cantidad de luz solar y por ende la demanda de nutrientes del suelo;
- ▶ precipitaciones: en cada lugar, es importante conocer la cantidad anual de lluvia por debajo de la cual la introducción de árboles de cacao sin sombra llevaría a un rendimiento deficiente del cultivo debido a la competencia por el agua;
- ▶ altitud: el cacao puede plantarse entre 50 y 1200 metros sobre el nivel del mar. La altitud óptima se sitúa entre los 400 y 800 metros. Por encima de los 500 metros el cacao necesita menos sombra que a menor altitud;
- ▶ temperatura: a mayor temperatura, mayor necesidad de sombra, por lo que el cacao requiere de más sombra durante la estación seca. Esto tiene implicaciones para la práctica de la poda: los árboles de sombra se podan al inicio de la estación lluviosa y se dejan crecer durante la estación seca para que proporcionen la sombra requerida durante este periodo.



Características del dosel

La cobertura de la sombra debería ser similar en las diferentes partes de una plantación de cacao. Sin embargo, en la práctica, muchas plantaciones tienen parcelas con demasiada sombra o sin ella. En parte, esto se debe a la variación en la distribución vertical y horizontal del dosel y de su composición botánica. Los árboles altos proyectan una sombra menos intensa que los bajos, y las especies arbóreas difieren tanto en la época del año en que se quedan sin hojas como en la duración de los periodos sin hojas.

Estudios de caso

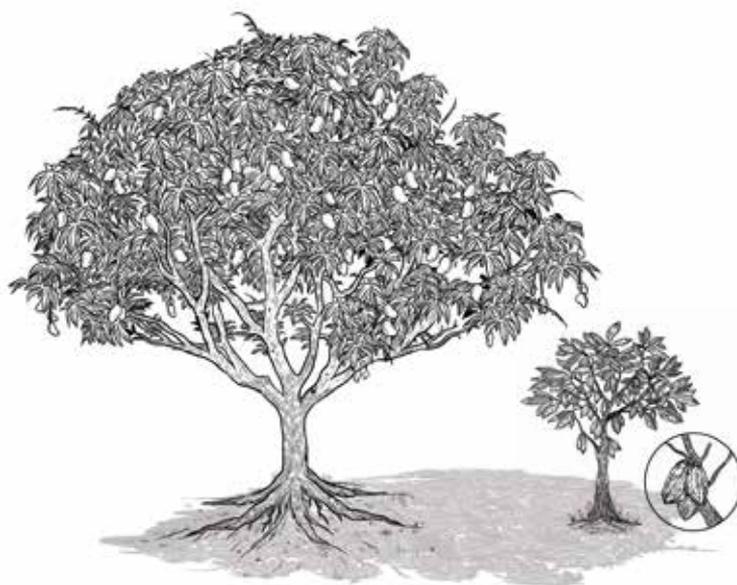
La agroforestería con cacao en Centroamérica

Varios pueblos indígenas del Corredor Biológico Mesoamericano, como los chibchas y los mayas, cultivan cacao con sombra. Estos cacaotales albergan entre 125 y 145 especies de árboles en densidades de 85-166 árboles por hectárea. La mayoría de los árboles son plantados (excepto en los sistemas de cacao rústico, donde se aprovecha el bosque natural raleado), aunque algunos provienen de la regeneración natural. Los árboles de sombra se utilizan por su madera (*Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*), frutos (*Musa* spp., cítricos, aguacate o palta, coco, pejibaye, mango) y sombra (*Inga* spp., *Gliricidia*, *Leucaena*). Los doseles de sombra tienen tres estratos verticales (bajo: <10 metros; medio: 10-20 metros; y alto: >20 metros) que contienen alrededor del 50 %, 30 % y 20 % de la densidad total de árboles, respectivamente.

En estos sistemas, el cacao se cultiva entre los 100 y 800 metros de altitud en pequeñas parcelas (1,2 hectáreas por finca). En la mayoría de los países, el cacao se planta a 4 × 4 metros (625 plantas por hectárea). Son producidos con semillas híbridas provenientes ya sea de polinización controlada o de mazorcas seleccionadas en las fincas; el cacao injertado solo se utiliza desde el año 2010 y sigue siendo escaso. La mayoría de los agricultores tienen dos o más parcelas de cacao por finca.

En la región, hay cinco tipos básicos de dosel de sombra:

- 1 cacao bajo la sombra de una especie, ya sea maderable (por ejemplo, *Cordia alliodora*) o una leguminosa fijadora de nitrógeno (por ejemplo, *Inga* spp.)
- 2 cacao bajo dos estratos de sombra compuestos por una mezcla de especies frutales (por ejemplo, cítricos, *Nephelium lappaceum*, pejibaye), leguminosas y maderables (*C. alliodora*)
- 3 cacao cultivado de manera intercalada con plátano y especies frutales bajo una especie de sombra (maderable o leguminosa)
- 4 cacao diversificado con especies de árboles frutales, maderables y leguminosas
- 5 cacao rústico (“cabruca”): cacao plantado bajo bosque natural raleado (los cabrucas no existen en Mesoamérica).



La agroforestería con cacao en Clavería, Filipinas

Clavería es una ciudad de la cuenca alta de la provincia de Misamis Oriental, en la isla de Mindanao. Las prácticas de uso de la tierra en la región afectan la vida y los medios de vida de los habitantes de los 13 municipios costeros situados aguas abajo: la erosión del suelo provocada por la mala gestión de la tierra contribuye a la sedimentación y la contaminación de los cuerpos de agua ubicados aguas abajo, y afecta la calidad y la disponibilidad de los recursos marinos.

En este contexto, la agroforestería con cacao es especialmente importante, porque proporciona una cobertura permanente del suelo y reduce la erosión, los deslizamientos y la escorrentía. Debido a sus múltiples componentes, el sistema actúa como una medida de adaptación y mitigación del cambio climático, asegurando flujos de productos y servicios sostenibles y resilientes al cambio climático. También ayuda a proteger a los agricultores contra las fluctuaciones de los precios de los productos básicos.

El cacao combinado con caucho, árboles frutales y leguminosas forrajeras es común en las tierras con pendiente de la región. En este sistema, se trazan curvas de nivel con franjas filtrantes de vegetación natural cada 0,5 metros, y separadas cada 10 metros. Los árboles de caucho se plantan a una distancia de 2 metros, aproximadamente 25 centímetros por encima de las franjas de pasto; en una hectárea caben unos 500 árboles de este tipo. En los callejones (entre las franjas de pasto) se plantan dos hileras de árboles de cacao con una separación de 3 metros entre árboles, a 3,5 metros de las hileras de árboles de caucho, lo que da un total de unos 660 árboles de cacao por hectárea. Los árboles de plátano se plantan entre los árboles de caucho, con una densidad de 500 árboles por hectárea. Los árboles frutales, como el durián o el lanzón, se plantan en medio de cada hilera de cacao, a una distancia de 10 metros uno de otro (100 individuos por hectárea). También se puede plantar maní forrajero, una leguminosa para la cobertura del suelo.

El cacao con coco y otros frutales también se utiliza en terrenos en pendiente, mientras que el cacao con caucho, vainilla y plátano se utiliza en zonas más planas. El cacao también se utiliza en sistemas de bloques, tanto en zonas de pendientes como planas.





Agroforestería con palma aceitera

Descripción del sistema

Los sistemas agroforestales con palma aceitera comercial son sistemas multiestrato que ofrecen una alternativa a los agricultores y a las empresas que quieren producir aceite de palma, pero no especializarse en un solo cultivo, o que desean que su aceite tenga una menor huella de impacto ambiental.

El sistema con palma aceitera fue desarrollado con agricultores de Brasil. Cada agricultor influyó mucho en el diseño espacial de los sistemas y en la selección de las especies, por lo que no existen dos sistemas iguales. Estos requieren de paquetes tecnológicos agrícolas distintos de los modelos convencionales de palma aceitera. En lugar de maximizar el rendimiento del aceite de palma por hectárea, su propósito es diversificar las opciones de subsistencia combinando la palma con otros cultivos de valor comercial y cultivos alimentarios.

También buscan mejorar los flujos de nutrientes y agua aprovechando las sinergias entre los distintos componentes. A fin de dejar espacio para los otros componentes, la densidad de las palmas aceiteras varía de 60 a 100 árboles por hectárea, mientras que la densidad en los sistemas convencionales es de 144 árboles por hectárea.



La gestión de sistemas agroforestales de palma aceitera requiere de un considerable acervo de conocimientos, por lo que la capacitación y la asistencia técnica a los agricultores son elementos clave para crear, implementar y mantener sistemas exitosos y rentables.

Directrices de diseño

La agroforestería con palma aceitera es adecuada para todo tipo de suelo apto para palma aceitera, es decir, suelos bien drenados en zonas llanas.

Los componentes y el arreglo se diseñan en torno al cultivo emblemático: la palma aceitera. Las especies acompañantes se seleccionan con base en los objetivos y las prioridades de cada agricultor: los ingresos, la provisión de alimentos y la contribución a la salud del suelo y la biodiversidad. Por ejemplo, en Brasil, los agricultores seleccionaron cultivos comerciales como el cacao, y especies que aportan nutrientes al suelo como la guaba, la madre de cacao y el girasol mexicano.

Para simplificar la cosecha y el transporte de los racimos frescos de la palma aceitera, es aconsejable plantar las hileras de árboles en secciones, disponiendo de los cultivos y árboles que requieren de luz intercalados entre ellas. En Brasil, los agricultores han optado por plantar hileras dobles, triples o cuádruples de palma aceitera, manteniendo la distancia convencional de 7 a 9 metros entre ellas.

Para maximizar los rendimientos de aceite de palma se requiere de mucha luz y nutrientes. Por lo tanto, es importante minimizar la competencia por estos recursos entre los componentes. Como en todos los sistemas multiestrato, la competencia por la luz se gestiona mediante la selección de especies que alcancen diferentes alturas, mediante una división eficaz del espacio horizontal entre el suelo y la luz solar en diferentes pisos o capas (véase **Agroforestería perenne multiestrato** en este capítulo) y mediante un manejo activo del sistema una vez que los componentes crecen. Los árboles de palma aceitera no deberían recibir más de un 10-15% de sombra, por lo que los árboles de estratos altos deben colocarse a la máxima distancia posible de las hileras de palma aceitera y deben elegirse cuidadosamente para que sus copas dejen pasar la mayor cantidad posible de luz hacia los pisos bajos.

Debajo de los árboles de palma aceitera se pueden cultivar productos que requieren de sombra, como cacao, jengibre, cúrcuma, algunas plantas ornamentales leñosas y, posiblemente, café. Como los plantones de palma aceitera tienen raíces de muy rápido crecimiento, agresivas y poco profundas, los componentes perennes, como el cacao, deben plantarse de manera simultánea, para asegurar que desarrollen buenos sistemas radiculares y puedan prosperar.

Se deben disponer los componentes de manera tal que no den sombra a la palma aceitera y que garanticen niveles de luz adecuados para los demás componentes del sistema. Las plantas que requieren de luz solar no deben plantarse directamente debajo de las palmas aceiteras. Sin embargo, por lo general, se recomienda plantar abundantemente al principio, incluso en exceso: es más fácil deshacerse de plantas sobrantes que tratar de establecerlas más adelante.

Al integrar los cultivos alimentarios es importante aprovechar el ciclo de vida de la palma aceitera. Las palmeras tardan cinco años en alcanzar su altura y cobertura de copa máximas; durante este periodo no dan mucha sombra, y es muy fácil cultivar, entre la palma aceitera y otras plantas perennes del sistema, plantas que requieren de abundante luz solar, como el maíz y la yuca. Luego de este periodo, y dependiendo del diseño y espaciado del sistema, muchos cultivos del sotobosque —sobre todo los anuales y bienales— solo tendrán luz suficiente para crecer durante unos cuantos años más. Una vez que el sistema madure se pueden plantar cultivos perennes y semiperennes, como el plátano, que pueden permanecer en el sistema durante unos 8-10 años.

La agroforestería con palma aceitera requiere de un uso relativamente intensivo de mano de obra y, como en todos los sistemas agroforestales, cuanto más integrados estén los componentes, más mano de obra se requiere, sobre todo en los primeros años. Esto se suma a la demanda de mano de obra de la propia palma aceitera que, a diferencia de muchos otros cultivos, tiende a incrementarse con el tiempo. Por ello, es importante diseñar y aplicar el sistema a una escala que sea manejable y que se adecúe a la cantidad de mano de obra disponible en el hogar o para el propietario.



Directrices de manejo

Algunos de los cultivos que requieren de sombra y que pueden cultivarse en un sistema agroforestal de palma aceitera, como el cacao y las flores de corte, pueden proporcionar casi tantos beneficios económicos como la propia palma aceitera, por lo que se deben manejar cuidadosamente sus necesidades y requerimientos de luz. Cuando los precios de la palma aceitera son bajos y los de otros cultivos comerciales son más elevados, los agricultores pueden podar sus palmeras de una manera más intensa que la habitual, a fin de proporcionar más luz y aumentar así el rendimiento de los cultivos de sotobosque.

La poda es un elemento importante en todo tipo de cultivo de palma aceitera, y los agricultores deben contar con una buena capacitación sobre los principios básicos para el manejo de palmas aceiteras adultas productivas.

Dado que la palma aceitera es un cultivo “hambriento”, requerirá de fertilizantes, en especial durante los primeros cinco años, para garantizar un buen rendimiento y evitar retrasos en su crecimiento, sobre todo en suelos degradados. Dado que el sistema no puede suministrar un abono adecuado, se puede crear abono orgánico *in situ* mediante el compostaje de la biomasa disponible y aplicarlo al suelo, en los primeros años.

Un cultivo agroforestal de palma aceitera biodiverso y sucesional puede reducir o eliminar la necesidad de pesticidas, aunque para ello se requerirá de insumos orgánicos y técnicas agroecológicas específicos, sobre todo a corto plazo.

El “corte e incorporación” de especies fertilizantes (que producen biomasa de manera muy eficiente) es un elemento importante para gestionar la salud del suelo y permite alimentar el sistema de manera continua.





Agricultura de forestación de bosques tropicales

Descripción del sistema



La agricultura de forestación de bosques tropicales (*"rainforestation"* en inglés) es un sistema agroforestal sucesional y multiestrato desarrollado para restaurar la cubierta forestal nativa y la diversidad de los bosques, a la vez que proporciona a los agricultores diversas fuentes de ingresos procedentes de múltiples cultivos y productos arbóreos, entre ellos la madera. Estos sistemas están diseñados para hacer una transición gradual del modelo de subsistencia basado en cultivos hacia un modelo basado en árboles, asegurando que los agricultores tengan un incentivo para contribuir a la restauración de los bosques.



La agricultura de forestación de bosques tropicales se desarrolló en Filipinas en la década de 1990, como una solución para las zonas forestales comunitarias. La explotación de bosques naturales mixtos de dipterocarpáceas había convertido estas zonas en “desiertos” biológicos y agronómicos muy degradados. Las zonas altas sin árboles están dominadas por pastos muy invasivos, como la *Imperata cylindrica*, un tipo de planta de cubierta vegetal que no satisface adecuadamente las necesidades de las comunidades locales.

Inicialmente, se utilizaron especies exóticas de rápido crecimiento para reforestar tierras estatales, pero estas resultaron ser poco adecuadas para soportar los tifones que azotan con regularidad el archipiélago. Por ello, los investigadores —junto con las comunidades— comenzaron a explorar el uso de especies arbóreas maderables nativas pioneras más resilientes, en particular las de la familia de las dipterocarpáceas. Los sistemas agrícolas de forestación de bosques tropicales que desarrollaron demostraron ser bastante resilientes a las perturbaciones ambientales, como los tifones, y a los desafíos ligados con la agricultura de subsistencia, como las fluctuaciones del mercado y la inseguridad alimentaria.

La agricultura de forestación de bosques tropicales se practica a menudo en tierras estatales, por lo que se debe prestar especial atención a los derechos de tenencia. En aquellas tierras en las que la comunidad no tiene derecho a extraer la madera, los agricultores deben recibir una compensación por su trabajo de plantación y manejo de los árboles maderables nativos. De este modo, la comunidad se convierte en un socio clave de un esfuerzo de restauración público-privado.

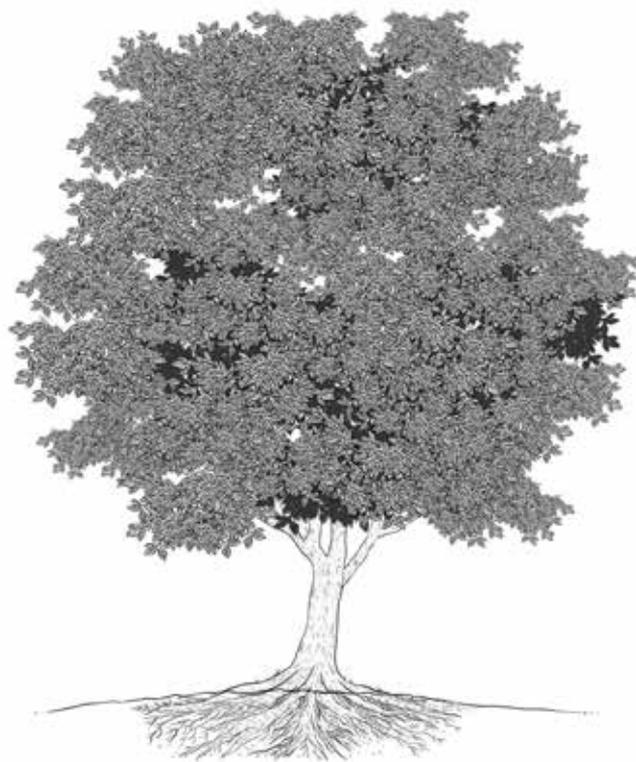


La venta de plantones también ha sido una importante fuente de ingresos para muchas comunidades agrícolas dedicadas a la forestación de bosques tropicales, en especial cuando los gobiernos promueven activamente, en sus programas nacionales de reforestación, la adquisición de plantones de los viveros gestionados por las comunidades locales.

Directrices de diseño

- ▶ Los sistemas agrícolas de forestación de bosques tropicales se basan en los conocimientos tradicionales de la comunidad. Los tipos de suelo, ya sean de origen ultramáfico, sedimentario o volcánico, afectan el tipo de especies que pueden cultivarse en un sistema. Es esencial conocer bien el lugar, las especies forestales y su interacción.
- ▶ También es muy valioso involucrar a todos los miembros de la familia —incluidos los niños— en el desarrollo de un sistema agrícola de forestación de bosques tropicales, ya que las necesidades y los beneficios de su gestión abarcarán varias generaciones.
- ▶ En zonas con poca cobertura arbórea es habitual usar un modelo sucesional en el que los cultivos agrícolas dan paso a árboles frutales, los que a su vez dan paso a árboles maderables. La disposición espacial debe ajustarse al crecimiento individual de los árboles para garantizar que los árboles frutales no sean superados con demasiada rapidez en altura por los árboles maderables, ya que esto podría provocar un descenso de la producción. Actualmente, en zonas abiertas se recomienda una densidad de árboles nativos de 2500 individuos por hectárea, ya que esto permite un rápido cierre del dosel y la cobertura del lugar.
- ▶ Muchos plantones de dipterocarpáceas son muy sensibles a las variaciones de luz y temperatura. Por ello, se cultivan bajo un dosel de árboles con función de nodriza. Este dosel está formado por especies pioneras nativas de rápido crecimiento plantadas junto con los árboles frutales. También se puede aprovechar la sombra de especies exóticas preexistentes, como caoba o acacia (*A. mangium*), pero estas deben ser sustituidas poco a poco por árboles nativos. Los árboles existentes pueden servir de apoyo a otros cultivos, como el ñame y la pimienta negra.
- ▶ Los cultivos de raíz y de tierra que requieren de luz solar, como la yuca, la batata o camote, el taro, el ñame y la piña, se plantan en las etapas iniciales, pero, una vez que los árboles crecen en altura y ancho y la infiltración de la luz es inferior al 70 %, deben ser sustituidos por cultivos tolerantes a la sombra, como café, cacao y jengibre.

- ▶ En la isla de Leyte (Filipinas), el abacá se ha convertido en un cultivo comercial especialmente exitoso para la agricultura de forestación de bosques tropicales. Esta especie nativa y pariente del plátano se cosecha para aprovechar su fibra de alta calidad, muy utilizada y valorada a nivel internacional en productos como las bolsitas de té. Tradicionalmente se cultiva debajo de árboles fijadores de nitrógeno, como *Erythrina fusca* y el árbol de narra. Es de crecimiento veloz, se recupera rápidamente luego del paso de tifones y es más productivo en un ambiente con un 50% de sombra. La fibra que se extrae de los pseudotallos del abacá representa solo un 2% de la biomasa de la planta; el resto se deja en la finca como mantillo, por lo que el abacá puede cultivarse en un mismo lugar durante unos 40 años. Una opción para integrar el abacá en un sistema de agricultura de forestación de bosques tropicales es plantarlo un par de años antes que los árboles del dosel, de manera que brinde una sombra útil para estos plántones cuando son pequeños.
- ▶ Se alienta integrar al sistema animales, como pollos y rumiantes pequeños, para propiciar el ciclo de nutrientes provenientes de su estiércol.

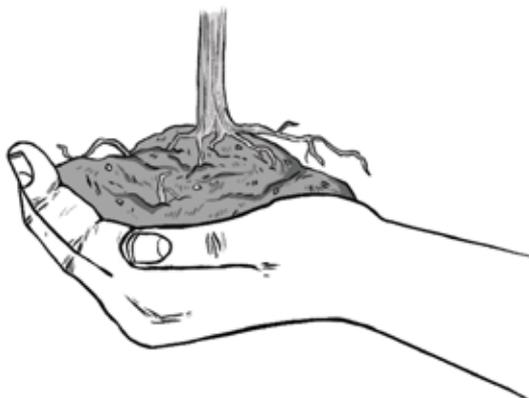


Directrices de manejo

- ▶ El principio rector del manejo de los sistemas de forestación de bosques tropicales es el mismo que el de todos los demás sistemas multiestrato: manipular la estructura del dosel mediante el arreglo, el raleo y la poda, para proporcionar a todas las plantas del sistema la cantidad adecuada de sombra en el momento oportuno.
- ▶ El fuerte énfasis en los árboles maderables es una característica distintiva de los sistemas de forestación de bosques tropicales. Por lo tanto, los tratamientos de forestería como el raleo y la poda para eliminar la sombra superior, y el corte de lianas y bambúes trepadores, deben realizarse de manera continua.
- ▶ Los plantones naturales de árboles deben ser manejados y protegidos activamente mediante el control de pastos, arbustos y plantas trepadoras competidores (mediante regeneración natural asistida).
- ▶ En lugares degradados, la población natural de plantones de dipterocarpáceas suele ser muy escasa o inexistente. Por lo tanto, es necesario plantarlas; al proceso se le conoce como “plantación de enriquecimiento”, y utiliza semillas y plantones recolectados de los árboles madre del bosque natural o cerca de ellos.
- ▶ Las dipterocarpáceas no producen semillas anualmente, sino más bien cada 2-10 años. En los años de producción, todos los árboles de una misma especie echan sus semillas al mismo tiempo. Las semillas de las dipterocarpáceas son recalcitrantes, por lo que no es posible almacenarlas.



- ▶ En aquellos años en los que no hay producción de semillas se pueden extraer del bosque natural plantones silvestres (pequeños plantones procedentes de la regeneración natural). Esta práctica no resulta perjudicial en lugares donde la regeneración natural es abundante (por ejemplo, debajo de árboles maduros). Los plantones suelen dañarse durante la extracción y el transporte, pero si se colocan a la sombra bajo “ramadas” (una pequeña estructura cerrada hecha de bambú y láminas de plástico de acetato, con una temperatura constante y un nivel elevado de humedad) se puede facilitar su recuperación, y su tasa de supervivencia será casi del 100 %.



DE LOS PRINCIPIOS A LA PRÁCTICA: HISTORIAS DESDE EL TERRENO





En este capítulo ilustramos cómo la aplicación de los principios de diseño se utiliza para adaptar modelos agroforestales genéricos, como los del capítulo anterior, de manera que funcionen para cada agricultor y su contexto específico. También mostramos cómo dejar de lado dichos principios puede ocasionar problemas. Para ello, utilizamos una serie de estudios de caso, basados en situaciones de la vida real¹².

¹² Las situaciones específicas que se presentan en este apartado son todas ficticias. Cualquier semejanza con lugares, personas o instituciones reales es totalmente casual.



Hambre oculta y degradación de la tierra: la respuesta de una ONG al pedido de ayuda de una aldea

Sistemas agroforestales ejemplificados: producción ganadera con pastoreo cero y árboles integrados con agricultura estacional

Necesidades de los agricultores y respuesta



Los habitantes de una zona agrícola mixta de Kenia están preocupados por la erosión y el descenso de la productividad. Pero este no es su único problema. Por ejemplo, a muchas de las madres les preocupa que sus hijos no reciban todas las vitaminas que requieren para crecer saludablemente, en especial hacia el final de la estación seca, cuando los alimentos pueden escasear.

Mary, una de las residentes de la aldea, oyó hablar acerca de la agroforestería durante una visita a su hermana, quien vive en una aldea vecina, donde una ONG llamada TreesFP estaba llevando a cabo un

proyecto. Mary consiguió que el responsable del proyecto programara una visita a su aldea y, con el tiempo, la ONG empezó a desarrollar actividades en ella.

Mary comenta: “No estábamos seguros de aceptar la ayuda de TreesFP. Nos gustaba su nombre —significa “Árboles para la Gente” (en inglés, “Trees for People”)—, pero algunos han tenido malas experiencias con proyectos agroforestales. Sin embargo, decidimos escuchar lo que tenían que decir”.

Rose, una extensionista, fue nombrada líder del equipo por TreesFP.

“Al principio fue difícil, ya que algunos de los habitantes de la aldea esperaban que llegáramos con soluciones ya listas”, dice. “Hubo comentarios del tipo: ‘¿De qué sirven ustedes, si no saben lo que debemos hacer?’. Me tomó un buen rato explicarles que teníamos que compartir nuestros diferentes conocimientos para encontrar soluciones”.

Mary comenta: “Lo que dice Rose es cierto. TreesFP ayudó a mi vecina Judith a instalar lo que llaman un sistema de pastoreo cero para su ganado. A mí no me convenía instalar uno, pero era perfecto para Judith porque ella tiene hijos mayores que pueden ayudarla con el trabajo. Mis hijos son aún pequeños, pero TreesFP me ayudó a plantar mi lista/cartera de árboles frutales”.



Su vecina Judith comenta: “Ahora tenemos nuestro ganado en corrales de alimentación, cerca de la casa. TreesFP nos enseñó a plantar bancos forrajeros de pasto de Napier y árboles agroforestales, que luego cortamos y llevamos a las vacas. De esta manera, ya no pastan en exceso en nuestras tierras en pendiente y no causan erosión. Además, recolectamos y llevamos estiércol a los campos y bancos forrajeros, para fertilizarlos. Es un poco más de trabajo, pero vale la pena. Y también le damos a María algo de forraje para su vaca”.

“Pero solo a cambio de que les dé paltas”, dice Mary.



Cómo se utilizaron y aplicaron los principios de diseño

Rose explica:

“El pastoreo cero y la lista/cartera de árboles frutales son solo dos de las intervenciones con las que ayudamos a los agricultores. Esto ilustra realmente la seriedad con la que aplicamos el **principio de centrado en el agricultor**. No llegamos con soluciones ya hechas. Hay que trabajarlas con los agricultores.

El **principio de adecuación al lugar, a las personas y al propósito** queda muy bien ilustrado por los casos de Judith y Mary. Rápidamente nos dimos cuenta de que Mary no tenía ni el tiempo ni la mano de obra familiar necesarios para dedicarse a un sistema de cosecha y transporte, pero estaba muy interesada en obtener una mayor variedad de frutas durante todo el año. Gracias a una cuidadosa selección de las especies que se iban a plantar, pudimos asegurarnos de que los árboles no interfirieran con cultivos, en especial el maíz, ya que se verían seriamente afectados por cualquier tipo de sombra. De hecho, fuimos más allá de simplemente elegir las especies: logramos conseguir algunas variedades enanas tanto de mango como de aguacate que funcionan en su caso. A nivel de la aldea, el alto nivel de participación que alcanzamos en el proceso de selección de la lista de especies plantadas garantiza una buena correspondencia con las condiciones y necesidades locales.



Judith y algunos otros realmente querían minimizar la cantidad de mano de obra necesaria para el sistema de cosecha y transporte, así que en la mayoría de los casos establecimos bancos forrajeros de pasto de Napier cerca de los corrales de alimentación. Además, en muchos casos pudimos plantar los arbustos forrajeros, como la caliandra, bastante cerca de los corrales. La mayoría de los árboles forrajeros se establecieron en los contornos de las antiguas tierras de pastoreo. Para la selección de las especies, primero pedimos a los ganaderos que clasificaran sus preferencias, y luego debatimos en un taller qué especies funcionarían mejor juntas.

En lo que respecta al **principio de sinergia**, parte de este consistía en encontrar las especies que funcionan mejor juntas. Un ejemplo claro de ello es el ciclo de nutrientes que tienen ahora las aldeas con el sistema de cosecha y transporte. El estiércol regresa directamente a los mismos campos que fueron degradados por el ganado. Esto significa que están transfiriendo indirectamente los nutrientes de los pastos y los árboles forrajeros de vuelta a los pastizales. Dentro de unos años debería ser posible utilizar los pastizales para cultivos, o reintroducir nuevamente el ganado, pero con tasas de carga animal sostenibles.

El principio de sinergia también ayuda a las personas a pensar de manera distinta. Mary cultiva ahora hortalizas de hoja y especies medicinales bajo la sombra parcial que proyectan algunos árboles frutales”.





Restauración de la tierra para mejorar los medios de vida y la conservación de la biodiversidad

Sistemas agroforestales ejemplificados: sistema multiestrato simplificado de cacao, sistema secuencial biodiverso de especies fertilizadoras y, sistema complejo de cacao

Necesidades de los agricultores y respuesta

Ignacio, su hijo Julio y la prima de Ignacio, Rafaela, son pequeños agricultores de la Amazonía peruana. Al igual que otros habitantes de Santo Domingo, una aldea situada a 500 metros sobre el nivel del mar, querían aumentar sus ingresos y recuperar algunos de los pastizales degradados de sus fincas. Por eso, cuando se enteraron de que miembros de FuturoVerde, una ONG local, iban a hacer una presentación sobre diversificación de fincas y restauración de tierras en la escuela primaria local, decidieron asistir.

Rafaela comenta: “Hace unos años nos enteramos de que FuturoVerde había recibido dinero de Europa, y que quería invertir en agricultura sostenible, así que eso nos interesó. No tenía grandes expectativas, pero el agrónomo de FuturoVerde, Miguel, es de aquí cerca, y me convenció de que era algo que no debíamos dejar pasar”.

Miguel, de FuturoVerde, explica más sobre la oportunidad: “El financiamiento proviene de un inversionista de impacto con sede en Suiza. Invierte en proyectos de restauración de tierras que además fortalezcan los medios de vida locales y contribuyan a la conservación de la biodiversidad. Se puso en contacto con nosotros para que le ayudáramos a crear una cartera de inversión aquí. Como probablemente saben, Santo Domingo está en la zona de amortiguamiento de uno de nuestros parques nacionales más importantes”.

Ignacio comenta: “Asistir a esa reunión fue una de las mejores decisiones que hemos tomado. Pudimos trabajar con FuturoVerde para encontrar soluciones que realmente nos convienen. No como con aquella otra ONG, que solo quería que nos ajustáramos a su paquete tecnológico. En mi caso —como ves, ya no soy tan joven—, me ayudaron a instalar un sistema de cacao que puedo manejar, y lo mismo hicieron con mi prima Rafaela y su pastizal rehabilitado. Y con mi hijo Julio...”.

“... Yo puedo explicarlo, papá”, dice Julio. “Les dije que el cacao es el futuro, pero un cacao que promueva la biodiversidad y sea bueno para el medioambiente. Ellos sabían que yo tenía la disposición y podía dedicarle tiempo... Creo que mi parcela de cacao es ahora una de las más diversas de la región. Todo esto fue posible porque hay dinero para ayudar en el proceso de establecimiento, que es la parte más difícil para nosotros”.



Cómo se utilizaron y aplicaron los principios de diseño

Miguel explica: “Se pueden ver algunas diferencias y similitudes en lo que hicimos con Ignacio, Rafaela y Julio. La parcela de Ignacio es bastante sencilla: una cubierta vegetal de ‘centrosema o centro’¹³ que ayudará a controlar las malas hierbas, fijar el nitrógeno y añadir materia orgánica al suelo durante los primeros años, árboles de cacao a 4 metros de distancia unos de otros, sombreado con inga y un estrato superior de caoba”.

“Estoy muy orgulloso de la caoba”, dice Ignacio. “Cuando yo era joven, aquí abundaba la caoba. Pero ahora ya no existe. Así que, con estos árboles estoy ayudando a que las cosas sean como antes”. Julio, su hijo, añade: “Creo que también incrementan el valor de venta de la propiedad, por si algún día queremos mudarnos”.

“Como explicaba —continúa Miguel—, lo que hicimos con cada agricultor dependía de la situación. Por ejemplo, en el caso de Rafaela, ella tenía muchos pastizales degradados que quería recuperar. Decidió optar por un sistema secuencial, lo que significa que los componentes cambian de manera planificada a medida que pasa el tiempo. Primero, plantamos especies fertilizadoras en franjas de 5 metros de ancho a lo largo de las curvas de nivel. Algunas de estas especies se encargan de producir abundante biomasa, que vuelve al suelo luego de ser cortadas, por ejemplo, las gramíneas altamente productivas como el pasto *Panicum*. También plantamos girasol mexicano, que es un gran acumulador de fósforo y potasio. Además, especies leguminosas, por supuesto: árboles como la gliricidia y la inga, los cuales toleran estos suelos ácidos, y leguminosas de vida más corta, como el ‘stylo’ (*Stylosanthes* spp.) y el guandú. Entre las franjas de especies fertilizadoras plantamos cultivos anuales, en camas de un metro de ancho, y los árboles frutales y plátanos que ven ahora. Con el tiempo, estos darán sombra a las especies fertilizadoras, y la materia orgánica provendrá de los propios árboles. Si vuelves dentro de cinco años, se parecerá un poco a un bosque, pero lleno de especies productivas, lo que llamamos un agrobosque”.

¹³ *Centrosema molle*, una planta de cobertura vegetal ampliamente sembrada en América Latina.

“Supongo que no hemos tratado muy bien la tierra a lo largo de los años”, dice Rafaela. “Además, el terreno es bastante empinado. Antes de instalar mi sistema de restauración, podía ver la tierra entre los pastos, totalmente seca y dura. Como en ese campo de allá con pendiente suave”, señala el terreno de un vecino, donde se ven claramente las huellas del ganado. “Estoy muy contenta de que mi tierra va a estar nuevamente sana”.

“Y también está el caso de Julio”, dice Miguel. “Su parcela de cacao es mucho más compleja que la de su padre...”.

“Sí”, dice Julio, “junto con el cacao, el jengibre, la cúrcuma, la pimienta negra, el achiote, además de las especies maderables del dosel, es un sistema complejo. Manejar esta parcela es un poco como gestionar un rebaño de ganado. Llegas a conocer a cada animal —a cada árbol, en este caso—. Hay que saber cuándo se acerca la etapa de floración, cuándo el árbol necesita más luz; hay que saber entender las señales que te dan. Yo desmocho las gliricidias cuando los árboles de cacao se acercan a la etapa de floración, porque es cuando necesitan más luz. Más adelante, cuando los árboles de cacao crezcan y empiecen a autosombreadarse, probablemente ralearé algunas gliricidias y podaré los



otros árboles del segundo nivel. Es verdad que es un trabajo que requiere de bastante mano de obra, pero yo soy un cultivador de cacao. Es a lo que me dedico. Cuanto más trabajo hago, mayor es la recompensa”.

“Así pues”, dice Miguel, “puedes ver que los intereses de los agricultores fueron primordiales, aun cuando FuturoVerde y nuestro socio financiador tuvieran otros objetivos. Todo esto se lo explicamos a la comunidad. La transparencia es fundamental. Además, no olviden que lo que ven en estos tres casos es solo una muestra de lo que hicimos. Hemos logrado negociar un acuerdo de exportación de cacao con una de las principales casas comercializadoras y también hemos impartido capacitación en gestión de agronegocios. No venimos solo a ‘hacer agroforestería’. En algunos casos, consideramos que otros tipos de producción eran más adecuados. Eso es lo que significa en la práctica el **principio de centrado en el agricultor**.

Creo que se puede apreciar cuán seriamente nos hemos tomado los ajustes de estos sistemas a lo que los agricultores querían... y también a lo que sus tierras les permitían. Pero si hablamos del **principio de adecuación al lugar, a las personas y al propósito**, hay que tener en cuenta los objetivos más amplios. Ya he mencionado que nuestro socio financiador está interesado no solo en apoyar los medios de vida, sino también en la conservación de la biodiversidad. Si solo nos hubiéramos dedicado a establecer sistemas como el sistema simple de cacao de Ignacio, creo que no hubiéramos alcanzado esos objetivos. Lo que hemos hecho aquí es diversificar la estructura del paisaje, así como aumentar su conectividad con los fragmentos remanentes de bosque. El sistema simple de cacao no sería suficiente, pero cuando se combina con agrobosques, sistemas complejos de cacao y otras acciones (como los árboles que hemos ayudado a plantar en las riberas y en los linderos), lo que se logra es un paisaje mucho más irregular, con muchos nichos diferentes para la vida silvestre. Es algo que se aleja bastante de la antigua combinación de pastizales degradados y remanentes de bosque.



Está bastante claro que el **principio de sinergia** es lo que rige a estos sistemas. Por ejemplo, en el sistema de Ignacio, el cacao y la inga proporcionan sombra lateral a los árboles jóvenes de caoba. Eso reduce la incidencia y la gravedad del barrenador de la caoba. Por eso, casi todas las caobas de Ignacio tienen un solo tallo recto.

Luego, mira el sistema de Julio. Lo hemos puesto en marcha con fertilizantes orgánicos —estiércol, fosforita—, pero ahora se trata de un sistema cerrado en el que lo único que crece son las semillas de cacao. Julio composta la pulpa y las mazorcas, y estas vuelven a la parcela como fertilizante. El suelo está húmedo, incluso en la estación seca, gracias a los árboles y la materia orgánica. Julio es como un gestor de sinergias, que ayuda a canalizar la luz y los nutrientes allí donde se necesitan. También podemos hablar de cómo las especies fertilizadoras de Rafaela literalmente prepararon el terreno para lo que tiene ahora.

Pero es más que eso, porque nuestra intervención fue diseñada para tener un efecto mayor que la suma de sus partes. Las distintas intervenciones se complementan y aportan a la biodiversidad. Además, el valor de la biodiversidad ayuda a estabilizar la demanda de granos de cacao, gracias a las distintas certificaciones que tenemos. Una de las hermanas de Julio está pensando en abrir un albergue turístico para que la gente que vaya al parque nacional pueda aprender también cómo la agroforestería y los árboles en las fincas pueden ayudar a los esfuerzos de conservación. Así pues, tenemos sinergias de distintos tipos y a distintos niveles: agroecológicas a nivel de las parcelas y ecológicas a nivel del paisaje... e incluso sinergias económicas”.





Restauración de bosques mediante la “forestación de bosques tropicales”

Sistema agroforestal ejemplificado:
sistema multiestrato secuencial complejo

Necesidades de los agricultores y respuesta

Históricamente, el manejo de los —una vez— magníficos bosques de dipterocarpáceas ubicados cerca de la comunidad de La Pacífica, en la provincia de Leyte (Filipinas), no había tenido buenos resultados para la comunidad. Un anciano de la aldea explica lo sucedido: “Cuando era joven, la tierra estaba cubierta de bosques. Luego, llegaron empresas madereras y dejaron la tierra baldía. Quedaron unos cuantos árboles de poco valor, pero todas las zonas altas estaban cubiertas por pasto cogón¹⁴. Lo que dejaron fue un páramo, a pesar de todas las promesas que hicieron. Queríamos recuperar el bosque, pero nadie sabía cómo”.

¹⁴ *Imperata cylindrica*, un pasto sumamente invasor, nativo de zonas tropicales y subtropicales de todo el mundo (excepto en América).

Inicialmente, los habitantes de la aldea se mostraron escépticos cuando Ángel, un agrónomo que trabaja con la municipalidad, los visitó para hablarles de lo que él denominaba “forestación de bosques tropicales”. Ángel comenta: “La gente tenía razón en mostrarse desconfiada, pero me escucharon. Les dije que contábamos con el apoyo técnico de un centro de investigación internacional y de una ONG local llamada ReForesta, e invité a un grupo para que fuera a ver el trabajo que han realizado en otro de los municipios asociados”.

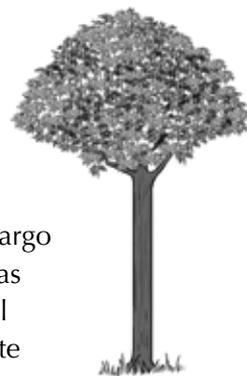
Gabriela, una líder de la comunidad, añade: “Cuando hicimos esa visita, hablamos con otros habitantes de las aldeas y pudimos ver que este tipo de forestación nos interesaba. Eso fue hace diez años y ahora se pueden ver los resultados. Durante este tiempo hemos utilizado la agroforestería para recuperar el bosque. Tenemos 50 hectáreas en total, y el tiempo y la energía que hemos invertido están dando sus frutos. Además, el vivero comunitario gana dinero con la venta de plántones”.



Cómo se utilizaron y aplicaron los principios de diseño

Los habitantes de la zona tienen mucha experiencia en el cultivo del abacá¹⁵, y se alegraron cuando los agrónomos de ReForesta les dijeron que dicho cultivo funcionaría bien como parte del sistema de forestación de bosques tropicales. Ángel explica: “Algunas dipterocarpáceas crecen mejor bajo una sombra ligera. Así es como se ha cultivado tradicionalmente el abacá. Cuando explicamos qué es la forestación de bosques tropicales en el taller de diseño agroforestal, de inmediato las personas sugirieron que el abacá podía proporcionar parte de la sombra que necesitan las dipterocarpáceas. También utilizamos algunos árboles nativos y de crecimiento rápido que fijan el nitrógeno, en especial agoho y narra¹⁶. Empezamos con algunos cultivos básicos. Los cereales pueden utilizarse el primer año, pero además plantamos algunos tubérculos que tienen mayor tolerancia a la sombra. Las aldeas eligieron la batata y el taro, así como algo de piña, que obviamente no es un cultivo de raíz, pero que prospera con el tipo de sombra que tiene el sistema durante los dos primeros años. También plantamos el abacá desde el principio.

Al finalizar el primer año los habitantes de las aldeas empezaron a cosechar los cultivos de raíz y a sustituirlos por cultivos de sombra. Eligieron el jengibre como cultivo comercial, con algo de café de la variedad robusta para su propio uso. Al final del segundo año se cosecharon todos los cultivos de raíz y la piña, y colocamos los plantones de dipterocarpáceas. También raleamos los árboles de agoho y narra para reducir la competencia con todos los demás componentes. Más adelante, hicimos un segundo raleo; en esta ocasión raleamos algunas de las dipterocarpáceas. Eso también permite que haya luz suficiente para una producción continua de abacá, o incluso para introducir un poco de cacao en el sistema. A largo plazo, los habitantes de las aldeas podrán cosechar selectivamente las dipterocarpáceas ya que tienen derechos de tenencia plenos sobre el bosque y sus productos. Pero creo que, por el momento, simplemente están contentos de que el bosque esté regresando”.



¹⁵ *Musa textilis*, una especie de plátano originaria de Filipinas que se cultiva por su fibra.

¹⁶ *Casuarina equisetifolia* y *Pterocarpus* spp.

Gabriela, una de las líderes de la comunidad, también tuvo la idea de instalar un vivero comunitario. Comenta: “Por supuesto, el vivero no es un sistema agroforestal —eso lo tenemos claro—, pero es una parte importante de **nuestro** sistema. Recolectamos semillas de todas las especies locales, así como lo que llamamos plantones silvestres: plantones solitarios que acogemos y cuidamos hasta que se encuentran en buenas condiciones para ser plantados. En ocasiones esta es la mejor manera de conseguir plantas de las especies más valiosas, ya que muchas de ellas solo producen semillas una vez cada varios años. ¡Y no podemos esperar tanto!



Recibimos capacitación de ReForesta sobre el funcionamiento de los viveros, así que estamos muy al tanto de temas como la calidad de las raíces, el índice de robustez y las micorrizas. Aquí somos expertos. No vendemos las plantas sino que el municipio nos paga, a nosotros y a otros viveros comunitarios y privados, para que las produzcamos y luego las entrega a los proyectos. Es una situación en la que todos salen ganando, un poco como ocurre con los árboles y las micorrizas”.

Manolo, ingeniero agroforestal líder de ReForesta, retoma la historia: “La idea de la forestación de bosques tropicales surgió de una asociación entre la Universidad Estatal de Visayas y la Cooperación Técnica Alemana, y ha demostrado ser sumamente exitosa¹⁷. Sin embargo, no funcionará sobre el terreno a menos que lo que hagamos esté centrado en el agricultor. Les explicamos que parte de nuestro interés es restaurar el bosque de dipterocarpaceas, pero que hay que hacerlo de una manera que los beneficie desde el principio. Independientemente de los desafíos globales que uno pueda tener en mente, todo tiene que estar **centrado en el agricultor**. De hecho, ese es uno de los beneficios de un sistema secuencial, si se realiza correctamente. No hay vacíos, en ningún momento se agotan los ingresos para el productor. Aquí se cosechan cereales y tubérculos, luego es el turno del abacá y el jengibre. Creo que Ángel no mencionó que la mayoría de los habitantes de las aldeas también plantan otras especies de frutales, ya sea al mismo tiempo que los árboles de narra, o cuando llega el turno de las dipterocarpaceas. Aquí siempre habrá algo que cosechar. Me alegré mucho cuando los habitantes de las aldeas me sugirieron el abacá, ya que es una especie muy ahorradora, perfecta para la agroforestería. La fibra que se extrae de la planta representa apenas el 2 % de la biomasa total; el resto se queda en el sistema en forma de mantillo. Es una **sinergia** en acción: el abacá requiere de la sombra que le dan los árboles de narra y agoho y también del nitrógeno que fijan... pero todo vuelve a ellos y a los demás componentes”.

¹⁷ Para más información, véase Rainforest Information Portal. 2010. Manila: Rain Forest Restoration Initiative. Consultado el 2 de junio de 2022. <http://www.rainforestation.ph/index.html>.



Cuando las cosas no van bien

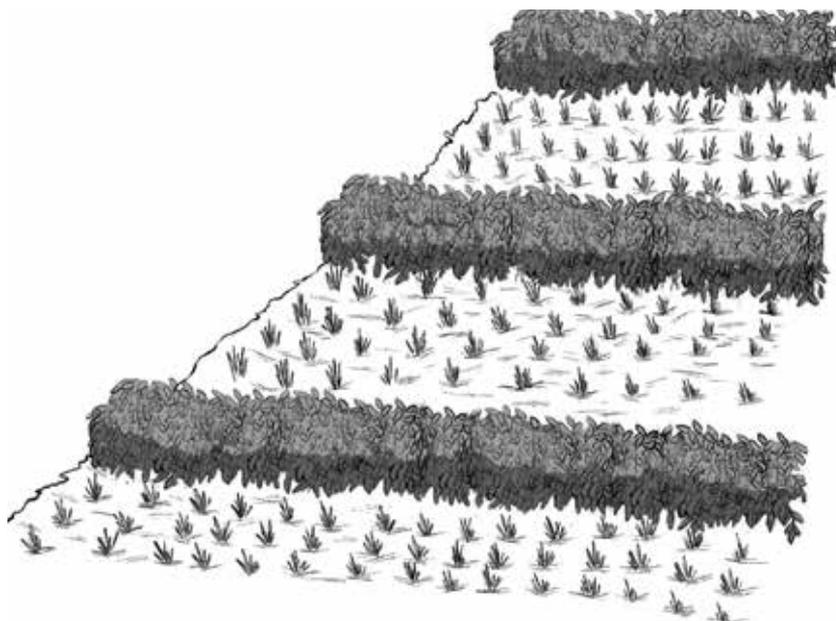
Necesidades de los agricultores y respuesta

Los habitantes de la comunidad keniana que describimos en la primera historia se han convertido en entusiastas de la agroforestería, pero esto no siempre fue así. Mary lo explica: “Como dije antes, algunas personas han tenido malas experiencias con la agroforestería. Eso fue hace mucho tiempo, cuando yo era aún pequeña. Pero como dicen: ‘Una vez mordido, dos veces precavido’. Incluso quienes no han sido mordidos pueden mostrarse precavidos frente al perro”.

La extensionista Rose continúa con la historia: “Después de que Mary me contó lo que pudo recordar, traté de averiguar qué había ocurrido. Una amiga que trabaja para la organización que dirigió ese proyecto agroforestal encontró algunos informes antiguos y habló con algunos de los participantes. En los informes encontré los nombres de algunos participantes que todavía viven aquí en la aldea. En el informe final hay incluso una hermosa foto de Mary cuando era pequeña, junto a uno de los árboles de eucalipto que plantaron. Se la ve muy feliz”.

“Creo que acababan de darme un mango muy grande”, dice Mary, riendo.

“Dejen que les cuente lo que ocurrió”, dice Rose. “Plantaron árboles en dos lugares diferentes, lo mismo que hicimos con TreesFP: en la parte baja, cerca de las casas, como donde Mary tiene sus árboles frutales, y en los pastizales, como donde Judith solía tener sus vacas. Pero ahí terminan las similitudes...”



Sabían que a la gente le faltaba forraje para el ganado y madera, así que en todos los límites de las fincas plantaron setos con especies que pueden alimentar al ganado, como caliandra, gliricidia y leucaena, junto con árboles maderables como la teca y el pino cada 6 metros. Si se fijan, aún se pueden ver algunos de los árboles de teca. Pero a la gente no le gustaban los setos, porque había que podarlos continuamente y, al estar extendidos, tomaba demasiado tiempo recoger las hojas para el forraje. Luego estaba el tema de los ratones...”.

“Aún recuerdo escuchar sus chillidos mientras recorría nuestro seto”, interrumpe Mary.

“... Si lees el informe”, continúa Rose, “explica cómo al final tuvieron que recomendar no sembrar semillas de maíz demasiado cerca de los setos, porque corrían el riesgo de que los ratones se lo comieran todo. Una vez terminado el proyecto, todos arrancaron los setos. Los árboles maderables se han ido cortando uno a uno a lo largo de los años. Han sido bastante útiles, pero nadie ha plantado árboles nuevos.

También probaron el cultivo en callejones. Sabían que aquí los suelos son bastante pobres y que la mayoría de las personas no pueden pagar por

fertilizantes, así que pensaron que esa era la solución. Trajeron a algunos trabajadores para que plantaran hileras de gliricidias en algunos de los campos. Estas supuestamente se encargarían de extraer los nutrientes de la tierra. Había cuatro metros de distancia entre las hileras, y la gente plantó maíz en los callejones. Cada tres meses debían podar los árboles y dejar que el follaje se descompusiera, como un fertilizante ecológico. Pero el maíz no crecía con mayor rapidez y los árboles ocupaban un espacio que antes se utilizaba para los cultivos. El informe no indica lo que sucedió al final, pero todos dicen que en la mayoría de los casos tuvieron que envenenar los árboles para deshacerse de ellos.

Luego, dijeron que era importante que el ganado tuviera algo de sombra en los pastizales de las colinas, y que los árboles también podrían ayudar a evitar que el pasto se secase mucho en la estación seca. Así que plantaron algunos árboles —creo que los trajeron de Sudamérica— que después tuvieron que proteger con pequeñas empalizadas hasta que crecieran lo suficiente para que el ganado no pudiera alcanzar las hojas. Para ser honestos, los árboles eran de crecimiento rápido, y luego de una sola temporada ya medían casi dos metros de altura. Entonces dijeron que se podía retirar las empalizadas y dejar entrar al ganado. Creo que todo el mundo sabía lo que iba a suceder. Las vacas no podían alcanzar las hojas, pero les gustaba rascarse contra los troncos de los árboles, y pronto tumbaron la mayoría de ellos y quebraron sus tallos”.



Cómo se aplicaron incorrectamente o se ignoraron los principios: qué salió mal

“Creo que puedo responder rápidamente esa pregunta”, dice Rose. “El informe habla mucho sobre métodos participativos. Pero creo que pensaron que la participación consistía solo en hacer preguntas a la gente. Además, al revisar algunas de sus tablas de resultados, se puede ver que la mayoría de las personas con las que hablaron eran hombres. Creo que las mujeres les habrían dado otra perspectiva. Así que no fue un proceso realmente **centrado en el agricultor**, porque, o bien no hablaron con los verdaderos agricultores, o bien no les prestaron atención. En cuanto al **principio de adecuación**, como pueden ver, este lugar es bastante seco y, como he dicho, los suelos son pobres. Eso significa que aquí no podemos tener árboles que utilicen los nutrientes y el agua que requieren los cultivos. Las soluciones que funcionan en otros lugares no funcionarán aquí. ¿Recuerdan la foto que mencioné de Mary con el eucalipto? Pues bien, ese árbol sigue ahí. Es porque alguien lo plantó en un lugar muy seco y rocoso que no sirve para nada más. Casi todos los demás han desaparecido.

En cuanto a la **sinergia**, estos sistemas eran sinérgicos en teoría, pero en la práctica los distintos componentes no estaban conectados, salvo de manera negativa. Los setos competían con el maíz y servían de hábitat a los ratones, las gliricidias solo ocupaban espacio y los árboles de los pastizales fueron una pérdida de tiempo”.

Rose sonrío. “Así que no, no se cumplió con ninguno de los tres principios. Somos afortunados: hemos tenido la oportunidad de aprender de estos errores”.

Nombres científicos de especies y géneros

abacá: *Musa textilis*

acacia: *Acacia* spp. en especial *A. mangium*

caoba africana: *Khaya* spp.

agoho: *Casuarina equisetifolia*

achiote: *Bixa orellana*

arrurruz: *Maranta arundinacea*

aguacate o palta: *Persea americana*

plátano o banano: *Musa x paradisiaca* spp.

frijol: *Phaseolus* spp., en especial *P. vulgaris*

beterraga o remolacha: *Beta vulgaris*

pimienta negra: *Piper nigrum*

cacao: *Theobroma cacao*

caliandra: *Calliandra calothyrsus*

yuca o mandioca: *Manihot esculenta*

casuarina: *Casuarina* spp.

centrosema o centro: *Centrosema* spp.

acelga: *Beta vulgaris*

ají o chile: *Capsicum* spp.

durián: *Durio* spp.

bucare ceibo: *Erythrina poeppigina*

eucalipto: *Eucalyptus* spp. y *Corymbia* spp.

falcata (albizia de las Molucas): *Falcataria falcata*

jengibre: *Zingiber officinale*

gliricidia: *Gliricidia sepium*

imperata: *Imperata* spp.

inga: *Inga* spp., en especial *I. edulis*

laurel: *Cordia alliodora*

lanzón: *Lansium domesticum*

peladera o guaje: *Leucaena leucocephala*

mango: *Mangifera indica*

girasol mexicano: *Tithonia diversifolia*

musizi: *Maesopsis eminii*

pasto de Napier: *Pennisetum purpureum*

narra: *Pterocarpus indicus*

pasto panicum: *Panicum* spp.

guandú: *Cajanus cajan*

pino: *Pinus*

stylo: *Stylosanthes* spp.

caña de azúcar: *Saccharum officinarum*

taperebá o jobo: *Spondias mombin*

taro: *Colocasia esculenta*

té: *Camellia sinensis*

teca: *Tectona grandis*

cúrcuma: *Curcuma longa*

vainilla: *Vanilla planifolia*

pasto vetiver: *Chrysopogon zizanioides*

ñame: *Dioscorea* spp.

Glosario

El glosario incluye únicamente los términos no definidos en el texto principal.

Agrobiodiversidad: diversidad biológica en las fincas, incluyendo las especies y variedades de plantas domesticadas y el ganado, pero sin limitarse a ellas.

Servicios agroecológicos: contribuciones positivas de un componente de un sistema agroforestal (u otro tipo de agroecosistema) al crecimiento, la productividad o la sostenibilidad de otros componentes (por ejemplo, sombra, fijación de nitrógeno).

Intervención (agroforestal): cualquier acción o conjunto de acciones destinadas a promover o mejorar la práctica de la agroforestería.

Cultivo en callejones: práctica agroforestal en la que los cultivos se realizan en “callejones” entre las hileras de árboles. Los árboles se cortan regularmente (manejando los retoños del tronco) para producir un mantillo rico en nutrientes.

Biomasa: materia vegetal o animal, incluida la materia muerta y en descomposición.

Adaptación al cambio climático: en el contexto agroforestal, se refiere a las acciones que se toman para que las familias de agricultores puedan afrontar mejor los efectos del cambio climático.

Mitigación del cambio climático: acciones que se toman para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero actuales o futuras, o para reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero existentes.

Agricultura climáticamente inteligente: agricultura adaptada al cambio climático o que contribuye a mitigarlo.

Domesticación: procesos mediante los cuales los agricultores o los científicos cambian las características genéticas de plantas y animales silvestres para que sean más útiles para la agricultura.

Servicios ecosistémicos: los beneficios que los activos ambientales, como la tierra, el agua, la vegetación y la atmósfera, proporcionan a las personas, en especial en forma de bienes y servicios esenciales (por ejemplo, aire limpio, agua y alimentos).

Entorno propicio: factores, distintos de las prácticas agroforestales y el entorno natural, que decretan si una determinada intervención agroforestal tiene probabilidades de ser viable o exitosa: por ejemplo, políticas gubernamentales, disponibilidad de crédito o la calidad de los servicios de extensión. Los entornos propicios pueden ser favorables o desfavorables.

Especies emblemáticas: la especie principal (una o más) de un sistema agroforestal: es decir, la especie de cultivo, de ganado o de árbol que el agricultor considera el componente más importante.

Especies asociadas: especies (por lo general árboles u otras plantas) incluidas en un sistema agroforestal principalmente por los servicios agroecológicos que proporcionan al sistema y a las especies emblemáticas.

Conectividad del hábitat: en qué medida los animales, el polen y las semillas pueden moverse entre grandes bloques de hábitats, en especial por medio de “puentes” (por ejemplo, corredores ribereños) o “peldaños” (por ejemplo, grupos de árboles dispersos o árboles individuales) de hábitats más pequeños.

Especie clave: especie que desempeña un papel ecológico muy importante debido a la dependencia que tienen otras especies de ella.

Paisaje: una superficie considerable de tierra (del orden de decenas a cientos de kilómetros cuadrados) en la que interactúan los seres humanos y los ecosistemas naturales. Estas interacciones a menudo impulsan cambios en la cobertura del suelo, el uso de la tierra, los medios de vida y la demografía.

Microsimbionte: microorganismo que forma una relación mutuamente beneficiosa con otro organismo.

Variedad moderna: variedades relativamente recientes de cultivos básicos, en especial las variedades enanas asociadas con los aumentos de rendimiento de la “Revolución Verde”.

Monocultivo: campo de cultivo, huerto o plantación forestal compuesto por una sola especie.

Mantillo: material utilizado para cubrir el suelo con el fin de controlar el crecimiento de malas hierbas y mantener la humedad del suelo. En agroforestería, el término se refiere en especial a las hojas y ramas muertas, aunque también pueden utilizarse otros materiales orgánicos e inorgánicos.

Sistema multiestrato: sistema agroforestal con capas diferenciadas (estratos) formadas por las copas de los árboles y los componentes del sotobosque.

Materia orgánica: materia animal y vegetal (principalmente muerta o en descomposición) presente en el suelo.

Fotosíntesis: proceso por el cual las plantas utilizan la energía de la luz solar para producir carbohidratos.

Duración de la rotación: en forestería, el número de años entre la regeneración y la cosecha final de un grupo de árboles.

Sistema secuencial: véase sistema sucesional.

Sistema sucesional: un sistema agroforestal, normalmente multiestrato, que cambia de manera planificada a lo largo del tiempo a medida que los componentes llegan al final de su ciclo de vida u otros componentes empiezan a hacerles sombra.

Paquete tecnológico: conjunto predeterminado y estándar de prácticas de cultivo para una determinada especie o producto, en particular si los agricultores están obligados a seguirlo como condición para recibir créditos, subvenciones o apoyo técnico.

Variedades tradicionales: variedades de cultivos y árboles, genéticamente diferentes de sus parientes silvestres, que han sido desarrolladas por agricultores durante largos periodos de tiempo y que se adaptan bien a las condiciones y prácticas agrícolas locales.

Taungya: la práctica de cultivar productos básicos en plantaciones madereras jóvenes, normalmente como un medio para establecer una plantación.

AGROFORESTERÍA: UNA GUÍA

La agricultura convencional es muy productiva, pero la alta productividad tiene un costo: suelos agotados o erosionados, cursos de agua contaminados o en proceso de secarse y un sistema alimentario que genera entre el 20 % y el 40 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Muchos están de acuerdo en que necesitamos transformar urgentemente el sistema alimentario, incluyendo la agricultura. La agroforestería, como un enfoque basado en la naturaleza para la producción y el uso de la tierra, cumplirá un papel importante en esta transformación. La agroforestería no es algo nuevo; los agricultores la practican desde hace miles de años, y desde la década de 1970 es reconocida por los científicos como una forma productiva y ecológicamente sostenible de agricultura y uso de la tierra. Hoy la agroforestería se encuentra repentinamente en el centro de atención; es promovida como una estrategia de uso de la tierra que contribuye a la mitigación y adaptación al cambio climático, la conservación de la biodiversidad, la agricultura



sostenible y otros objetivos. Muchas organizaciones recomiendan o utilizan la agroforestería como una herramienta para la restauración de los ecosistemas, no solo agrícolas sino también los paisajes forestales.

Aunque no es una panacea, tiene un gran potencial para contribuir a todos los objetivos antes mencionados. Sin embargo, la agroforestería no consiste simplemente en agregar árboles a las fincas. Para aprovechar su potencial, los profesionales deben comprender sus principios. *Agroforestería: una guía* contiene los principios y conceptos de la agroforestería, y cómo utilizarlos de manera eficaz.



Editores: Anja Gassner y Philip Dobie

Prólogo de Dennis Garrity

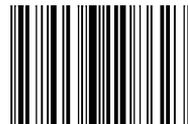
Autores: Marlito Bande, Brian Chiputwa, Richard Coe, Jonathan P. Cornelius, Philip Dobie, Anja Gassner, Rhett D. Harrison, Hanna J. Ihli, Clement A. Okia, Andrew Miccolis, J. David Neidel, Stepha McMullin, Agustin Mercado, Athanase Mukuralinda, Caroline Pinon, Eduardo Somarriba, Peter Thorne y Etti M. Winter.



Federal Ministry
for the Environment, Na
and Nuclear Safety



ISBN 978-9-96-610862-3



9 789966 108623