


GUÍA



Diseño (y rediseño) y manejo de sistemas agroforestales de café



Diseño (y rediseño) y manejo de sistemas agroforestales de café

Jorge Ramírez Rojas
Rolando Cerda

Santo Domingo, República Dominicana. Octubre 2021

Este material fue elaborado en el marco del proyecto 106286 “*Conservación Efectiva de Bienes y Servicios Ecosistémicos en Paisajes Productivos de Montaña Amenazados*” y realizado por el Gobierno de la República Dominicana, representado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés) y financiamiento otorgado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, por sus siglas en inglés).

Las opiniones expresadas en esta publicación son de las de sus respectivos autores y autoras, y no representan necesariamente las posiciones de las Naciones Unidas, incluyendo el PNUD, y las de los Estados Miembros de la ONU.

Para citar documento:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DISEÑO (Y REDISEÑO) Y MANEJO DE SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ”, Proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos, Santo Domingo RD*

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de esta publicación siempre y cuando sea citada la fuente.

© Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés)

Créditos

Instituciones:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Orlando Jorge Mera, Ministro

Federico Franco, Viceministro de Áreas Protegidas y Biodiversidad

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD

Coordinación del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos:

Evaydee Pérez Sarraff, Coordinadora Nacional

Coordinación de la consultoría
Oscar Valenzuela, especialista en medios de vida

Entidad consultora:

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Equipo de trabajo

Coordinador: Rolando Cerda

Autores: Jorge Ramírez Rojas, Rolando Cerda

Coordinadora operativa: Chelsia Moraes

Textos: Jorge Ramírez Rojas, Rolando Cerda

Fotografías: Jorge Ramírez Rojas

Revisión técnica:

Oscar Valenzuela, proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos

Jorge Soto, coordinador local del proyecto en San Jose de Ocoa

Carlos Rijo, INDOCAFE

Héctor Jimenez, INDOCAFE

Luz Mañan, INDOCAFE

Producción gráfica:

Diagramación: Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

Avenida Cayetano Germosén esq. Avenida Gregorio Luperón
Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana
Tel.: (809) 567-4300 ext. 7388
Correo electrónico: contacto.bpp@gmail.com

Introducción	6
Tipos de sistemas agroforestales con café	7
1. Sombrío diverso tradicional.....	7
2. Sombrío simple tecnificado.....	8
3. Sombrío diverso tecnificado.....	8
Importancia de la biodiversidad para la provisión de servicios ecosistémicos	9
Biodiversidad.....	9
Provisión de servicios ecosistémicos.....	9
Diseño de sistemas agroforestales nuevos	10
Diseños para el cultivo de café.....	11
Diseños para los árboles de sombra.....	11
Análisis, diseño y rediseño de sistemas agroforestales	12
Diagnóstico del sistema agroforestal (SAF).....	12
Diagnóstico socioeconómico (de los objetivos y recursos de la familia).....	12
Diagnóstico del sitio (suelo, altitud, topografía, clima).....	13
Diagnóstico agroforestal (sombra, especies y fenología).....	13
Elaboración de propuestas para el diseño o rediseño del SAF.....	14
Elaboración de las propuestas.....	14
Consideraciones para elaborar la propuesta.....	14
Evaluación de la adoptabilidad de la propuesta con el productor.....	16
Uso del software shademotion para toma de decisiones en el diseño y rediseño	17
Regulación de sombra de los árboles acompañantes	19
Distribución de la sombra.....	19
Porcentaje de sombrío adecuado para el cultivo.....	19
Manejo de sombra regulada.....	19
Inicio de regulación de la sombra.....	19
Tipos de manejo.....	20
Épocas para manejo.....	20
Bibliografía	21
ANEXOS	22
Formulario 1. Diagnóstico socioeconómico.....	22
Formulario 2. Croquis de diagnóstico.....	23
Formulario 3. Diagnóstico de sitio.....	24
Formulario 4. Diagnóstico agroforestal.....	25
Formulario 5. Propuesta para el diseño y rediseño.....	26
Formulario 6. Evaluación de la adoptabilidad de la propuesta.....	27

Introducción

Un sistema agroforestal con café es un conjunto de prácticas de manejo del cultivo, donde se combinan especies arbóreas asociadas con el café, cuyo objetivo es el manejo y la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción para garantizar la sostenibilidad de la actividad cafetalera.

El sistema agroforestal también favorece el aumento de la biodiversidad, mejora la fertilidad del suelo, genera un microclima más ameno para el cultivo y reduce el comportamiento de bienalidad productiva del cafeto.

En esta guía brindamos los elementos, metodologías y herramientas necesarias para diseñar o rediseñar cafetales que fomenten la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos en beneficio de la familia, comunidad y paisaje.





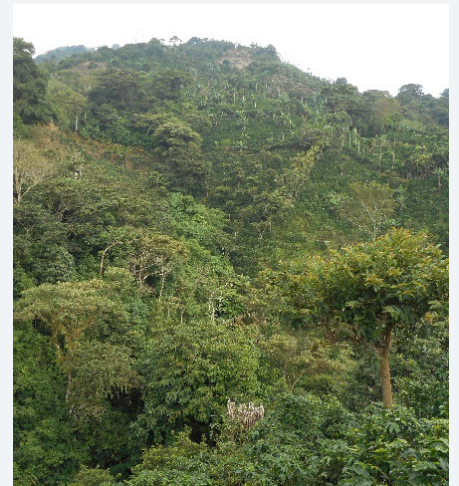
Tipos de sistemas agroforestales con café

Son muy diversas las formas y el manejo de los cafetales con sombra que se pueden observar en las regiones cafetaleras y difícilmente se podrá encontrar que algunos de estos sean similares entre sí. Esta realidad dificulta la posibilidad de poder agrupar los sistemas de cultivo con sombra de una manera convencional y excluyente.

Por eso de manera general se propone dividir estos sistemas en tres tipos principales:

1. Sombrío diverso tradicional

Son sistemas que presentan una estructura diversa que se identifica con el tipo de caficultura tradicional, con manejo que se caracteriza porque el café se asocia con muchas especies de sombra que forman varios estratos con poca alteración de la vegetación presente, lo que da como resultado una alta diversidad de especies en comparación con otros sistemas.



Debido a esta variedad de árboles, muchos animales como las aves obtienen su alimento del dosel arbóreo, por la gran disponibilidad de recursos que se producen durante la mayor parte del año.

2. Sombrío simple tecnificado

Estos sistemas se caracterizan porque el componente arbóreo está compuesto de una o máximo dos especies, establecidas en arreglos espaciales sistemáticos y bien definidos tanto para la especie de sombra, como para el café.

Si el sistema está compuesto de una sola especie de sombra la disposición o estratificación es simple y se encuentra formando una sola capa de árboles. Por ejemplo, café con sombrío solamente de guaba o guama (*Inga edulis*).

La estructura del componente arbóreo en este sistema de cultivo establecida en arreglos espaciales sistemáticos y/o definidos tanto para la especie de sombra, como para el café, lo cual le confiere la denominación de cultivo tecnificado bajo sombrío.

En este caso el objetivo es mantener un nivel óptimo de sombra para el café, donde por lo general se manejan solamente árboles de servicio (sin vocación comercial) que responden muy bien a las prácticas de manejo de podas y formación.



3. Sombrío diverso tecnificado

Se establecen diferentes especies de árboles, por lo general más de 10, donde se procura implementar el manejo de sombra bajo el concepto de caficultura sostenible, pero sin limitar demasiado la intensidad de la actividad fisiológica de los cafetos que es la que garantiza una buena productividad.

En estos sistemas de cultivo el sombrío se establece sistemáticamente con arreglos espaciales definidos, en la búsqueda de un nivel de sombra óptimo para el café.

Es importante la incorporación de árboles que presenten diferentes características en cuanto a los hábitos de crecimiento, lo que favorece una buena aireación de la plantación, facilidad para la penetración del viento en las partes bajas del cafetal y la circulación del aire entre las plantas.



Importancia de la biodiversidad para la provisión de servicios ecosistémicos

Biodiversidad

La biodiversidad es la que refleja la cantidad, la variedad y la variabilidad de los organismos vivos sin importar su origen. La biodiversidad se constituye a partir de tres elementos: la diversidad genética dentro de las especies, la diversidad entre las especies, y la diversidad de ecosistemas.

El agroecosistema cafetalero con sombra es un elemento para mantener la biodiversidad alta por la complejidad florística y estructural de los árboles de sombra, la cual se debe a varios estratos vegetativos en el ecosistema y ofrece diversidad de nichos y sitios para una serie de organismos, el dosel afecta el microclima por la protección del impacto de la lluvia y el viento, además de producir hojarasca.

Provisión de servicios ecosistémicos

El manejo de árboles de sombra en un sistema de producción se considera una práctica de adaptación basada en ecosistemas capaz de proveer múltiples servicios ecosistémicos. Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas y se dividen en cuatro clases según su beneficio y funcionalidad:

Servicios de provisión: Se refieren a bienes proporcionados por los ecosistemas como agua, alimentos, recursos genéticos, fibras y medicinas naturales.

Servicios de regulación: Son los obtenidos a partir del balance de los procesos ecosistémicos como la calidad del aire, regulación y purificación del agua, regulación del clima, control de erosión y deslizamientos, control biológico, mitigación de riesgos y regulación de enfermedades humanas.

Servicios culturales: Se refieren a beneficios no materiales, que enriquecen la calidad de vida, como la diversidad cultural, los valores religiosos y espirituales, inspiración, valores estéticos, descubrimiento científico, valores de patrimonio cultural, recreación y ecoturismo.

Servicios de soporte: Son necesarios para producir los anteriores servicios, lo cual incluye la formación de suelo, producción de oxígeno, producción primaria, provisión de hábitat, polinización, retención de suelos y ciclo de nutrientes.

Aunque los sistemas agroforestales son capaces de proporcionar servicios de los cuatro tipos, el efecto de mayor provecho conocido de los árboles en cafetales, está relacionado con los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y regulación que se indican a continuación:

1. Reducción de la bienalidad productiva de los cafetos a través de la regulación de la carga fructífera. En zonas cafetaleras con alguna restricción de clima y/o suelos para el cultivo, la producción en sistemas de café con sombra puede ser similar o inclusive superior al cultivo a plena exposición solar.
2. Aumento de los nichos, a través de la incorporación de árboles de sombra: al aumentar las especies arbóreas y hacerse más compleja la estructu-

ra del dosel en el cafetal, se proveen nichos para que coexista un mayor número de individuos, incluyendo especies de aves.

3. Secuestro y almacenamiento de carbono, ya que los árboles representan una reserva de dióxido de carbono (CO₂) acumulada a lo largo de años de fotosíntesis. De esta forma el secuestro de carbono en sistemas agroforestales con café es más intenso que plantaciones en monocultivo.

4. Efecto de los árboles de sombra en la fertilidad del suelo por el aporte de nutrientes a partir de la hojarasca y los residuos de las podas. También el aporte de nitrógeno cuando se utilizan árboles fijadores.
5. Disminución de la erosión hídrica del suelo provocada por la precipitación, el dosel de sombra intercepta y disminuye el impacto de la intensidad de las lluvias y el escurrimiento superficial. Además, la sombra contribuye a disminuir la evaporación diaria del agua del suelo y por consiguiente a conservar la humedad.
6. Las poblaciones de malezas, particularmente gramíneas o zacates que resultan muy agresivas y competidoras para el cultivo, disminuyen en forma muy significativa y casi no se encuentran en el ambiente de cafetales bajo sombra.
7. Regulación del microclima en cuanto a la reducción de la velocidad del viento al interior de un sistema agroforestal.
8. Diminución de la incidencia de algunas enfermedades fungosas importantes como mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y antracnosis (*Colletotrichum sp*).
9. La conservación del agua a través de una mayor infiltración y reducción de la escorrentía superficial.
10. Aprovechamiento de productos agroforestales (frutas, madera, leña) a partir de las diferentes especies de frutales y maderables que conforman el sistema.

Diseño de sistemas agroforestales nuevos

El diseño de los sistemas agroforestales con café se inicia con la definición de los objetivos de producción. Debe hacerse un listado de los productos y servicios que se espera obtener de los árboles empleados como sombrío en el cafetal, por ejemplo: protección del cultivo, recuperación del suelo, aporte de materia orgánica, reciclaje de nutrientes, conservación de la humedad del suelo, control de la erosión y producción de cafés especiales, entre otros.

Para definir el diseño de los sistemas agroforestales se debe considerar primeramente las características de los suelos, condiciones climáticas, altitud, uso y manejo del suelo, y topografía, entre otros. Con base en el conocimiento de esas condiciones se tiene que definir el arreglo espacial de los componentes que se refiere a la ubicación física de los componentes en el lote.



Diseños para el cultivo de café

Hay que considerar las características de las variedades de café, si son de porte bajo, porte medio o porte alto para definir las distancias de siembra más adecuadas. Aquí de nuevo es importante considerar las características agroecológicas de la zona para determinar finalmente las distancias más apropiadas. Sin embargo, en general, se pueden recomendar los siguientes arreglos de siembra rectangular.

Variedades de porte bajo: Caturra, Catuaí, Pacamara, Obatá, Tupi, Parainema, Cuscatleco, Catiaguá, Paraíso, Costa Rica-95, Lempira, Oeiras. Las distancias de siembra recomendadas son: 2.0 m x 1.0 m o 2.5 m x 0.8 m, ambos arreglos de siembra establecen una densidad de 5,000 plantas/ha.

Variedades de porte medio: Híbridos F1 Centroamericano, Milenio y Esperanza. Las distancias de siembra recomendadas son: 2.2 m x 1.1 m (4,132 plantas/ha) o 2.4 m x 1.2 m (3,787 plantas/ha).

Variedades de porte alto: Típica, Bourbon, Maragogipe, Geisha. Las distancias de siembra recomendadas son: 3.0 m x 1.0 m (3,333 Plantas/ha.) o 2.5 m x 1.5 m (2,666 plantas/ha).



Diseños para los árboles de sombra

En sistemas agroforestales con maderables y árboles de servicio se puede utilizar distanciamientos en diseño cuadrangular donde un aspecto muy relevante tiene que ver con las características de las especies que se piensa establecer en cuanto a desarrollo de los árboles, ancho de la copa, densidad del follaje, si es o no caducifolio.

Debido a la diversidad de formas y arreglos que se pueden implementar para establecer los árboles, se debe definir una prioridad de criterio para su establecimiento donde se tome en cuenta principalmente la cobertura de sombrero que más conviene manejar de acuerdo con los objetivos del sistema agroforestal.

En general se puede indicar que los árboles se pueden establecer a distancias desde 8.0 m x 8.0 m (156 árboles/ha) hasta 12.0 m x 12.0 m (70 árboles/ha) dependiendo de las condiciones ya indicadas. Cuando en los sistemas se decide incorporar muáceas, estas se deben establecer a distancias no menores 6.0 m x 6.0 m (277 sitios de siembra/ha) para evitar el efecto de competencia con el cultivo.



Análisis, diseño y rediseño de sistemas agroforestales

Esta es una metodología que contiene los pasos necesarios para conducir un diagnóstico y posteriormente proponer un diseño o rediseño de un sistema agroforestal (SAF). Las secciones son:

1. Diagnóstico del sistema agroforestal (SAF)

- › Diagnóstico socioeconómico (de los objetivos y recursos de la familia)
- › Diagnóstico del sitio (suelo, altitud, topografía, clima)
- › Diagnóstico agroforestal (sombra, especies y fenología)

2. Elaboración de propuestas para el diseño o rediseño

- › Consideraciones para elaborar la propuesta
- › Los atributos que debe tener una propuesta de mejora para su adopción

3. Evaluación de la adopción de la propuesta con el productor

A continuación, se explica el contenido y cómo conducir cada sección en trabajos para diagnóstico y diseño de SAF. En anexos se provee los formularios necesarios

Diagnóstico del sistema agroforestal (SAF)

El diagnóstico del SAF debe obtener la información concreta y necesaria que sirva como base para luego proponer el diseño de un SAF nuevo o el rediseño de un SAF existente. Se debe hacer tres tipos de diagnóstico: socioeconómico, sitio y agroforestal.

Diagnóstico socioeconómico (de los objetivos y recursos de la familia)

Consiste principalmente en preguntar al productor (a) y a los miembros de su familia cuáles son sus objetivos en términos de qué productos y servicios quiere obtener del SAF, y de qué recursos dispone. Las preguntas guía para este diagnóstico son:

1. ¿Qué productos obtiene actualmente y qué productos le gustaría obtener del SAF? Indique además la prioridad

Pueden ser: café, cacao, banano, plátano, naranja, limón, aguacate, madera, leña, materiales de construcción, plantas medicinales, etc.

2. ¿Qué servicios le gustaría mejorar en el SAF? Indique además la prioridad

Pueden ser: mantenimiento de la humedad del suelo, mejoramiento de la fertilidad del suelo, reducir las pérdidas por plagas y enfermedades, conservar la

biodiversidad de la comunidad, secuestro de carbono para mitigar efectos del cambio climático

3. ¿Cuántas personas de la familia trabajan en su SAF y cuánto tiempo le dedican? y ¿Cuántas personas contrata o podría contratar al año para trabajar en el SAF?

Se debe anotar las respuestas concretas del número de personas que trabajan y del estimado del tiempo que dedican

4. ¿Cuánto dinero está dispuesto a invertir para mejorar el SAF?

Se deberá escoger una respuesta entre poco, moderado y mucho

5. ¿A cuál tipo de SAF pertenece su SAF?

Se mostrará unas figuras y el productor debe decir a cuál tipo pertenece y el técnico debe verificar

En una práctica, puede usar: FORMULARIO 1.

Diagnóstico del sitio (suelo, altitud, topografía, clima)

Consiste en hacer un recorrido general por el SAF, deseablemente con el productor, para, mediante observación, anotar las principales características del sitio y del clima. Durante el recorrido, vaya haciendo un dibujo de la forma del SAF y sus colindantes, lo cual servirá para el diagnóstico agroforestal

Las preguntas guía para este diagnóstico son:

1. ¿A qué altitud sobre el nivel del mar se encuentra el SAF?
 2. ¿Cuánto es el área de su SAF ya establecido o cuánto será el área del SAF nuevo?
- Anote el dato en tareas
3. ¿Cuántos años tiene el SAF?
 4. ¿Qué porcentaje del área está en plano, pendiente media y pendiente fuerte?

5. ¿Cuál es la orientación de la pendiente más fuerte con respecto al norte? Es decir ¿hacia dónde mira la pendiente?
6. ¿Cómo cataloga la fertilidad del suelo del SAF? Mala, regular, buena, muy buena
7. ¿Cómo es la capacidad del suelo para retener agua? Mala, regular, buena, muy buena
8. ¿Cuáles meses del año son nubosos/lluviosos, y cuáles meses son secos?
9. ¿Hay vientos fuertes que llegan al SAF y causan problemas? ¿En Cuáles meses del año?
10. ¿Hay una vegetación colindante grande en las orillas que da mucha o moderada sombra al SAF? Reflejarlo en el croquis del SAF

En una práctica usar el FORMULARIO 2 y FORMULARIO 3.

Diagnóstico agroforestal (sombra, especies y fenología)

Consiste en hacer un croquis del SAF a grandes rasgos, y registrar datos importantes de la cobertura de sombra, las especies de plantas/árboles que hay y productos/servicios que proveen y la fenología del cultivo en el lugar. Las actividades o preguntas guía para este diagnóstico son:

1. En el croquis del SAF (FORMULARIO 2), a grandes rasgos, indique cuáles son los lugares (parches) con mucha, moderada o poca sombra; parches con concentración de un tipo específico de árboles, lugares con pendientes; vegetación o usos de suelo colindantes al SAF; ríos, zanjas o senderos importantes que atraviesan el SAF
2. Identificar plantas/árboles por cada tipo de especie; agrupar la cantidad de árboles por especie que sean de tamaños similares; tomar datos estimados de altura total, ancho de copa y oclusión de un árbol por cada grupo que hizo; para cada especie anotar los productos/servicios que proveen. Aquí deberá aplicar la metodología de estimación visual de la oclusión.
3. ¿Qué variedades de café y en qué proporción se encuentran en el SAF? Preguntar al productor (a)
4. ¿Cuál es la distancia entre hileras y entre plantas que se usó para la siembra? Preguntar al productor (a) y verificar
5. ¿Qué porcentaje del SAF está en crecimiento, empezando producción o ya está en plena producción?
6. ¿En qué meses: se dan las floraciones, el desarrollo de los frutos, empieza la maduración?
7. ¿Cuáles son los meses cuando empieza la cosecha, pico de cosecha, y finales de cosecha?

En una práctica usar el FORMULARIO 4.

Elaboración de propuestas para el diseño o rediseño del SAF

Definición: una propuesta de mejora es un conjunto de intervenciones que se recomienda al productor y su familia para que mejoren los rendimientos de productos agroforestales y servicios que provee el SAF, según sus objetivos y recursos disponibles.

La propuesta debe ser detallada: la propuesta de mejora debe ser lo más detallada posible en sus recomendaciones técnicas; no se puede recomendar intervenciones que den lugar a interpretaciones ambiguas o que sean demasiado generales.

Por ejemplo, si la propuesta incluye un incremento de la producción de aguacates en el SAF, no pue-

de decir simplemente “se recomienda sembrar más árboles de aguacate”. Debe decir claramente cuántos árboles de aguacate debería sembrar, en qué lugares del SAF, a qué distancias de otros árboles, de dónde puede conseguir las semillas o plantas de aguacate, etc.

Elaboración de las propuestas

Las propuestas deben ser claras y lo más concretas posible. Para elaborarlas, deben basarse en los tres diagnósticos que se hicieron y en las sugerencias de los mismos técnicos, pero también deben tomar en cuenta las consideraciones y advertencias que se presentan a continuación.

En una práctica usar el FORMULARIO 5.

Consideraciones para elaborar la propuesta

Bienes y servicios, qué falta de lo que hay actualmente o cómo puede complementar, o qué nuevo servicio puede dar

Para sugerir nuevas especies o reemplazo de árboles en el dosel, se debe revisar lo que provee actualmente el SAF y lo que el productor quiere a futuro (objetivos en el diagnóstico socioeconómico, FORMULARIO 1).

Si hay un producto o un servicio que actualmente el SAF no provee, o lo provee en pocas cantidades, se le debe dar especial importancia de acuerdo con la prioridad del productor. Por tanto, las propuestas de mejoras deberán estar orientadas a cumplir los objetivos que el productor persigue.

Importancia de las dimensiones y rasgos funcionales de las especies para el dosel

Las dimensiones son básicamente la altura total, el ancho de copa y altura de la copa.

Entre los rasgos funcionales están la forma de la hoja, tamaño de la hoja y la oclusión de la copa.

Los técnicos, especialmente cuando van a sugerir plantar nuevas especies o reemplazar árboles, deben pensar en cómo será ese árbol nuevo cuando sea adulto para poder estimar el espacio que necesita. Es decir, pensar y definir a qué distancia entre árboles se podrían establecer, de tal forma que a futuro el árbol no se traslape con otros árboles.

También deben pensar en las alturas de un árbol y su oclusión. Por ejemplo, árboles bajos y con mucha oclusión de copa, podrían causar mucha sombra en la parcela. Árboles medianos o altos, y con oclusión media o baja, permitiría una sombra rala y mayor ventilación.

Los SAF con sombra diversificada incluyen varios tipos de árboles que ocupan diferentes estratos, usualmente los árboles maderables ocupan el estrato más alto (25 metros o más) y tienen copa estrecha y sombra rala.

Los árboles leguminosos que hacen aportes para mejorar la fertilidad del suelo al ser podados y por la fijación biológica del nitrógeno, usualmente tienen copa abierta y ocupan el estrato medio del SAF.

En los SAF, conviene usar una combinación de leguminosas con hojas que se descomponen a diferentes ritmos, esto favorece la cobertura del suelo que ayuda a conservar la humedad y la regulación de las malas hierbas.

El banano constituye una fuente de sombra de rápido crecimiento, en densidades adecuadas no afecta la producción del café, contribuye a generar ingresos y alimentos a la familia.

Los frutales tienen la copa densa y requieren mantener el tamaño bajo para facilitar la cosecha, usualmente se establecen en menor cantidad en los SAF. Puede tener interferencia con el cafeto, algunos agricultores prefieren plantarlos en los linderos o proximidades de las viviendas.

La decisión de cuantas plantas de cada especie de cada grupo (maderables, árboles leguminosos que

mejoran el suelo y frutales) dependerá de los objetivos del agricultor, las condiciones del sitio y el estado del SAF.

Orientaciones sobre la sombra, el arreglo horizontal (distancias entre árboles) y vertical a proponer

Las propuestas de mejoras deben buscar que haya sombra uniforme en toda la parcela. Es decir, que no haya lugares con mucha sombra y otros con poca sombra.

¿Qué porcentaje de cobertura de sombra se debe proponer para el SAF? Va a depender de los objetivos del productor:

10 a 30% de sombra: para SAF donde la prioridad es prácticamente solo café con rendimientos altos, y poco o nada de otros productos

30 a 50% de sombra: para SAF donde el café sigue siendo la prioridad, pero también se quiere una diversidad de productos y servicios. Es decir, sería adecuado si el productor está dispuesto a aceptar rendimientos medios de café porque tendrá más árboles y sombra que le den otros productos

Más de 50%: ya sería para un productor que no le preocupa tener buenos rendimientos y se conforma con lo que cosecha de café y de otros productos.

Los atributos que debe tener una propuesta de mejora para su adopción

Las propuestas de mejoras deben cumplir con cinco atributos: Superioridad, Compatibilidad (costos), Simplicidad, Factibilidad, Observabilidad. Se explican a continuación:

Superioridad: La propuesta como un todo debe ser notoriamente mejor que lo que tiene actualmente. Es decir, los beneficios y servicios proyectados para el productor y para su SAF deben ser superiores en cantidad y/o calidad a lo que el SAF provee actualmente.

Compatibilidad: Las intervenciones que involucra la propuesta son compatibles con el tipo de sistema de producción que tiene el productor, con sus recursos económicos y disponibilidad de mano de obra, y con sus objetivos.

Simplicidad: Las intervenciones deben ser fácil de implementar. Es decir, deben ser lo más prácticas y sencillas que se pueda, y que puedan implementarse con los conocimientos y habilidades del productor, reforzados con las orientaciones del técnico.

Factibilidad: la propuesta como un todo, con todas sus intervenciones, debe ser posible de implementar. Si una o más de las intervenciones sugeridas no es posible para el productor o muy difícil de hacerla, reduce la factibilidad de toda la propuesta.

Observabilidad: los resultados de la propuesta deben ser notorios en el corto plazo al menos en el aspecto de la plantación, y los resultados/productos tangibles se debe evidenciar también en el corto o mediano plazo.



Evaluación de la adoptabilidad de la propuesta con el productor

Esta evaluación consiste en dar calificaciones y pesos a cada uno de los atributos de la propuesta, hacer cálculos sencillos y al final obtener la probabilidad de adopción. Debe haber una evaluación hecha por el técnico (equipo técnico) y otra evaluación hecha por el productor y su familia (guiada por el técnico).

Es un ejercicio para evaluar cada atributo de la propuesta, considerando todas las intervenciones que se proponen.

Se debe seguir los siguientes pasos:

1. Dar una calificación de 1 a 5 a cada atributo de la propuesta. Donde 1 sería la calificación mínima y 5 sería la calificación máxima
2. Dar un peso a cada atributo entre 0 y 1. Esto se hace para definir la importancia que le da el técnico y el productor a cada atributo. No es lo mismo para todos.
3. Calcular el valor de la recomendación con la siguiente fórmula:

$$Vr = C_{SU} * P_{SU} + C_{CO} * P_{CO} + C_{SI} * P_{SI} + C_{FA} * P_{FA} + C_{OB} * P_{OB}$$

Donde Vr: valor de la recomendación; C: calificación (1-5); P: peso asignado a cada calificación (0-1); SU: superioridad; CO: compatibilidad; SI: simplicidad; FA: factibilidad; OB: observabilidad

Se debe hacer un valor de la recomendación con las valoraciones del equipo técnico (Vrt) y una valoración de la recomendación con el productor y su familia (Vrp).

El valor máximo de la recomendación es 25 (si diéramos calificación de 5 y peso de 1 a todo)

4. Calcular la Adoptabilidad (AD) sugerida por los técnicos (ADt) y por el productor /ADp):

$$ADt = (Vrt/25) * 100\%$$

$$ADp = (Vrp/25) * 100\%$$

La AD debe ser superior a 70% deseablemente y las ADt y ADp deben ser similares. Siempre se deben hacer ajustes con base en los comentarios del productor y su familia.

Si la AD del productor es menor a 70% y/o si es muy diferente a la probabilidad de adopción de los técnicos, entonces el equipo técnico debe revisar detalladamente y corregir sus recomendaciones con base en la retroalimentación que van a recibir del productor. Y repetir la evaluación

En una práctica usar el FORMULARIO 6.

EJEMPLOS

FINCA 1

Atributos	Equipo técnico			Productor		
	C	P	C*P	C	P	C*P
Superioridad	5	1	5	5	0.80	4
Compatibilidad	5	0.80	4	5	1	5
Simplicidad	4	0.80	3.2	4	0.80	3.2
Factibilidad	5	0.70	3.15	3	0.40	1.2
Observabilidad	3	0.60	1.8	3	0.60	1.8
Vr	-	-	17.5	-	-	15.2
Adoptabilidad (%)	-	70		-	61	

FINCA 2

Atributos	Equipo técnico			Productor		
	C	P	C*P	C	P	C*P
Superioridad	5	1	5	5	1	5
Compatibilidad	5	1	5	5	1	5
Simplicidad	4	1	4	4	1	4
Factibilidad	5	0.80	4	5	1	5
Observabilidad	5	1	5	5	1	5
Vr	-	-	23.0	-	-	24.0
Adoptabilidad (%)	-	92		-	96	

Uso del software shademotion para toma de decisiones en el diseño y rediseño

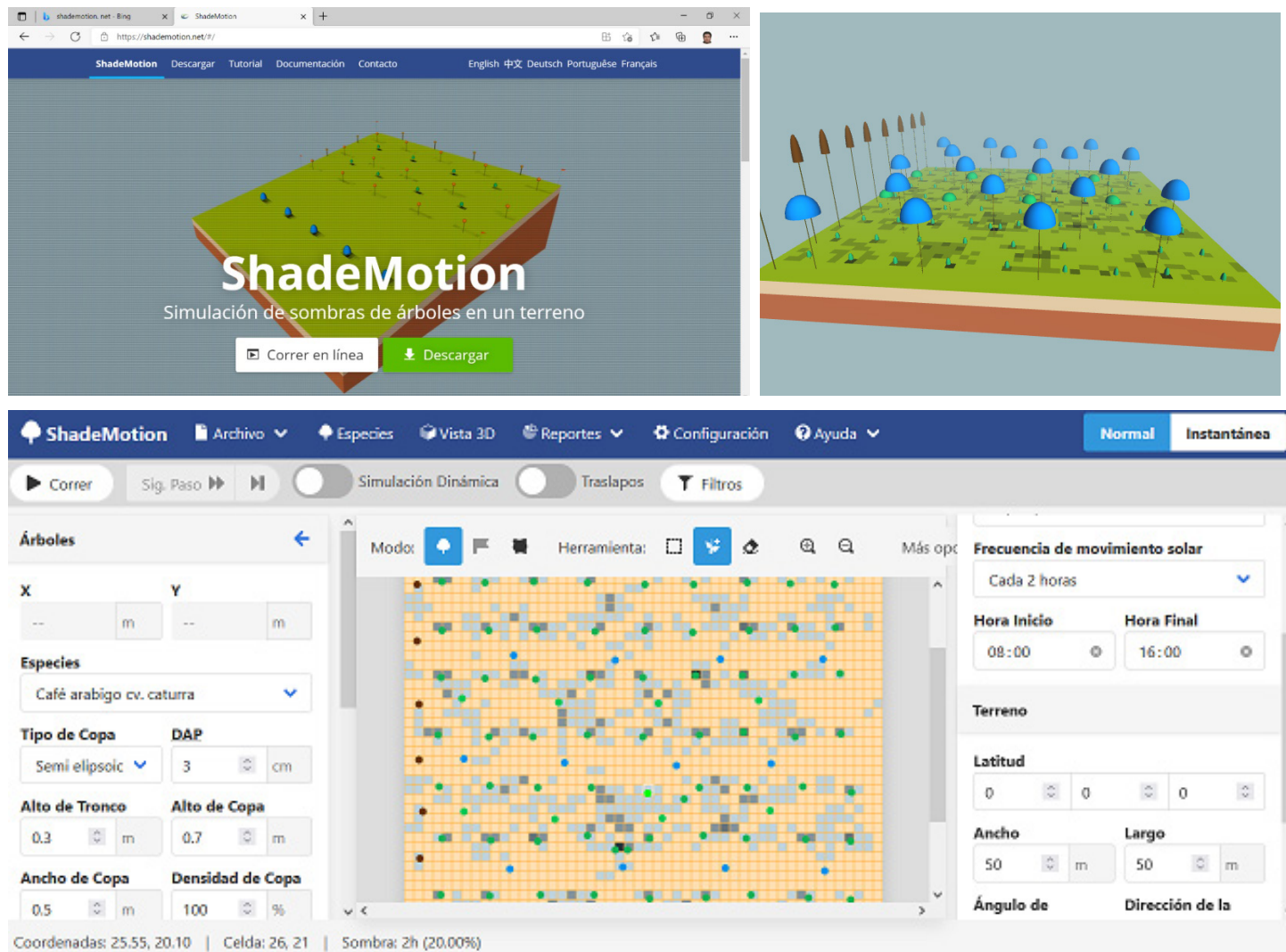
El software shademotion es un programa de computadora que sirve para simular el movimiento de la sombra de los árboles en un terreno (sistema) y la cantidad de horas sombra que recibe cualquier lugar en el terreno. En palabras sencillas, con base en las simulaciones visuales (en 2D y 3D) y los datos numéricos que genera el programa, el usuario puede tomar decisiones de ajuste de la cantidad de árboles y su sombra, o del manejo de la sombra. Así, en el programa se puede plasmar los diseños de cafetales nuevos o la estructura de cafetales ya existentes, y luego proceder a simulaciones.

El software se puede usar o descargar gratuitamente del sitio: <https://shademotion.net/#/>

En ese sitio web, también se encuentra un tutorial amigable que conduce al usuario sobre cómo usar el programa: establecimiento de árboles manualmente, establecimiento sistemático de árboles, cambio de características de los árboles, declarar los datos de ubicación y orientación del terreno, carga de datos de campo, simulaciones estáticas y dinámicas, generación de imágenes, exportación de datos y resultados de las simulaciones, entre otros.

En cursos presenciales y virtuales, se pueden hacer demostraciones del uso, aplicaciones y utilidad del programa. Técnicos, estudiantes y también productores con habilidades de uso de computadora pueden aprender rápidamente el uso del programa, ya sea con cursos o con el tutorial, y luego pueden ayudar a otros técnicos y productores a plasmar sus cafetales y simularlos.

A continuación, se muestran unas capturas de pantalla del programa.



Regulación de sombra de los árboles acompañantes

Distribución de la sombra

En sistemas de café con sombrío, es común observar algunas áreas con muy poca sombra y otras con demasiado sombrío, o que el cultivo en su totalidad presente poco sombrío en su inicio o demasiada sombra en estados avanzados de desarrollo de los árboles.

Este hecho está determinado por las dos dimensiones de la sombra: la intensidad del sombrío, relacionada con el grado de sombrío, el nivel de sombra o el porcentaje de cobertura; y la distribución de la sombra la cual depende de la estructura del árbol, de su arquitectura, de la forma y el desarrollo de las copas, las distancias de siembra y del manejo dado a los árboles, entre otros.

Porcentaje de sombrío adecuado para el cultivo

El comportamiento de los cafetos es distinto dependiendo del nivel de sombra que se mantenga en el sistema, esto significa que el café no produce lo mismo bajo cualquier cantidad de luz disponible. Por eso la incidencia de luz es fundamental y debe mantenerse en límites razonables para propiciar condiciones favorables para sistemas productivos.

Niveles de sombrío del 10 al 20% (sombrío ralo) están presentes con bajas densidades de siembra de los árboles o en los primeros años de desarrollo de estos, o con la selección inadecuada de una especie para el sitio, una poda excesiva o con ataques de plagas o enfermedades en determinadas épocas del año.

Por su parte, niveles de sombra superiores al 50% (sombrío denso), limitantes de la producción del café, estarán presentes con altas densidades de siembra de los árboles, también debido a un mal manejo de estos (sin podas de mantenimiento) o con una inadecuada distribución de los árboles en el campo.

En general se puede indicar que, dependiendo de estas variables, el nivel de sombrío óptimo o adecuado puede fluctuar entre 35 y 45%. Esto hace necesario regular el sombrío todos los años. Porcentajes de sombra más altos al nivel de referencia van a limitar la productividad de manera muy significativa.

Manejo de sombra regulada

Las labores de manejo regulado del sombrío pueden ser desde el recorte de algunas ramas secundarias, hasta un raleo profundo de ramas principales e inclusive descumbra o poda total de los árboles. El tipo de manejo que se realiza debe estar muy relacionado con las condiciones agroecológicas de la zona, las distancias de siembra de los árboles y el manejo del cultivo.

Inicio de regulación de la sombra

La edad óptima de los árboles para inicio de la regulación varía de acuerdo con las condiciones agroecológicas y las especies de árboles que se manejan. Por ejemplo, para el manejo de árboles de guaba o guama (*Inga edulis*) la regulación de la sombra por medio de arreglo y poda de ramas se debe iniciar entre 3,5 y 4 años después de la siembra para mantener posteriormente el sistema con porcentajes de sombrío entre el 35% y 45%

La edad óptima de los árboles para inicio de la regulación varía de acuerdo con las condiciones agroecológicas y las especies de árboles que se manejan.

Tipos de manejo

El manejo de los árboles se puede realizar mediante prácticas periódicas de arreglo de ramas, poda selectiva de ramas y descumbras o podas.

1. *Arreglo de ramas*: Consiste en podar algunos crecimientos secundarios en las ramas principales. Es un tipo de manejo muy ligero que permite mantener la estructura principal de la copa aportando espacios entre ramas para entrada de la luz.

2. *Poda selectiva de ramas*: Se realiza para disminuir el número de ramas de la copa. Esta poda será más o menos drástica dependiendo de la cantidad de ramas en exceso que deben ser eliminadas para permitir una adecuada entrada de luminosidad.

3. *Poda o descumbra*: Consiste en la eliminación de la copa del árbol con el propósito de permitir la entrada directa de luz al cafetal. Este tipo de manejo se realiza en zonas con condiciones bastante húmedas, con nubosidad frecuente y periodo seco de menos de tres meses al año.

Épocas para manejo

Para tomar esta decisión se deben considerar los factores climáticos, las densidades de siembra del cultivo y de la sombra, las especies de sombra, las características de maduración del café en la zona, y la fenología del cultivo.

En general se considera bastante adecuado la realización de dos arreglos al año, uno al inicio del periodo lluvioso y otro después de la etapa canicular. En condiciones climáticas de zonas más húmedas, el primer manejo puede consistir en una poda total y el segundo en un arreglo más leve de poda de ramas secundarias, mientras que en condiciones más secas el primer arreglo puede ser la poda de ramas secundarias, mientras que el segundo más drástico con poda de ramas principales.

En el manejo de la sombra es importante tener en cuenta el estado fenológico del cultivo, muy especialmente la etapa de diferenciación de las yemas vegetativas y productivas, que ocurre durante la segunda parte del periodo lluvioso. Esta etapa es determinante para la diferenciación de tejido reproductivo que será el inicio de la preparación de la cosecha para el siguiente ciclo productivo. En condiciones de un denso sombrío las yemas del tejido nuevo de las ramas tienden más a diferenciarse vegetativamente en detrimento de la producción.

Bibliografía

- CERDA, R, Deheuvels O, Calvache D, Niehaus L; Saenz Y, Kent J, Vilchez S, Villota A, Martinez C, Somarriba E. 2014. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. *Agroforestry Systems*. DOI 10.1007/s10457-014-9691-8
- CERDA, R., Orozco-Aguilar, L., Sepúlveda, N., Ordoñez, J., Carreño-Rocabado, G., Amores, F., Caicedo, W., Oblitas, S., Somarriba, E., 2019. Tropical agroforestry and ecosystem services: trade-off analysis for better design strategies. 467-509. *Agroforestry for sustainable agriculture*. Edited by Professor María Rosa Mosquera-Losada, Ravi Prabhu. BDS.
- FARFÁN, F. 2007. Producción de café en sistemas agroforestales. En: *Sistemas de producción de café en Colombia*. FEDERACAFE (CENICAFE). Chinchiná (Colombia). Pags. 161-200.
- FARFÁN, F. 2014. Agroforestería y sistemas forestales con café. FNC-CENICAFE. 342 p.
- MONTAGNINI, F. *et al.* 2015. *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socio económicas y ambientales*. Serie Técnica. Informe Técnico No 402. Catie. Turrialba. Costa Rica. 453 p.
- SOMARRIBA E. 2002. Estimación visual de la sombra en cafetales y cacaotales. *Agroforestería en las Américas* 35/36:86-94.
- SOMARRIBA E. 2009. Planificación agroforestal de fincas. Serie materiales de enseñanza / CATIE; no.49. CATIE, Turrialba, CR.
- VILLARREYNA, R. 2016. Efecto de los árboles de sombra sobre el rendimiento de los cafetos, basado en perfiles de daño. Informe Proyecto Cascada. Catie-Cirad-Conservation International. Turrialba. Costa Rica. 32p.
- VILLARREYNA, R., AVELINO, J. y CERDA, R. 2020. Adaptación basada en ecosistemas: Efecto de los árboles de sombra sobre servicios ecosistémicos en cafetales. *Agronomía* 2020. 31(2): p. 499-516.



Formulario 1. Diagnóstico socioeconómico

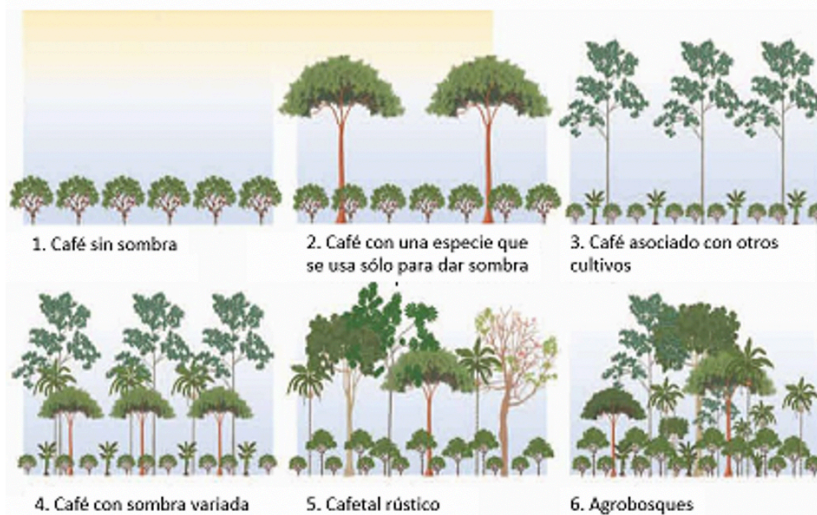
Nombre del dueño (a): _____ Comunidad: _____ Fecha: _____

Productos del SAF (marque con una X)			
	Obtiene actualmente	Le gustaría obtener	Prioridad
Café			
Banano			
Plátano			
Limón			
Naranja			
Aguacate			
Zapote			
Madera			
Leña			
Materiales			
Medicina			

Servicios del SAF (Marque con una X)		
	Le gustaría mejorar	Prioridad
Mantenimiento humedad suelo		
Mejora de la fertilidad		
Regulación de plagas y enfermedades		

Personas que trabajan en el SAF		
	Número	% de tiempo que dedican
Personas de la familia que trabajan en el SAF <30 años		
Personas de la familia que trabajan en el SAF 30-45 años		
Personas de la familia que trabajan en el SAF > 45 años		
Personas que contrata actualmente		
Personas que podría contratar a futuro		

Encierre en un círculo el tipo de SAF que tiene el productor (a)



Formulario 2. Croquis de diagnóstico

Nombre del dueño (a): _____ Comunidad: _____

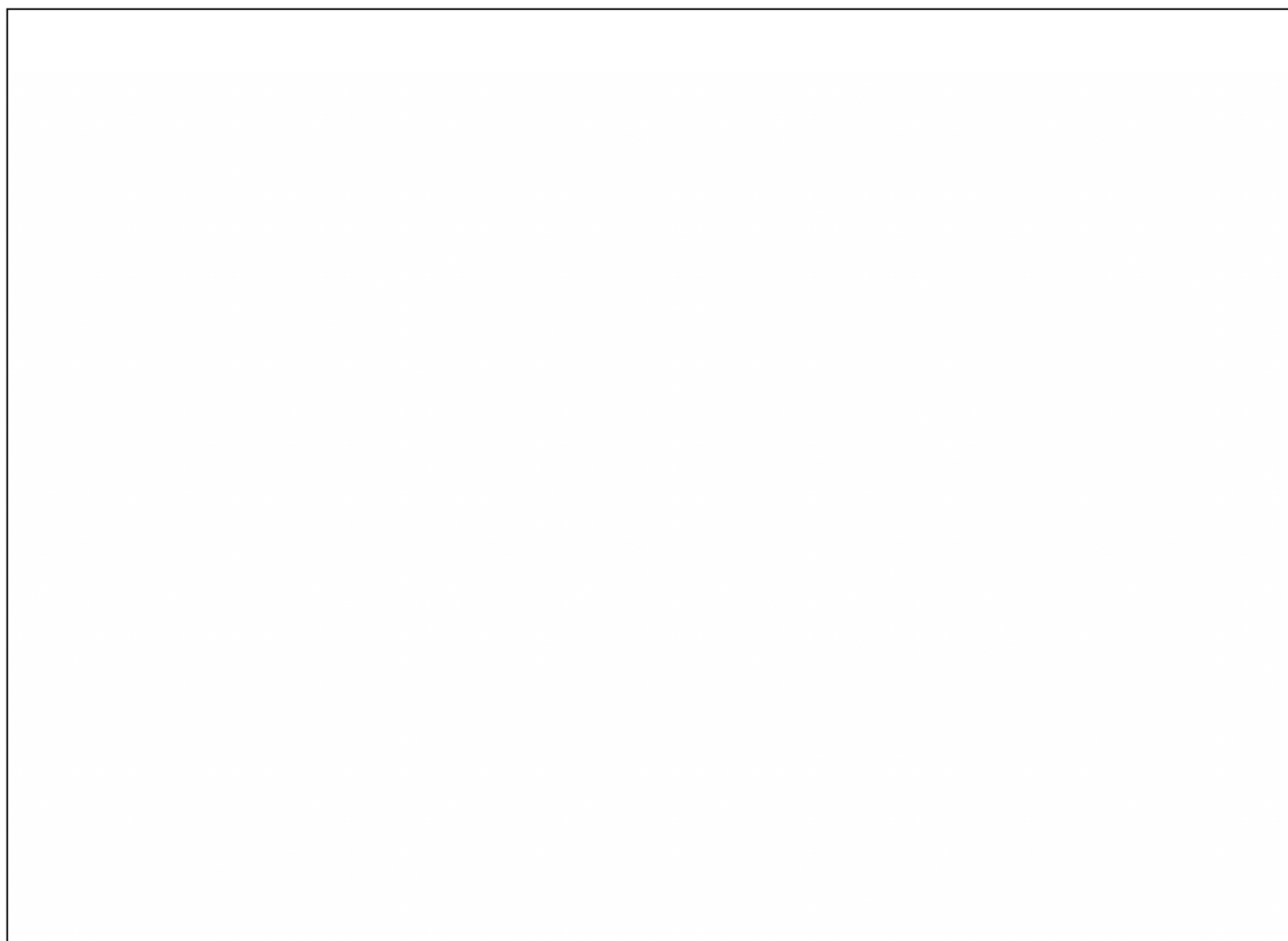
Fecha: _____

Durante el diagnóstico de sitio (recorrido): anotar los usos de suelo colindantes, los nombres de los vecinos a cada lado, la vegetación colindante que puede dar sombra importante al SAF, la dirección de las pendientes, identificar si hay lugares que se inundan o que tiene mejor/peor suelo.

Para el diagnóstico agroforestal: anotar/dibujar los parches sin sombra, con poca o mucha sombra, reflejar si en algún lugar hay agrupaciones de especies del mismo tipo, y cualquier otra situación que sea importante considerar para mejoras a futuro.

Croquis

(También dibuje referencias como caminos, ríos o casas)



Formulario 3. Diagnóstico de sitio

Nombre del dueño (a): _____ Comunidad: _____ Fecha: _____

Altitud del SAF: _____ msnm

Área del SAF: _____ tareas

Edad del SAF: _____ años

Porcentaje del terreno en cada nivel de pendiente:

Plano: _____% Pendiente media: _____% Pendiente fuerte: _____%

Orientación de la pendiente (marque con una X)

Norte: _____ Sur: _____ Este: _____ Oeste: _____

Noreste: _____ Noroeste: _____ Sureste: _____ Suroeste: _____

Fertilidad del suelo (marque con una X)

Mala: _____ Regular: _____ Buena: _____ Muy buena: _____

Capacidad del suelo para retener agua (marque con una X)

Mala: _____ Regular: _____ Buena: _____ Muy buena: _____

Meses lluviosos/nubosos y meses secos (marque con una X)

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Lluviosos/nubosos												
Secos												

Hay vientos fuertes que causan problemas al SAF (marque con una X): SI: _____ NO: _____

En caso de SI, marque con una X

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Lluviosos/nubosos												

Formulario 4. Diagnóstico agroforestal

Nombre del dueño (a): _____ Comunidad: _____ Fecha: _____

Características de las especies de sombra en el dosel

Especie	N° de individuos similares	Altura total (m)	Ancho de copa (m)	Oclusión de copa (%)	Producto	Servicio

Porcentaje de plantas por grupo de variedades en el SAF:
 Porte bajo ____% Porte medio ____% Porte alto ____%

Distancias de siembra de las plantas de café:
 Distancia entre hileras: _____ m Distancia entre plantas: _____ m

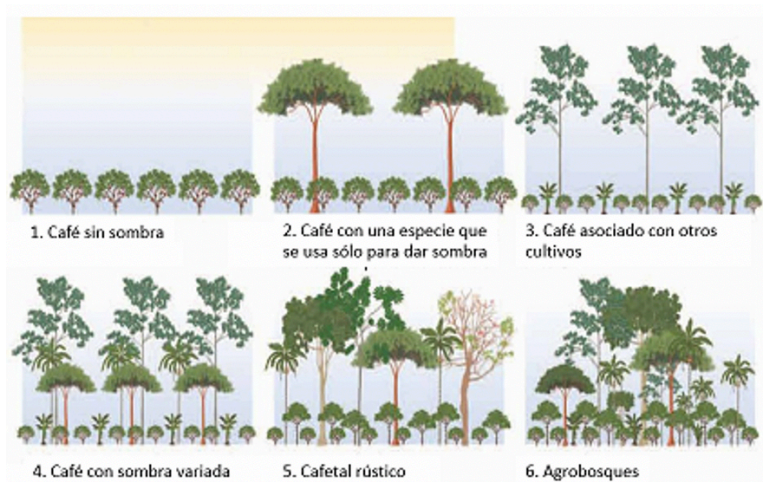
Porcentaje del SAF que está en (Maque con una X):
 Crecimiento: ____ Inicio de producción: ____ Plena producción: ____

Fenología del SAF y cosecha durante el año

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Crecimiento vegetativo												
Mayor floración												
Mayor presencia de frutos jóvenes												
Inicio de cosecha												
Pico de cosecha												
Final de la cosecha												

Formulario 5. Propuesta para el diseño y rediseño

Señalar qué tipo de SAF sería el objetivo del productor



Descripción de la propuesta

Descripción general:

Intervención 1:

Intervención 2:

Intervención 3:

FORMULARIO 6.

Evaluación de la adoptabilidad de la propuesta

Atributos	Equipo técnico (t)			Productor (p)		
	C	P	C*P	C	P	C*P
Superioridad						
Compatibilidad						
Simplicidad						
Factibilidad						
Observabilidad						
Vr						
Adoptabilidad (%)						

$$Vr = C_{SU} * P_{SU} + C_{CO} * P_{CO} + C_{SI} * P_{SI} + C_{FA} * P_{FA} + C_{OB} * P_{OB}$$

Donde Vr: valor de la recomendación; C: calificación (1-5); P: peso asignado a cada calificación (0-1); SU: superioridad; CO: compatibilidad; SI: simplicidad; FA: factibilidad; OB: observabilidad
El valor máximo de la recomendación es 25 (si diéramos calificación de 5 y peso de 1 a todo)

Calcular la Adoptabilidad (AD) sugerida por los técnicos (ADt) y por el productor /ADp):

$$ADt = (Vr/25) * 100\%$$

$$ADp = (Vr/25) * 100\%$$

Nota: Lleve dos de estos formularios porque existe la posibilidad de que tenga que hacer ajustes a la propuesta y repetir la evaluación.



Biodiversidad en Paisajes Productivos

Ministerio de Medio Ambiente
Av. Cayetano Germosén esq.
Gregorio Luperón, El Pedregal
Santo Domingo,
República Dominicana
Tel. 809 567 4300 ext. 7388
contacto.BPP@gmail.com
instagram @bpp_rd