



Guía de Establecimiento y Manejo de Agricultura Sostenible

Por: Salomón Saravia



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE



Índice

Introducción	4
Capítulo 1: caficultura sustentable y el cambio climático	6
¿qué es el cambio climático?	8
Relación del cambio climático y la agricultura	8
Café sustentable	9
Daños de la roya	11
Capítulo 2: guía de implementación de planes de intervención de buenas prácticas de agricultura sustentable	12
Fase de indentificación	14
Fase de diagnóstico	15
Realizar análisis de las problemáticas de los suelos	16
Elaborar documento sobre el diagnóstico de las prácticas de manejo sostenible	22
Fase de planificación	22
Realizar el diseño del plan de intervención para la gestión sostenible de suelos	22
Presentar y retroalimentar el plan de intervención con la finca	23
Construir las metas y matriz de indicadores del plan de intervención	26
Formulación final del plan de intervención	27
Fase de implementación y seguimiento	27
Capítulo 3: Prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos	28
Observación y evaluación en campo de la calidad de los suelos	30
Evaluación cualitativa	31
Diagrama de la finca	31
Evaluación del suelo de la parcela	32
Criterios de evaluación	33

Obras biomecánicas para el manejo del suelo y los flujos de agua	35
Obras para el control de erosión en cárcavas	41
Estructura de control de cárcava	43
Capítulo 4: Manejo agronómico del cultivo del café.....	45
Condiciones agroecológicas para el cultivo del café	46
Producción sustentable de nuevos cafetos	47
Establecimiento de la plantación de café.....	48
Manejo agronómico de cafetales	49
Manejo de plagas y enfermedades	49
Manejo de plagas y enfermedades	51

Introducción

El desarrollo de las ciudades en ocasiones conlleva la pérdida de ecosistemas agudizando los efectos del cambio climático como sequías, inundaciones, precipitaciones, variabilidad de las temperaturas e incluso huracanes. Para enfrentar la creciente vulnerabilidad de las ciudades a los impactos del cambio climático, los gobiernos de la región deben desarrollar e implementar soluciones rentables y de bajo riesgo para integrar la adaptación al cambio climático en sus planes de desarrollo social y económico.

Las SbN abarcan una gran variedad de medidas de adaptación y de mitigación al cambio climático al conservar el medio ambiente, crear hábitats para especies en peligro y reducir las emisiones de carbono. Incluyen una serie de enfoques innovadores como la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), sobre el cual se funda el proyecto de City Adapt.

City Adapt proporciona herramientas para que los gobiernos locales puedan asumir la tarea de planificar la adaptación al cambio climático al mismo tiempo que logren mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero de sus ciudades mediante la conservación de sus ecosistemas.

En particular, se hace referencia a la resiliencia ante el cambio climático y los desastres naturales.

En un contexto en el que 50% de la población vive en ciudades y donde 80% de las ciudades más grandes son vulnerables a terremotos y 60% a tsunamis es necesario

contar con nuevas herramientas y enfoques que fortalezcan los gobiernos locales y ciudadanos.

Las medidas preventivas, como la implementación de buenas prácticas de manejo sostenible del suelo, son esenciales para revertir su tendencia a la degradación, y con ello garantizar la seguridad alimentaria y proteger la prestación de los diferentes servicios ecosistémicos asociados al suelo, como es el caso de diferentes cordilleras en El Salvador, donde se cultiva café con sombra de árboles nativos de la región.

La presente "Guía de establecimiento y manejo de agricultura sostenible" brinda estrategias de adaptación que variarán, dependiendo del grado proyectado de impacto del cambio climático. La siembra de variedades resistentes a enfermedades, el aumento de la cobertura de sombra y obras de conservación de suelos y agua se encuentran entre las prácticas de café sostenible adaptado al clima que se recomiendan a todo nivel. Medidas tempranas de adaptación a mayor escala con enfoques prospectivos serán clave para apaliar los impactos negativos del cambio climático en la producción cafetalera de El Salvador.

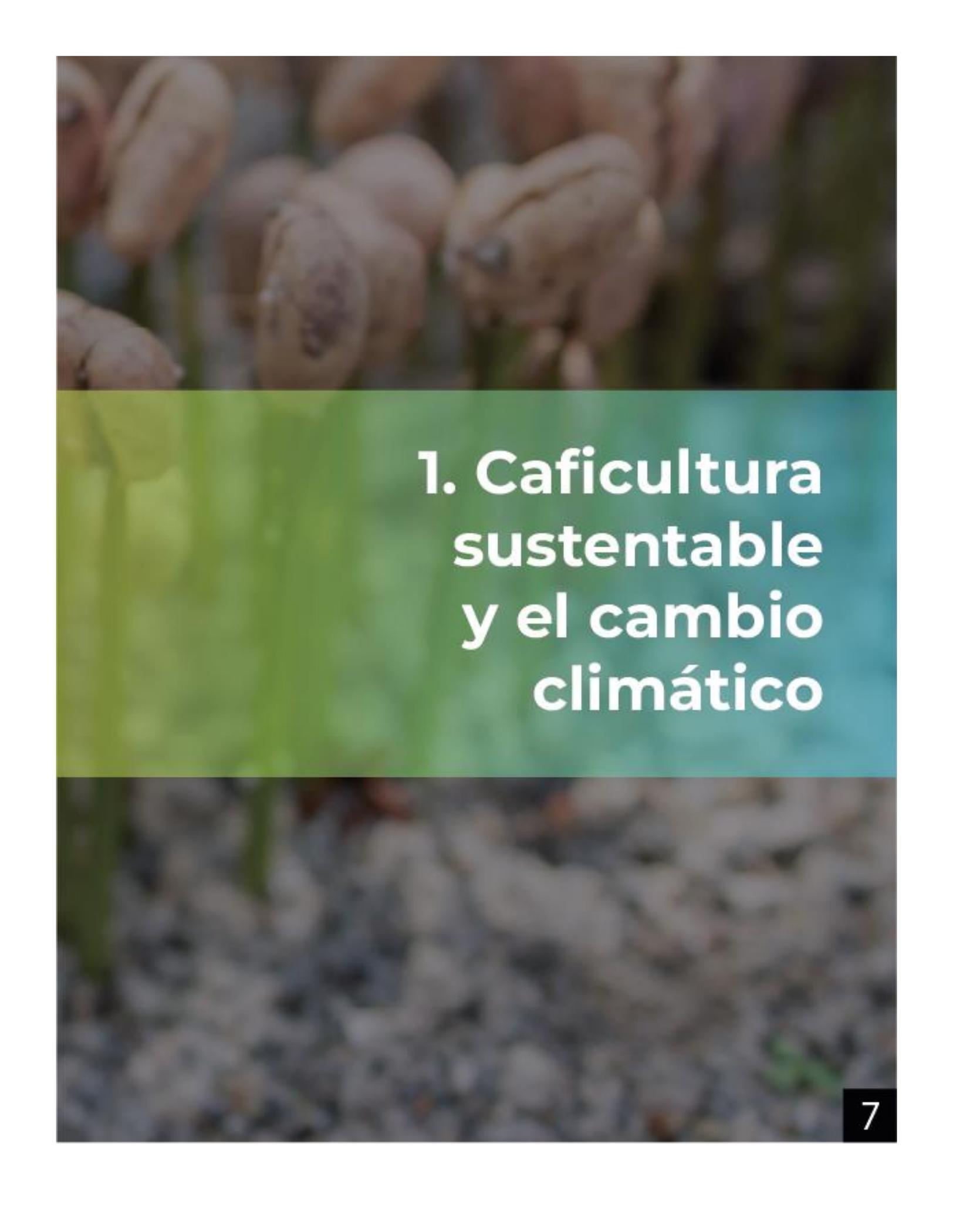
También tiene como propósito dar a conocer a mujeres y hombres productores algunas prácticas de agricultura sustentable y amigable con la fauna para que las conozcan, observen y puedan comercializar su café como café sustentable.

Este documento es el resultado de un trabajo conjunto realizado entre el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el marco del Proyecto City Adapt: Construcción de Resiliencia Climática en Sistemas Urbanos mediante la Adaptación basada en Ecosistemas en América Latina y El Caribe. Esta intervención fue desarrollada por PROCOMES, atiende las problemáticas identificadas por el proyecto City-Adapt.

Se espera que la presente guía sea un aporte para la toma de decisiones en la gestión sostenible de los suelos del país y una contribución al fortalecimiento de la conservación, mantenimiento y recuperación de los servicios ecosistémicos asociados al recurso suelo.





The background of the slide is a blurred photograph of coffee beans and leaves. The top portion shows several light brown coffee beans in focus, while the bottom portion shows green coffee leaves. A semi-transparent teal and green gradient bar is overlaid on the middle of the image, containing the title text.

1. Caficultura sustentable y el cambio climático



¿Qué es el cambio climático?

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) en su artículo 1 define el cambio climático como "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables".

Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos.

Desde hace décadas, El Salvador experimenta una degradación ambiental determinada principalmente por la deforestación, el deterioro de los suelos, el desarrollo territorial desordenado, la inseguridad hídrica y la alteración climática. Esta degradación se agrava con los efectos del cambio climático.

Actualmente, El Salvador es quizá el territorio que cuenta con mayor proporción de área apta para el cultivo del café en términos de zonas agroecológicas, que cualquier otro país de Centro América.

Dichas zonas son más bien calurosas y secas, con excepción de la cordillera Aloteppec-Metapán, que es más templada y húmeda. Los modelos climáticos globales proyectan reducciones considerables de la proporción de área apta en el futuro. La ubicación de zonas agroecológicas aptas probablemente este limitado estrictamente a las seis cordilleras principales.

Se proyecta que las temperaturas aumenten 1,9 °C y que la precipitación total se reduzca 180 mm en un escenario de impacto intermedio.

Relación del cambio climático y la agricultura

La producción de café es vulnerable al cambio climático progresivo, pero al mismo tiempo contribuye a éste mediante emisiones de gases de efecto invernadero dentro de la finca.

La deforestación y el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, entre otros factores, contribuye a dichas emisiones. Aún así, las fincas cafetaleras en El Salvador se consideran fundamentales para la conservación de la selva tropical y la preservación de acuíferos. También contribuyen a la conservación de la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos.

La cobertura del suelo en el territorio nacional se distribuye de la siguiente manera: 33,9 % corresponde a cobertura boscosa (incluido el café); 41,4% a suelos agrícolas y cultivos; 3,8 % a suelos urbanos y 21 % a otros usos.

Las condiciones actuales del uso de la tierra en El Salvador se caracterizan por una alta dinámica influenciada por las fuerzas del mercado (sobre todo en los precios del café y el azúcar) y la dependencia de una gran parte de la población de la agricultura, en particular de los granos básicos.

Cabe destacar que el gas con mayor relevancia en las emisiones de GEI en El Salvador es el CO₂ neto, con una participación de 80,0 %, seguido a gran distancia por el CH₄ (14,9 %) y el N₂O (5,1 %). Así, la categoría con mayor aportación en las emisiones de GEI en el sector AFOLU es la categoría Tierras, con un 80,7 %.

Según la tercera comunicación de cambio climático de El Salvador, en categoría de tierras, las emisiones de CO₂ de las tierras forestales son las que tienen más relevancia con un 52 %, seguida de los pastizales con un 32,2 %. Respecto a las absorciones de CO₂, las tierras forestales son las que tienen un resultado mayor, con un 75,5 %. El tipo de vegetación más importante, en términos de balance entre emisiones y absorciones de CO₂ en las tierras forestales, son los bosques secundarios (48 %), seguidos del café (45,4 %).

A pesar de que formalmente el país cuenta con una cobertura forestal muy baja de sus tierras en comparación con sus vecinos (12,8 % de la superficie terrestre salvadoreña versus 33 % en Guatemala y 41 % en Honduras) las tierras forestales y el sector agropecuario juegan un papel importante en la dinámica del uso de la tierra y la cobertura arbórea ha aumentado de 27 % en 2008 a 38,8 % en 2016.

La tasa de deforestación anual promedio entre 1998 y 2008 fue de 1,5 %, cuando el país perdió 44.000 hectáreas de bosques naturales.

Quizá el mayor reto relacionado con las emisiones de GEI y la producción de café es la transformación de fincas cafetaleras hacia una agricultura en surcos sin sombra y su abandono debido a pérdidas insostenibles a causa de precios bajos y plantas afectadas por plagas y enfermedades.

Café sustentable



La producción de café sostenible adaptado al clima aumenta la productividad, mejora la resiliencia al riesgo climático y reduce o elimina las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de manera sostenible.

Si bien el concepto es nuevo y sigue evolucionando, muchas de las intervenciones que conforman el café sostenible adaptado al clima ya existen en todo el mundo y son utilizadas por los agricultores para hacer frente a diversos riesgos de producción.

Las intervenciones se pueden llevar a cabo a diferentes niveles, es decir, a nivel tecnológico, organizacional, institucional y político.

A menudo, la adaptación al cambio climático se entiende como un cambio de las prácticas productivas a nivel de finca. El rendimiento del café es muy sensible a estos fenómenos que se proyecta sean más frecuentes e intensos en las próximas décadas, en la medida en que avanza el cambio climático. Entre otros fenómenos climáticos extremos que son potencialmente dañinos para el café en América Central se encuentra El Niño Oscilación Sur, vientos fuertes, lluvias intensas e inundaciones.

El daño causado por estos fenómenos se verá agravado ante precios bajos o periodos de volatilidad de precios, en la medida en que se reduzca el incentivo para que los caficultores renueven y resiembren o adopten otras medidas de manejo agrícola para recuperar la producción.

En la actualidad, muchos agricultores consideran que producir más café solo conduce a mayores pérdidas económicas. La producción a los precios actuales no es rentable. Para muchos, cultivar café es una labor arraigada en la tradición y no una forma de obtener beneficios. Aunque pequeños lotes de café pueden venderse a precios altos, encontrar al comprador indicado puede ser una tarea difícil.

De acuerdo con el Consejo Salvadoreño del Café, el 14 % del área cultivada con café la maneja el 75 % de los agricultores, quienes poseen menos de 3,5 ha.

La mayoría de las fincas cafetaleras se encuentran en los departamentos de Santa Ana, La Libertad y Ahuachapán. Sin embargo, la distribución de la tierra entre pequeños caficultores y grandes terratenientes no es completamente homogénea. Las fincas cafetaleras en Chichontepic y Alotepec Metapán pertenecen mayormente a pequeños caficultores, en tanto los productores de Bálsamo-Quezaltepeque poseen fincas grandes.

Por lo general, las fincas cafetaleras se encuentran en terrenos escarpados, con lo cual las plantaciones de café se vuelven fundamentales para reducir la enorme susceptibilidad a la erosión. Las fincas cafetaleras con bosque también contribuyen con los acuíferos. La mayoría de los sistemas de producción son sistemas agroforestales diversificados. Los árboles productivos sembrados junto con los cafetos protegen a los productores contra la caída de los precios o rendimientos, que pondría en riesgo su seguridad alimentaria.

El cambio climático causa que se modifique la dinámica de las plagas y enfermedades. Por ejemplo, la roya del café, ahora generalizada, inicialmente afectaba sólo fincas a bajas altitudes.

Las principales plagas y enfermedades que afectan a la planta del café en El Salvador son la ya mencionada roya (*Hemileia vastatrix*) y la broca del café (*Hyptothemus hampei*). Otras plagas y enfermedades que vale la pena mencionar son el piojo blanco, la araña roja, la gallina negra y la

Los cafetaleros mencionaron que anteriormente las plagas se encontraban en el mismo estadio de desarrollo (larva, gusano, mariposa, por ejemplo) y en cambio ahora son más difíciles de combatir, porque en cualquier época se encuentran individuos en diferentes estadios de desarrollo.

Daños de la roya







2. Guía de implementación de planes de intervención de buenas prácticas de agricultura sustentable

Fase de identificación

El objetivo de esta fase es identificar las problemáticas relacionada con prácticas de conservación y manejo de suelos que estén poniendo en riesgo los servicios ecosistémicos asociados a éste, ya que la biodiversidad juega un papel protagónico como alternativa de solución al cambio climático. Por lo tanto, es vital tener presente que la implementación de medidas de adaptación y mitigación con enfoque AbE potenciará la resiliencia ecosistémica y territorial.

Esta fase de identificación permitirá determinar de manera preliminar el área y posibles objetivos de intervención.

Las actividades que se desarrollarán en cada una de las fases se presentan a continuación:

Recopilar y revisar las quejas de la finca

Se sugiere realizar una recopilación de peticiones o quejas de la finca, donde se tengan problemas de conservación de suelos, gestión de riesgos o pérdidas de servicios ecosistémicos, a partir de las cuales se determinará el área de intervención y los objetivos. Algunos tipos de problemáticas con relevancia para la comunidad son:

- Disminución de la productividad agrícola y ganadera.
- Disminución en los cuerpos de agua.
- Contaminación de los cuerpos de agua.
- Riesgos asociados a los deslizamientos de suelos.

- Reducción de organismos indicadores del suelo (Ejemplo: lombrices).
- Disminución de la materia orgánica (Ejemplo: suelos de color claro).
- Dificultades para la conservación del suelo en zonas pertenecientes a áreas protegidas o ecosistemas estratégicos por conservar.
- Contaminación del suelo.



Reconocer las problemáticas:

Identificar prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos, esta información puede obtenerse mediante visitas de campo, reuniones con la comunidad, contacto con los agricultores, entre otros, las cuales permitan reconocer problemáticas asociadas al manejo sostenible de los suelos.

- Uso inadecuado del suelo con relación a su vocación de uso.
- Uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas de síntesis.
- Aparición de nuevas plagas y enfermedades.
- Quemas y tala de bosques.
- Excesiva utilización de recursos hídricos y destrucción de microclimas.
- Presencia de monocultivos.
- Sobreutilización de suelos que se encuentran en áreas protegidas o bajo diferentes figuras de conservación.



Documentar la situación actual de la finca.

Posterior a la identificación de las situaciones problemáticas en gestión sostenible de los suelos, es importante complementar la información obtenida mediante la documentación de la situación, a partir de la información secundaria disponible.



Revisar la información cartográfica oficial.

Es recomendable realizar una recopilación de información cartográfica acerca de la posible área de intervención, haciendo uso de plataformas oficiales y relacionadas con:

- Coberturas de la tierra.
- Vocación de uso del suelo.
- Degradación de suelos por erosión.

Delimitar de manera preliminar el área, objetivos y voluntad de participación en el plan de intervención.

Al haber identificado y priorizado las situaciones problemáticas en la gestión de conservación de suelos y verificar la fuente de financiamiento para el desarrollo de la intervención, se pueden realizar dos sub-actividades muy importantes:

- delimitar el área y objetivos de intervención,
- consultar con las comunidades involucradas a fin de determinar su voluntad de participación en el plan de intervención.

Es recomendable sintetizar la información recopilada teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Descripción de las situaciones problemáticas identificadas: causas, efectos y prioridad.
- Lista de actores identificados para participar en el plan de intervención.
- Área posible de intervención para implementar las prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Objetivos identificados para el plan de intervención (problemáticas por resolver).
- Consultar con la comunidad implicada la voluntad de participar en el plan de intervención.

Una vez determinados los objetivos y las áreas de intervención en la finca, se tiene que consultar a las y los actores que están involucrados en el manejo de la finca. Este proceso se podría realizar a través de reuniones o encuentros en los cuales también se deberá explicar las fases restantes para el desarrollo de la finca.

Fase de diagnóstico

El objetivo de esta fase es la caracterización de la problemática de los suelos en el área a intervenir, de tal manera que se logre identificar los efectos negativos por la falta de prácticas de manejo de suelos, insumos internos y contextualizar las condiciones sociales y culturales.



Realizar análisis de las problemáticas del suelo

Para realizar el análisis diagnóstico del área de intervención y el reconocimiento de las problemáticas y prácticas insostenibles de manejo del suelo, es recomendable documentar la situación a partir de información secundaria, recorridos en campo y talleres de construcción colectiva como se presenta a continuación:

- Realizar un recorrido por el área de intervención con el administrador de la finca.

En esta actividad se busca realizar un reconocimiento de las problemáticas y prácticas de manejo insostenibles de los suelos a partir del recorrido e información proporcionada por actores clave de la finca. Es importante tener presente que al tiempo que se obtiene información sobre dichas prácticas, se entra en contacto con el personal de la finca y se intercambian los datos relacionados a las prácticas de conservación.

Cuadro 1: actividades del recorrido por el área de intervención

RECORRIDO POR LA FINCA CON ACTORES CLAVE	
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none">● Delimitar el área de intervención dentro de la finca● Identificar las prácticas no sostenibles de los suelos en el área de intervención
Actores clave a convocar	Propietario, administrador y trabajadores de la finca.
Duración	Dependerá según la extensión del área de la finca, 3 horas aproximadamente.
Número de participantes	De una a tres personas.

Materiales Necesarios	Equipo
Libreta de anotaciones	GPS
Mapa de uso de suelo del área a intervenir	Cámara fotográfica

Desarrollo de actividades

- ✓ Convocar el grupo de participantes (uno a tres) y explique el ejercicio al grupo
- ✓ Concertar el mejor recorrido a través de la zona: no tiene que ser en línea recta, pero si se sugiere que incluya terrenos afectados o zonas donde se presenten problemas de erosión, escorrentía y/o pendientes pronunciadas.
- ✓ Tomar nota durante el recorrido de las principales características en cuanto a prácticas sostenibles y no sostenibles del manejo del suelo identificadas en la zona.
- ✓ Registrar mediante fotografías y georreferenciar con ayuda del GPS los sitios y problemáticas identificadas.
- ✓ Es importante tomar el tiempo para detenerse a observar, ubicar los lugares observados en un mapa de la zona y analizar sus características biofísicas.
- ✓ De ser posible, se sugiere llevar a cabo las prácticas de evaluación cualitativa.
- ✓ Representar de manera participativa la información obtenida durante el recorrido sobre un diagrama o sobre los mapas de la zona que previamente han sido impresos. Esto puede hacerse durante o después del recorrido, dependiendo de la complejidad.
- ✓ Implementar una encuesta sobre el manejo agronómico, conservación de suelos y datos generales de la finca.

Se sugiere que durante el recorrido se recopilen simultáneamente aspectos claves relacionados con las condiciones socioculturales de la zona de intervención. Entre los aspectos relevantes a observar y conversar al momento de realizar el recorrido se encuentran: la tasa de empleo y desempleo, condiciones laborales, ingresos, condiciones de tenencia de la tierra, acceso a servicios públicos, presencia y calidad de establecimientos para la prestación de servicios de salud y educación, equidad de género, necesidades básicas insatisfechas, atención a emergencias, entre otros.

A continuación, se presenta una metodología para la recopilación de información sobre prácticas inadecuadas de manejo de los suelos:

Fotografía participativa para identificación de problemáticas y prácticas inadecuadas del manejo de los suelos

El objetivo principal de esta actividad es apreciar cuáles de los servicios ecosistémicos están siendo afectados por las condiciones de degradación de los suelos, ya sean estos suelos agrícolas, ganaderos o suelos bajo alguna figura de conservación como las áreas protegidas.

En el Cuadro 2 se presenta una matriz con los diferentes tipos de servicios ecosistémicos (abastecimiento, servicios de regulación, servicios de soporte y servicios culturales) asociados a los suelos. Esta puede usarse para identificar los servicios ecosistémicos relacionados con los suelos del área de intervención, así como las principales vulnerabilidades en la obtención y desarrollo de estos servicios ecosistémicos.

Para gestionar el Cuadro 2, es recomendable seguir los siguientes pasos:

- A** Identificar la existencia de cada tipo de servicio ecosistémico en el área con posibilidades de intervención en función de cada uno de los renglones de la matriz.
- B** Calificar entre bajo (+), medio (++) y alto (+++) el grado de vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos asociados al suelo en la zona de intervención.
- C** Analizar, en función del diligenciamiento de la matriz, los principales riesgos que se presentan para los servicios ecosistémicos relacionados con los suelos del área de intervención.



Cuadro 2. Evaluación de los servicios ecosistémicos asociados a los suelos

Servicios ecosistémicos relacionados al suelo			
Servicios ecosistémicos	Aspectos de reacción con el suelo	Se presenta en el área SI/NO	Grado de vulnerabilidad de este servicio ecosistémico: Bajo + Medio ++ Alto +++
Servicios de abastecimiento			
Abastecimiento de agua	Existen nacimientos de agua superficiales y/o subterráneos		
Producción de alimentos	Productos agrícolas y/o pecuarios		
Producción de fibras	Producción de junco o fique		
Extracción de materiales de construcción	Afecta a los servicios ecosistémicos asociados al suelo		
Producción de madera	Bosque de explotación comercial		
Servicios de regulación			
Calidad del aire	Está asociado a la presencia de bosques nativos, barreras vivas y una cobertura vegetal abundante y continua		
Captura de CO2 por la biomasa aérea	Bosques, cobertura del suelo, cultivos permanentes		
Captura de CO2 en el suelo	Materia orgánica del suelo superior a 5%.		
Regulación de flujo de agua	Los suelos no están compactados y tienen una buena capacidad de infiltración del agua		

Filtración y purificación del agua	Los suelos tienen una buena capacidad de infiltración del agua, adecuada para la purificación. Sin pedregosidad excesiva ni texturas demasiado finas o gruesas.		
Prevención de la erosión	Los suelos presentan una buena estructura y favorecen una cobertura vegetal abundante, que contribuye a la prevención de la erosión		
Control biológico de plagas y polinización	Los suelos presentan condiciones biológicas equilibradas, con un alto régimen de biodiversidad		
Servicios de soporte			
Biodiversidad	El suelo presenta las condiciones adecuadas para el desarrollo de la fauna, la flora y microorganismos, con nutrientes suficientes y equilibrio aire, agua, fase sólida. El suelo no representa una amenaza para el desarrollo de la fauna y la flora (no está contaminado, no presenta desarrollo de microorganismos patógenos, ni alberga organismos tóxicos o invasivos). El suelo es un soporte que permite proteger biodiversidad, ecosistemas estratégicos o establecimiento de áreas protegidas.		
Área protegida			
Ecosistemas estratégicos. (P á r a m o s , Bosque seco tropical, selva)			

Servicios Culturales

Fuente de ingresos y medios de subsistencia	El suelo representa una fuente de ingresos, identifique al propietario de la tierra, al trabajador e incluso al protector de un ecosistema estratégico.		
Relación seres humanos y suelo	Es importante la relación seres humanos naturaleza, el rescate de la cultura campesina y el conocimiento tradicional del suelo.		
Identidad Cultural	Los usos pasados del suelo han quedado evidenciados en los horizontes enterrados del suelo		
Turismo y ecoturismo	El suelo presenta características atractivas para las actividades turísticas como las apelaciones de origen, presencia de minerales preciosos, de sal o de plantas endémicas		

Elaborar el documento sobre el diagnóstico de las prácticas de manejo sostenible.

Sistematizar la información recolectada y elaborar el documento de diagnóstico biofísico y de las prácticas de manejo no sostenibles del área de intervención.

Es importante hacer el documento diagnóstico para poder integrar todos los aspectos relacionados con las prácticas de conservación de suelos identificadas y mencionadas por los administrados de la finca.

De acuerdo con la información obtenida los actores clave y mediante la búsqueda de información secundaria, es recomendable sistematizar la información relacionada con las problemáticas y las prácticas del manejo inadecuado de los suelos en el área de intervención.

En función de lo anterior es importante redactar y complementar el documento de diagnóstico de campo y de las prácticas de manejo inadecuado en el área de intervención, a partir de la sistematización de la información biofísica, la identificación de las prácticas de manejo de los suelos y la identificación de los servicios ecosistémicos y problemáticas de los suelos de la zona, adjuntando las evidencias participativas, documentales y fotográficas.

Fase de planificación

El objetivo de esta fase es formular el Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos.

Para esto se pretende definir los objetivos y áreas específicas de intervención, seleccionar las buenas prácticas a

aplicar y establecer un cronograma, un presupuesto y actores responsables.

A continuación, se presentan las diferentes actividades para el desarrollo de esta fase:

Realizar el diseño del plan de intervención para la gestión sostenible de suelos.

La primera actividad de esta fase consiste en la elaboración de una propuesta de Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos, según las siguientes sub-actividades:

Seleccionar las buenas prácticas para el manejo sostenible de los suelos en el área de intervención.

A partir del análisis de los elementos de diagnóstico obtenidos en la fase anterior, es importante seleccionar las buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos a implementar en el área de intervención que permitan solucionar las problemáticas identificadas.

Las buenas prácticas se pueden seleccionar a partir de los siguientes pasos:

- Revisar el Capítulo 3 de la presente Guía e identificar las buenas prácticas de manejo de los suelos, teniendo en cuenta sus beneficios y formas de aplicación.
- Seleccionar las buenas prácticas en función del problema a intervenir.

- Revisar qué tan viable es la aplicabilidad de estas prácticas en el área de intervención, a partir de las condiciones económicas, sociales y culturales. (Ejemplo: tenencia de la tierra, características de la comunidad, etc.)
- Seleccionar las zonas en las cuales se aplicarán las diferentes prácticas.
- Construir el presupuesto y cronograma del plan de intervención.

A partir de las buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos seleccionadas, es necesario proyectar los requerimientos técnicos, administrativos, presupuestales y logísticos para la implementación del Plan de Intervención.

Para establecer el presupuesto del plan de intervención, se sugiere tener en cuenta los siguientes elementos:

- Gastos de implementación de buenas prácticas
- Materiales (madera, cemento, piedra)
- Herramientas (palas, martillos, barras)
- Plántulas
- Mano de obra
- Cantidad de salidas de campo
- Gastos de análisis de muestras en laboratorio
- Número de muestras de suelos
- Valor por unidad de muestra de suelos
- Gastos de personal
- Honorarios para el personal del equipo de trabajo
- Gastos de trabajos de campo

- Valor total por profesional
- Costos que asumen los beneficiarios del Plan de Intervención
- Número de días de capacitación
- Número de asistentes
- Número de moderadores requeridos
- Valor de refrigerios y almuerzos

Construir de manera participativa el plan de intervención para la gestión sostenible de suelos.

Una vez elaborado de manera preliminar el Plan de Intervención por el asesor técnico, este se deberá retroalimentar y construir de manera participativa con la Finca involucrada.

Presentar y retroalimentar el plan de intervención con la Finca.

Para la formulación del Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos se sugiere realizar uno o varios talleres, de acuerdo con las condiciones específicas de la zona a intervenir.

A continuación, se presenta un ejemplo para la construcción colectiva del Plan de Intervención. El ejemplo puede ser adaptado de acuerdo con las necesidades, los actores convocados y el tiempo disponible.

Cuadro 3: Taller de planificación

RECORRIDO POR LA FINCA CON ACTORES CLAVE	
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> ● Definir las buenas prácticas a implementar para la gestión sostenible de los suelos. ● Construir el Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos.
Actores clave a convocar	Propietario, administrador y trabajadores de la finca.
Duración	De una a dos horas c/u de las partes
Numero de participantes	De una a tres personas.
Materiales Necesarios	Equipo
Libreta de anotaciones	GPS
Mapa de uso de suelo del área a intervenir Marcadores Cinta adhesiva	Cámara fotográfica

DESARROLLO PRIMERA PARTE: DEFINICIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS A IMPLEMENTAR PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

- ✓ Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de ésta y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres, se presenten.
- ✓ Presentar de manera general el diagnóstico previamente construido con los actores clave de la finca y las buenas prácticas seleccionadas para el área de intervención.
- ✓ Invitar a los propietarios y administradores a discutir y retroalimentar en consenso las buenas prácticas de gestión sostenible del suelo a implementar.

DESARROLLO SEGUNDA PARTE: DEFINICIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS A IMPLEMENTAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

- ✓ Validar el objetivo de intervención definido.
- ✓ Elaborar un listado de los cultivos o zonas de conservación involucradas, las buenas prácticas a implementar y el número de hectáreas intervenidas. Para esto puede tomar como base la matriz que se presenta a continuación.
- ✓ Presentar el presupuesto asignado para la implementación del proyecto, lo cual genera motivación y transparencia a la hora de su ejecución.
- ✓ Presentar el cronograma propuesto en función de la implementación de las prácticas seleccionadas y verificar si están de acuerdo con lo planteado.
- ✓ Presentar los roles y responsabilidades de los actores del proyecto
- ✓ Presentar los indicadores de seguimiento y monitoreo y plantear una discusión sobre los mismos.

Al finalizar el taller de planificación, se deben haber definido aspectos relevantes como los que se presentan en la siguiente matriz base, en la cual se deben señalar los productores implicados, el cultivo o zona de conservación relacionados, las buenas prácticas a implementar y el número de hectáreas beneficiadas.

Construir las metas y matriz de indicadores del plan de intervención.

A continuación, se indican algunos ejemplos de criterios que pueden ser integrados en las metas del plan de intervención, los cuales deben ser construidos y socializados en conjunto con la comunidad.

- Número de buenas prácticas implementadas. Se sugiere dar el detalle en cuanto a las metas por cada práctica implementada.
- Número de hectáreas con implementación de buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Efectos visibles en el suelo y en el ecosistema frente la implementación de las buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Cambios en los indicadores del estado del suelo: carbono orgánico, densidad aparente, retención de humedad.

- Aumento de la productividad de los cultivos.
- Cambios visuales de mejoramiento del suelo por procesos de degradación por erosión (fotografía cero), herramientas de evaluación del cambio del paisaje.
- Mejoramiento de la calidad del agua (sedimentos, sólidos en suspensión)
- Número de participantes pertenecientes a gremios, asociaciones, federaciones, etc.
- Número de participantes de entidades públicas.
- Número de hombres y mujeres participantes en el Plan de Intervención.

Como herramienta para el seguimiento de la calidad del suelo, se sugiere consultar el apartado "Observación y evaluación en campo de la calidad de suelo" del cap. 3 de la presente guía, donde la observación cuidadosa y el conocimiento del suelo, así como su permanente evaluación representa una buena práctica de uso y manejo sostenible del suelo.

A partir de la formulación de las anteriores metas se sugiere construir una matriz de seguimiento, la cual podrá ser ajustada de acuerdo con los requerimientos del Plan de Intervención (Cuadro 4). A continuación, se presenta un ejemplo:

Cuadro 4: Seguimiento de prácticas implementadas

Meta	Indicadores	Actividades	Avances cuantitativos (monto ejecutado)	Avances cualitativos	Limitantes encontradas	Acciones correctivas adoptadas

Formulación final del plan de intervención.

- Elaborar el documento final de plan de intervención de acuerdo con los aportes de la comunidad.

Al finalizar el taller de planificación se sugiere documentar los diferentes aportes realizados por parte de los actores de la finca. Se sugiere adjuntar como evidencia las fotografías del evento.

A partir de lo anterior, es importante elaborar el documento final de Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos de acuerdo con los aportes de la comunidad.

- Socializar el documento final

Una vez formulado el documento final de Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos, éste se puede socializar ante las entidades del grupo formulador.

Fase de implementación y seguimiento.

- Definir fechas de ejecución (cronograma) y responsables del seguimiento.

El Asesor técnico del plan de intervención podrá establecer el cronograma de ejecución del presupuesto para el plan de intervención.

Una vez establecido este cronograma se deberán concertar reuniones periódicas con el Administrador de la Implementación de la finca, a fin de poner en marcha y realizar el respectivo seguimiento al Plan de Intervención.

A partir de la matriz de indicadores diseñada (Cuadro 4) es importante establecer fechas, responsables y formatos específicos de seguimiento que permitan presentar los soportes para realizar el monitoreo del plan de intervención a través del Administrador de la Implementación.

- Seguimiento del proyecto.

El seguimiento será realizado por el representante técnico responsable del seguimiento y monitoreo y por los productores implicados.

En el corto plazo, es decir, en los primeros seis meses desde la implementación, se sugiere prestar una atención particular al establecimiento de las buenas prácticas.

En esta etapa se recomienda definir los indicadores que van a permitir evidenciar los cambios surgidos posteriormente a la implementación de buenas prácticas de manejo del suelo, así como un protocolo de seguimiento de éstos.

Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones:

- a) describir los procesos del ecosistema;
- b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo;
- c) reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir;
- d) ser sensibles a variaciones de clima y manejo;
- e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo;
- f) ser reproducibles;
- g) ser fáciles de entender;
- h) ser sensibles a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica;
- i) y, cuando sea posible, ser componentes de una base de datos de suelos ya existentes.

En el mediano plazo, se espera iniciar la aplicación del protocolo de seguimiento y realizar la validación de los indicadores y en el largo plazo el objetivo es disponer de una cantidad suficiente de datos que permita aplicar los análisis adecuados





3. Prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos

En cada una de estas secciones se podrá identificar la descripción general de la práctica, los beneficios que genera para el suelo y algunas pautas para tener en cuenta durante su aplicación.

Las prácticas presentadas a continuación son el eje articulador para elaborar los “Planes de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos” presentados en el Capítulo 2 de la presente Guía.

La gestión de la tierra es sostenible sólo cuando mantiene o mejora la calidad de los recursos, específicamente la calidad del aire, el suelo, el agua y los recursos alimentarios.

La evaluación de la calidad del suelo proporciona un medio básico para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y de gestión de la tierra. Los suelos tienen varios niveles de cualidad que se define básicamente por características naturales o inherentes estables relacionadas con los factores formadores del suelo y los cambios dinámicos inducidos por el manejo del suelo.

En ese sentido, se busca que los ecosistemas y agroecosistemas puedan ser manejados de forma sostenible, con menores impactos ambientales y sociales y la reducción del uso de insumos externos; situación que repercute de manera directa en la gestión y uso sostenible de los suelos. Para esto, se consideran relevantes los cinco principios ecológicos para la sustentabilidad de los agroecosistemas descritos por Reijntjes et al., 1992 y Altieri, 1999, a saber:

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.

- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

De igual manera se pretende que en los bosques, ecosistemas estratégicos y áreas de conservación se incluya la aplicación de buenas prácticas de manejo de los suelos, particularmente en los casos donde la conservación de los suelos se encuentra amenazada por las presiones antrópicas, los fenómenos climáticos y las condiciones naturales extremas.

Observación y evaluación en campo de la calidad de suelo.

¿Cuáles son los beneficios de la observación y evaluación en campo de la calidad del suelo?

Entre los principales beneficios de la observación y evaluación en campo de la calidad del suelo se encuentran:

- Conocer el estado general de las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para determinar prácticas de manejo que optimicen su rendimiento del suelo en función de su vocación, contribuyendo simultáneamente con la sostenibilidad y conservación de este.

- Proporcionar información acerca de las principales características del suelo como línea base para realizar posteriores seguimientos y determinar la eficiencia de las prácticas en su manejo y/o conservación.
- Identificar las principales vulnerabilidades del suelo con miras a tomar medidas de mitigación, corrección o conservación.
- Generar información acerca de las potencialidades que tiene el suelo y con base en esto definir sus usos recomendados, cultivos óptimos y prácticas adecuadas.
- Optimizar la utilización de recursos dado que las acciones de manejo van enfocadas en función de las observaciones realizadas.

En el caso de uso del suelo para la conservación, permiten prevenir su posible degradación natural, por condiciones naturales extremas de relieve o de clima, entre otras.

Contribuir a la autonomía de los productores y usuarios de los suelos, desde la autoevaluación de los recursos disponibles

Evaluación cualitativa

La observación y evaluación cualitativa en campo se sugiere como el primer paso a seguir para el conocimiento del suelo.

Esta evaluación no necesariamente implica la realización de análisis especiales o de elevado costo, sino que se basa en obtener información del suelo mediante la observación visual, el olor y el tacto. Si bien este enfoque puede ser subjetivo, en tanto que refleja sesgos del observador, cuando se da una buena capacitación y directrices detalladas, puede ser una herramienta muy útil para la toma de decisiones y el uso sostenible del suelo, así como en el momento de evaluar sus cambios.

Los procesos locales participativos para el monitoreo cualitativo de la calidad del suelo tienen un valor educativo importante, pues permiten establecer la comunicación entre los usuarios de los suelos y otros profesionales vinculados a su manejo sostenible.

En algunos casos, se han desarrollado, por ejemplo, formatos de puntuación para medir la salud del suelo en campo y obtener información relevante que permita comprender las prácticas de manejo y las características de los suelos.

Diagrama de la finca

Como parte de la evaluación cualitativa se tiene la descripción de la finca; en el Anexo 1 se presenta un ejemplo de formato que puede usarse para representar gráficamente una parcela a intervenir.

Se busca que los actores que se encuentran desarrollando el proceso de observación cualitativa en campo elaboren un gráfico de cada parcela a evaluar, después de un breve recorrido que permita identificar diferentes factores determinantes de la dinámica del suelo, como cobertura vegetal (presencia de cercas vivas, arvenses), puntos de circulación o acumulación de agua, zonas de cambio de pendiente o acumulación de sedimentos, caminos y referencias de lotes vecinos.

Cabe indicar que, una parcela homogénea puede definirse como aquella área que presenta las mismas características en cuanto a esquema de uso del suelo, historia de uso, manejo, paisaje, topografía, entre otros.

Para el diligenciamiento del formato y elaboración del diagrama del predio se sugiere tener en cuenta los siguientes aspectos:

En la sección denominada observaciones claves, se busca que la persona que diligencie el formato de "Diagrama de parcela" indague acerca de aspectos relevantes en la calidad y salud del suelo. Entre estas observaciones se encuentran, por ejemplo, circunstancias particulares en el momento del muestreo o características relevantes de la parcela como exposición al viento, inundación, procesos de remoción en masa, etc.

Una vez realizada esta observación, se sugiere seleccionar los diferentes puntos característicos de la parcela como zona alta, zona baja, zonas de acumulación, presencia de erosión, calvas o zonas de menor desarrollo vegetal, con el fin de realizar la caracterización de cada una de ellas.

En la descripción general es importante mencionar el uso actual del suelo, si es de uso agrícola mencionar el cultivo que se está desarrollando y las prácticas que se llevan a cabo. Si es de conservación, forestal o agroforestal, identificar las características del uso respectivo.

En el estado general de la parcela, se busca referenciar aspectos como el vigor de los cultivos o de la vegetación, la presencia de plagas o enfermedades, posibles síntomas de salud o fertilidad del suelo, como son necrosamiento de hojas y frutos, pérdida de frutos inmaduros, etc.

Los síntomas observados en la vegetación pueden ser indicios de degradación del suelo por compactación, salinidad, drenaje o problemáticas relacionadas con la contaminación de los suelos ya sea por metales pesados, residuos de plaguicidas, hidrocarburos, residuos peligrosos y no peligrosos, compuestos aromáticos, entre otros.

En la historia de uso y manejo se busca indagar más allá de la dinámica actual del suelo, con el fin de obtener detalles acerca de lo que ha ocurrido sobre éste en las últimas décadas, de tal manera que se pueda obtener información relevante sobre cambios de cobertura, uso, manejo, procesos físicos o de remoción en masa del suelo, características químicas o biológicas a lo largo de los años. Es muy importante la comunicación con las comunidades de la zona, ya que ellos serán quienes podrán proporcionar información al respecto.

En el paisaje y topografía de la parcela, se busca identificar, por ejemplo, si ésta se encuentra en una planicie, en un valle, en pie de montaña, lomerío etc. De tal manera que se intente comprender los procesos de formación, movilidad y dinámica del suelo. De otro lado, la sección de presencia de erosión se refiere a "la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento", lo cual es un indicador importante de degradación física del suelo.

La erosión se puede observar por la presencia de surcos o cárcavas de más de 5 cm de profundidad que se unen entre sí, un horizonte orgánico delgado o ausente, o en presencia de lluvias en las que el agua rápidamente toma el color intenso de los horizontes superficiales.

Cabe anotar que este formato presentado en el Anexo 1 puede ser modificado en función de la experiencia de quien realice su diligenciamiento, así como de las necesidades de la parcela y de su posterior intervención.

Evaluación del suelo de la parcela

Posteriormente a la observación general de la parcela, se invita a realizar cajuelas de 30 x 30 m, con las cuales se busca promover el conocimiento de la dinámica del suelo a medida que cambia su profundidad,

en función del perfil de este. Es decir, se busca indagar sobre aspectos relevantes que se puedan observar en los diferentes horizontes, como son: color, textura (proporción de arena, limo, arcilla), profundidad, capacidad de infiltración, profundidad de raíces, estructura, entre otros.

Se pretende con esta observación de los horizontes del suelo identificar aspectos que puedan ser relevantes a la hora de definir las buenas prácticas a implementar posteriormente. Por ejemplo, se pueden encontrar suelos que, aunque presenten una adecuada fertilidad química, presentan poca profundidad o difícil manejo, como presencia de rocas o aumento de la compactación a medida que se avanza en el perfil del suelo.

En el Anexo 2 se ilustra un ejemplo de cómo podría desarrollarse este proceso de caracterización del suelo, a partir de una adaptación de la libreta de evaluación de suelos del instituto de evaluación de la calidad del suelo de Maryland (USDA, 1997). En este enfoque, se pueden evaluar diferentes indicadores físicos, químicos, biológicos. Se pueden asignar escalas de calificación en categorías sencillas como "mala", "regular" y "buena". De igual forma en el Anexo 2 se ilustran de manera general las especificaciones de evaluación para los indicadores propuestos.

Cada indicador puede ser evaluado en una escala entre 1 y 10, o simplemente en categorías que comprenden estos valores así: pobre (1, 2 o 3), regular (4, 5 o 6) y buena (7, 8 o 9).

Adicionalmente, en la "Tarjeta de Evaluación" se invita a los usuarios a realizar la evaluación cualitativa del suelo en función del perfil de éste, para ello en el Anexo 2 se encuentra el espacio para diligenciar las características de los horizontes del suelo, señalados mediante las letras A y B.

Por otro lado, las categorías o escalas que definen la calificación también pueden ser ajustadas en función de la terminología local y de las preferencias de los agricultores de la zona. Las fotografías de alta calidad también son una excelente manera de capacitar a los agricultores y de obtener información relevante y con puntuaciones estandarizadas.

Existen diversos tipos de evaluaciones en campo que pueden ser de mucha utilidad, por tanto, la tarjeta de evaluación presentada como ejemplo, es una herramienta flexible en la cual se pueden introducir diferentes indicadores, según las condiciones específicas del suelo y la experiencia de quien realiza la evaluación.

En el momento de adaptar esta herramienta, se sugiere que cada criterio sea claro y tenga unos parámetros de evaluación bien definidos, como aparece en la segunda sección del Anexo 2.

Criterios de evaluación

● Compactación

La compactación del suelo provoca la pérdida de la porosidad y limita el crecimiento de las raíces, el paso del agua, el aire y los nutrientes. La compactación se puede apreciar por la resistencia a la penetración en el suelo, ya sea con la pala, cuchillo o penetrómetro, introduciéndolo en el suelo en repetidas ocasiones a lo largo del terreno. Al observar los primeros 60 cm en un corte de suelo, los cambios de dirección y forma de las raíces pueden indicar la presencia de un horizonte compactado.

● Erosión

La erosión del suelo reduce el potencial productivo de estos a través de pérdidas de nutrientes, pérdida de materia orgánica, menor profundidad potencial de enraizamiento y menor capacidad de retención de agua disponible.

De este modo, la erosión del suelo también puede tener efectos importantes fuera del sitio, incluida la reducción de la calidad del agua a través del aumento de la carga de sedimentos, nutrientes y coliformes en arroyos y ríos, y la obstrucción de vías navegables o embalses.

Si la superficie del suelo se deja desprotegida en un terreno inclinado, gran cantidad del suelo puede ser transportado por el agua a través de la erosión en láminas, surcos y/o cárcavas. El costo de la restauración, que a menudo requiere maquinaria pesada, puede resultar prohibitivamente caro.

● Infiltración de agua

Para un adecuado desarrollo de los procesos al interior del suelo, se requiere que el suelo cuente con un adecuado equilibrio entre agua, aire y fracción sólida del suelo. Para esto es importante revisar la infiltración del agua en el mismo, evaluando la velocidad con que el agua entra en el perfil del suelo. En ese sentido, si la velocidad de infiltración es muy baja no habrá suficiente humedad para las plantas, puesto que la mayoría del agua que recibe de las lluvias escurrirá superficialmente.

Si, por el contrario, la velocidad es muy alta y en el suelo hay algún horizonte sub-superficial poco permeable, se pueden originar problemas de exceso de agua en esa zona del perfil. Para valorar este factor, es necesario preguntarse, por ejemplo, acerca de la capacidad del suelo para permitir que el agua se infiltre fácilmente durante un aguacero y no escurra superficialmente generando procesos de erosión. Así como indagar acerca de su capacidad para proporcionar suficiente agua a las plantas durante los períodos de sequía.

● Estructura de suelo

Una buena estructura del suelo reduce la susceptibilidad a la compactación por el tráfico de maquinaria y el pisoteo de los

animales, aumenta la ventana de oportunidad para las labranzas, la siembra directa y para cosecha. La estructura del suelo se clasifica según el tamaño, la forma, la firmeza, la porosidad y la abundancia relativa de agregados de distintos tamaños.

Los suelos con buena estructura son friables, finos, porosos. Además, tienen agregados migajosos, granulares o subangulares, mientras que aquellos con estructura pobre tienen agregados grandes, densos, muy firmes, y angulares o laminares, que encajan y empaquetan muy juntos y tienen muy alta resistencia (penetrómetro), además de la escasa presencia de raíces en el interior de los agregados.

● Materia orgánica

La materia orgánica es la base de la estructura del suelo, el alimento para los macro y microorganismos, así como una propiedad emergente que contribuye de manera transversal a la calidad y la salud del suelo. La evaluación de la materia orgánica se puede realizar observando el color del suelo, el cual en general será más oscuro en la medida que se presente mayor contenido de materia orgánica.

● Cobertura vegetal

La cobertura vegetal después de la cosecha y antes de que el siguiente cultivo cierre el surco ayuda a prevenir la formación de costras minimizando la dispersión de las partículas en la superficie del suelo por lluvia o riego. La cobertura también ayuda a reducir la formación de costras al interceptar las gotas de lluvia grandes antes de que puedan golpear y compactar la superficie del suelo y dispersar las partículas finas en la lámina de agua superficial. Como resultado, las tasas de infiltración y del movimiento del agua a través del suelo aumentan, disminuyendo la escorrentía, la erosión del suelo y el riesgo de inundaciones.

● Actividad biológica del suelo

La actividad biológica del suelo se encuentra relacionada con el contenido de materia orgánica del suelo, así como, con la presencia y actividad de micro y meso organismos del sistema edáfico, los cuales cumplen funciones muy importantes en los diferentes ciclos biogeoquímicos del suelo, como también en la autorregulación y equilibrio ecológico al interior del mismo.

Un buen indicador es el contenido de lombrices de tierra, encontrándose que a mayor número de lombrices, se presume que hay una mayor actividad biológica en el suelo; para esto es importante buscar en los diferentes cuadrantes del predio y recordar que regularmente éstas no se encuentran superficialmente en el suelo, sino que se sugiere que éste se remueva entre los primeros 10 a 30 cm del suelo.

● Profundidad de enraizamiento

Es la profundidad del suelo que las raíces de las plantas pueden explorar antes de alcanzar una barrera para el crecimiento, e indica la capacidad del suelo para proporcionar un medio de enraizamiento adecuado para las plantas. Cuanto mayor es la profundidad de enraizamiento, mayor es la capacidad de retención de agua disponible del suelo. En períodos de sequía, las raíces profundas pueden acceder a mayores reservas de agua, aliviando así el estrés hídrico y promoviendo la supervivencia de cultivos de secano.

● Suelos volcánicos

Los suelos de ceniza volcánica se formaron a partir de la meteorización de los materiales expulsados durante las erupciones volcánicas.

Se encuentran en regiones con intensa actividad volcánica como el Cinturón de Fuego del Pacífico.

Aproximadamente el 60% de los suelos en los países tropicales son suelos de cenizas volcánicas.

El suelo estudiado presenta una morfología relativamente uniforme y contiene gran cantidad de materiales amorfos derivados del vidrio volcánico. Tienen color oscuro, textura franca, estructura esponjosa, consistencia tixotrópica, baja densidad aparente, alta área superficial específica y capacidad de intercambio, y reacción ácida. La mayoría son Dystrandeps y unos pocos Vitrandeps, Eutrandeps y Hydrandeps del área. Son bajos en N y P, con contenidos moderados de bases intercambiables.

● Evaluación cuantitativa

Siempre que existan las condiciones económicas y logísticas para la realización de análisis de laboratorio del suelo, se hace recomendable realizar análisis cuantitativos de los suelos, a fin de conocer de manera precisa sus características físicas, químicas o biológicas. Cabe anotar que el análisis de laboratorio debe ser en todos los casos un complemento de la observación cualitativa del suelo.

Obras biomecánicas para el manejo del suelo y los flujos de agua.

● Nivel tipo "A"

Materiales:

- ✓ Dos tablillas o rama de 2 metros (m) de largo, 2-3 cm. de diámetro
- ✓ Una tablilla o rama de 1.2 m de largo, 2-3 cm de diámetro
- ✓ Tres clavos de 2.5 pulgadas
- ✓ Dos metros de hilo cáñamo
- ✓ Una plomada
- ✓ Un lápiz

- **Construcción:**
Colocación de tablillas

Unir las dos tablillas más largas por uno de los extremos hasta formar una "A": Para comprobar que la unión de las tablillas es correcta, los extremos separados deberán tener una distancia de dos metros.

Unión de tablillas: Unir las dos tablillas con un clavo. Es importante no introducir totalmente el clavo, de modo que se pueda sujetar el hilo que sostendrá la plomada

Colocación del travesaño: Unir con un clavo de cada lado las tablillas en su parte media, colocando la tablilla de 1.2 metros, para formar la "A", la parte media se obtiene al colocar el hilo cáñamo a lo largo de las tablillas y al doblarlo por la mitad, dicha distancia se debe marcar con lápiz en ambas tablillas normalmente la distancia debe quedar a un metro en cada tablilla.

Colocación de hilo y plomada: Colocar el hilo en el clavo de la parte superior de la "A" y colgar la plomada máximo cinco centímetros debajo del travesaño; la plomada puede sustituirse utilizando una botella pequeña llena de suelo o grava y para colgarla se perfora el centro de la tapa rosca y se hace un amarre por dentro de la

- **Calibración de nivel tipo "A"**

A Coloque el nivel en un terreno inclinado y con dos estacas marque donde las patas tocan el suelo. Haga una marca en el travesaño en el punto donde la cuerda de la plomada toca el travesaño (marca 1).

B Gire media vuelta al nivel "A", de tal manera que cada pata quede sobre la marca donde estaba la otra anteriormente. Ponga una marca con lápiz en el travesaño en el punto donde la cuerda toca el travesaño (marca 2).

C Marcar el centro entre las marcas 1 y 2. Este indicará el nivel a seguir para trazar curvas a nivel.

- **Trazo de curvas a nivel**

Curvas de nivel: son líneas o trazos imaginarios que tienen la misma altura en cualquier punto de la pendiente.

La forma más rápida de delinearlas es con un nivel topográfico o un inclinómetro, pero en el caso de no disponer de esta tecnología, son útiles los niveles tipo "A" y el "caballete" de obras.

- **¿Para que se usan?**

Para impedir el paso del agua que se desliza por la superficie, para disminuir su velocidad y su capacidad de arrastre del suelo, así como favorecer la infiltración del agua. Para ubicar y determinar el número de terrazas de piedra, zanjas de infiltración o barreras vivas, que serán necesarias para conservar o proteger de manera más efectiva la pérdida del suelo.

Se sugiere su uso en todos los suelos que tengan pendiente, así esta sea muy leve. En caso de pendiente muy fuerte, las curvas de nivel son muy importantes más no son suficientes, pues se requiere su combinación con terrazas, zanjas y barreras vivas.

El trazo de curvas a nivel debe iniciarse de la parte alta hacia la parte baja de un terreno. Para su trazo se utilizan estacas, piedras y el procedimiento que se detalla a continuación:

1 Colocar el aparato "A" en la parte alta del terreno y señalar una marca inicial, a partir de ésta se medirá la distancia de separación de las diferentes curvas a nivel, aguas abajo. A esta línea imaginaria en dirección de la pendiente se le denomina línea madre.

- 2 Situar el aparato "A" sobre la marca inicial, en sentido perpendicular a la pendiente y mover el extremo del aparato "A" hasta que la plomada se ubique en el centro y en ese punto realizar la segunda marca de la curva a nivel.
- 3 Mover el aparato "A" en dirección del trazo, colocando el primer extremo del instrumento en la última marca realizada y así sucesivamente, hasta llegar al otro lado del terreno.

Una vez terminado el trazo, se alinean las estacas que hayan quedado muy abajo o arriba de la curva original, con el propósito de suavizar o alinear la curva a nivel y facilitar trabajos posteriores.

Es importante aclarar que la separación entre curvas se establece en el paso uno, pero durante el trazo del resto de las curvas dichos distanciamientos pueden variar.

● Zanjas de infiltración

Son un conjunto de zanjas y bordos continuos construidos en curvas a nivel, colocando el producto de la excavación aguas abajo de la zanja para formar el bordo. Las zanjas se construyen con diques divisores para seccionar el almacenamiento de agua.

● ¿Para que sirven?

- ✓ Disminuir la erosión hídrica
- ✓ Controlar la velocidad de escurrimiento
- ✓ Propiciar la infiltración de agua de lluvia
- ✓ Retener humedad

● Beneficios

- ✓ Disminuye la velocidad de escurrimiento
- ✓ Favorecen mayor infiltración de agua.

- ✓ Retienen humedad
- ✓ Favorecen el desarrollo de especies forestales

● Espaciamiento

Se utiliza la siguiente relación de distancias conforme a la pendiente.

Pendiente (%)	Distancia (metros)
2-4	30
5-9	28
10-19	20
20-29	14
30-39	10
40-49	6
50-más	

● Proceso de construcción

Primer paso: Trazar las curvas a nivel con base en la cantidad de escurrimientos que se quiere captar.

Segundo paso: Iniciar la excavación del terreno y conformación del bordo. Sobre las curvas a nivel trazadas se inicia la excavación de zanjas continuas de 40 cm de ancho superior por 30 cm de ancho inferior y 40 cm de profundidad (la profundidad debe medirse en la zona más baja de la zanja, de lo contrario no se alcanza el volumen previsto en el cálculo de espaciamiento de la obra).

El producto de la excavación se acomoda aguas abajo de la zanja y debe separarse de la misma en al menos 10 centímetros, para evitar que el material regrese a la excavación, es importante que el bordo se compacte con el fin de brindar estabilidad y facilitar la propagación de vegetación herbácea sobre el mismo.

Es muy importante que la obra esté completamente a nivel, ya que de lo contrario existiría un riesgo elevado de ruptura del mismo, en caso de un evento de lluvia

Con estas dimensiones y considerando un metro de largo, el volumen estimado de captación corresponde a 0.16 m³.

La excavación de la zanja puede ser realizada con maquinaria, de forma manual con pico y pala, o de forma combinada. La elección del uso de maquinaria dependerá de las condiciones del terreno.

Tercer paso: Construir un dique divisor de 30 centímetros aproximadamente cada seis metros.

El dique se construye con la finalidad de seccionar el agua almacenada y evita que se concentre en ciertos puntos, disminuyendo el riesgo de rompimiento del bordo. La altura del dique puede ser al mismo nivel del territorio o dejarlo a 10 centímetros debajo de dicho nivel, para permitir el paso del agua de una zanja a otra.

● Mantenimiento

El mantenimiento es uno de los elementos fundamentales en el uso de una zanja de infiltración, y debe realizarse permanentemente, y en especial cuando la zanja se haya llenado. Se debe hacer mantenimiento de las zanjas después de un evento de lluvias, para asegurar su buen funcionamiento.

Con cada evento de lluvias, las zanjas de infiltración se llenan con tierra y restos de plantas, por lo cual no pueden seguir acumulando agua. El material acumulado son sedimentos finos y arenas, con la mejor fertilidad de esos terrenos.

La zanja se limpia sacando los sedimentos acumulados, que posteriormente, para aprovechar su fertilidad, se llevan nuevamente a los terrenos, en las proximidades de las especies plantadas. Para asegurar la eficiencia de las zanjas por mucho tiempo, se recomendó evitar el paso de ganado, particularmente cuando las plantas son pequeñas.

● Recomendaciones

- ! Cuando en el terreno exista cárcava o arroyo, se debe terminar la obra antes de que cambie la pendiente, recorriendo el bordo aguas arriba y trasladando el nivel al otro lado de la cárcava o arroyo, con el fin de no provocar daños o derivación de flujos.
- ! En terrenos con erosión fuerte, se debe combinar esta obra con otras de retención de sedimentos, con el fin de aumentar la vida útil de esta obra.
- ! Se recomienda construir esta obra cuando el propósito de la práctica de conservación sea el captar la mayor cantidad de escurrimiento.
- ! Si la obra se acompaña de reforestación se debe usar especies forestales propias de la región, establecer la plantación en la época de lluvia y proporcionar los cuidados necesarios para lograr un mayor éxito en los beneficios de la obra.

● Terrazas individuales

Las terrazas individuales son pequeñas plataformas de forma circular, con un diámetro de entre 60 y 80 cm, donde se siembran las plantas. Sobre éstas, se realizan las prácticas culturales y su principal función, consiste en reducir la velocidad de las aguas de escorrentía, favoreciendo su infiltración.

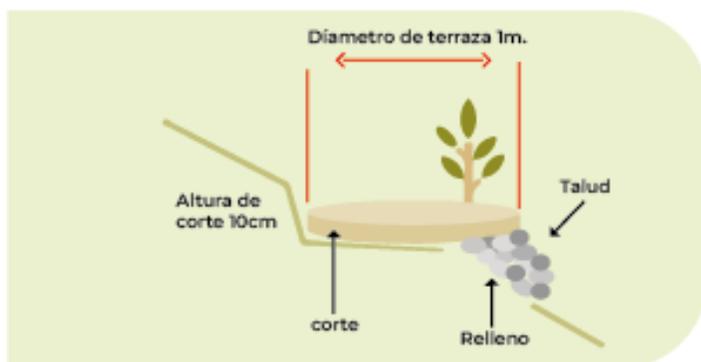
● Proceso de construcción

Primer paso. Para su construcción, se utiliza una estaca y una cuerda de 0.5 metros de largo; se debe trazar un círculo de un metro de diámetro.

Segundo paso. Después, se procede a excavar en la parte superior del círculo, depositando y conformando un bordo circular con el suelo excavado, que permita almacenar agua de lluvia y proporcionar humedad a las especies ahí plantadas. Dicho bordo puede reforzarse con piedras u otro mate-

Tercer paso. Dependiendo de las condiciones topográficas del terreno, se les puede dar a las terrazas una inclinación en contra pendiente dentro de la terraza.

Cuarto paso. La capacidad de almacenamiento de agua dependerá del tipo de suelo. En zonas con alta incidencia de lluvias se recomienda plantar cada arbolito cerca del borde construido en el área de relleno y no en el centro de la terraza. Con esto se trata de evitar pudriciones o ahogamiento por exceso de agua.



Quinto paso. Las terrazas individuales deben tener como medidas promedio: un metro de diámetro y 10 centímetros de profundidad de corte, con taludes estabilizados con piedra o pastos. Estas medidas pueden variar de acuerdo con la pendiente y a la profundidad del suelo.

● Recomendaciones

- ! En regiones áridas y semiáridas, se debe reducir la cantidad de terrazas y árboles para evitar la competencia por humedad. También se deben construir bordos sobre las curvas a nivel para retener escurrimientos y captar mayor cantidad de agua. De ser posible, se debe encauzar dichos escurrimientos hacia la terraza.
- ! En regiones tropicales, se recomienda combinar las terrazas individuales con canales de desagüe que intercepten y desalojen los excesos de agua en forma controlada.

- ! Una actividad importante en la aplicación de esta práctica es la estabilización de taludes en la zona de corte y relleno mediante la colocación de piedras o cultivos de cobertera para evitar la destrucción de la obra y el mal funcionamiento

● Barreras vivas

Son plantas sembradas en hileras, preferiblemente en alta densidad de manera perpendicular a la pendiente (en contorno), o con cierto gradiente longitudinal cuando sirven como complemento a una obra física. Son importantes de utilizar para los productores asentados en zonas de ladera, donde la erosión hídrica es evidente.

Se pueden combinar con cultivos de cobertura y otras obras de conservación de suelos y agua como las acequias de ladera, terrazas de banco y barreras muertas. Deben seleccionarse especies de crecimiento rápido, preferiblemente maderables de alto valor económico, con capacidad de auto poda y resistencia a plagas y enfermedades. En suelos de ladera, la preparación de la tierra se restringe a operaciones sencillas.

La función principal del establecimiento de las barreras vivas es controlar la erosión de los suelos. Ellas actúan como reductoras de la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo. Además, funcionan en el control de plagas (físico o como repelente) y protección contra el viento.



● Proceso de construcción

Primer paso: Colectar el material vegetal en los meses más apropiados, según la especie seleccionada.

Dependiendo de la parte de la planta utilizada como propagación (estaca, hijuelo o penca) es conveniente realizar la colecta con antelación a la época de plantación, ya que algunas especies requieren algún tratamiento especial. Es importante verificar las normas establecidas para la extracción de cada especie, a fin de realizarla de manera racional.

La planta puede, o no, ser almacenada por un tiempo o trasladada al lugar de la plantación. En cualquier caso, se debe verificar el cuidado en el traslado, estibado y almacenado para evitar pérdidas de las plantas.

Segundo paso: Trazar las curvas a nivel de acuerdo a los distanciamientos calculados. Se recomienda marcar una línea madre antes de ubicar las curvas a nivel.

Tercer paso: Realizar un surco para permitir la plantación de las especies.

El surco se realiza con pala o pico a partir de la curva a nivel. La excavación para el establecimiento de barreras puede ser de 10 centímetros de profundidad por al menos 15 cm de ancho. Si la topografía es uniforme, y la vegetación no se ve comprometida, se puede hacer uso de maquinaria agrícola.

Cuando los terrenos no son uniformes en cobertura vegetal, se realiza una limpieza selectiva sobre la línea en donde se establecerá la plantación.

Cuarto paso: Trasladar las especies al predio y plantarlas por las líneas de plantación.

Las especies se plantan sobre el surco a una distancia de entre 20 y 25 centímetros para permitir el cierre del espacio y formar la

barrera; cuando se trate de especies de mayor porte en el ancho de su base, podrán plantarse a una distancia de hasta 50 centímetros.



Con la finalidad de que la barrera retenga la mayor cantidad de azolves, se puede realizar un "cabeceo" al inicio y al final de cada línea, es decir, colocar un metro de barreras vivas de forma perpendicular, en dirección a la pendiente, formando un ángulo de 90 grados.

Quinto paso: Aporcar o arrimar la tierra, con una herramienta manual, de modo que la especie quede bien plantada sobre el surco.

Resulta conveniente utilizar especies de fácil establecimiento y propagación que logren de forma natural restaurar las áreas degradadas y además puedan ser aprove-

● Recomendaciones

- ✓ Dar mantenimiento al surco y a la plantación
- ✓ Realizar la obra en rangos de 5 a 25% de pendiente
- ✓ Las reforestaciones posteriores podrán combinarse con las barreras vivas
- ✓ Las barreras vivas son una opción en las zonas áridas y semiáridas donde predominan suelos poco profundos, pedregosos o compactados, lo cual impide la construcción de otro tipo de obras

- ✓ Adicionalmente las especies utilizadas en la barrera viva tienen otros usos, como es la producción de tuna, extracción de comercializantes como complemento del ingreso familiares.

Obras para el control de la erosión en cárcavas

Las alternativas para el control y el manejo de cárcavas recogen en mayor medida los resultados de experiencias que han sido catalogadas genéricamente como de bioingeniería.

Para evitar la ampliación de las cárcavas, se realiza la construcción de estructuras mecánicas en sentido opuesto a la pendiente. Estas estructuras se construyen teniendo en cuenta las características de la zona (procesos erosivos y pendiente), lo que permite retener el material en deslizamiento de los taludes de la cárcava, reduciendo la velocidad del agua y el aporte de sedimentos al cauce principal.

Conociendo el origen de la problemática la primera acción a realizar es eliminar la causa que la originó, por lo que se consideran trabajos en dos niveles: nivel de ladera o nivel de la cárcava.

Los trabajos a nivel de ladera tienen como objetivo evitar, reducir o controlar el escurrimiento superficial y aumentar la filtración de agua en el suelo.

Los trabajos a nivel de cárcava se realizan siempre y cuando las prácticas a nivel ladera no sean suficiente para controlar el escurrimiento. El objetivo de estas actividades es el de disminuir la velocidad del agua, favorecer la sedimentación de las partículas que lleva en suspensión y finalmente estabilizar la cárcava.

Etapas para el control de cárcavas: De acuerdo con los tipos de crecimiento de una cárcava, los trabajos para su control se dividen en:

- A Control de la longitud
- B Control de la amplitud
- C Control de la profundidad

● Control de longitud en cárcavas

El control de la longitud de cárcavas se realiza mediante distintos procedimientos, tales como el cabeceo de cárcavas, el cual tiene la finalidad de reducir la erosión por caída.

Este tipo de obras para el control de la longitud de cárcavas se complementa con la colocación de una presa de control de azolves situada al pie del cabeceo que se haya instalado.

Finalidad del cabeceo de cárcavas:

- ✓ Evitar el crecimiento en longitud de la cárcava.
- ✓ Estabilizar y cubrir los taludes en la parte inicial de la cárcava.
- ✓ Disminuir la pendiente de los taludes para evitar deslizamientos.
- ✓ Cubrir el suelo descubierto evitando el impacto de las gotas de lluvia y las corrientes de agua.

● Cabeceo de cárcavas con piedra

Consiste en el recubrimiento con material inerte como piedras o material vegetal muerto (troncos) que escorrentía en la cárcava, además de proteger el suelo después del recubrimiento del talud para amortiguar la energía de caída de la corriente.

El diseño del cabeceo de cárcavas se enfoca a disminuir la pendiente de entrada a la cárcava, que comúnmente es de 90 grados, a una pendiente que no cause erosión, la cual se ha estimado en ángulos de inclinación menores a 45 grados.

● Proceso de construcción

Primer paso: Medir la profundidad de la cárcava.

Esta medición se realiza en la parte inicial para calcular el diseño del cabeceo. Si la profundidad de la cárcava es igual o mayor a dos metros, no se recomienda hacer el cabeceo mediante el zampeado seco de piedra, por lo que se debe pensar en otro método, como zanjas interceptoras de escorrentía o colocación de especies naturales en los taludes.

Segundo paso: Definir la inclinación del talud.

El grado de inclinación a que se despalmará el talud es normalmente de 1:1 o 45°, pero pueden realizarse taludes de 1.5:1, 2:1 o 3:1, donde el número inicial indica el número de veces por la que se multiplica. En cárcavas de uno a dos metros de profundidad se recomienda usar un talud 0.5:1, reforzando bien el zampeado para darle mayor estabilidad.

Es importante conocer la textura del suelo para saber cuál es la inclinación más adecuada al talud, entre más gruesa sea la textura, menor debe ser el ángulo de inclinación del talud.

Tercer paso. Despalmar la cabecera de la cárcava.

Esta actividad se lleva a cabo con pico, pala u otro instrumento manual. Cuando la cárcava es muy profunda se puede construir un escalón para facilitar los trabajos.

Cuarto paso: Colocar la piedra cubriendo todo el talud.

La colocación del zampeado de piedra se hace de aguas abajo hacia aguas arriba, empotrando una pequeña barrera de piedras en el suelo a una profundidad mínima de 20 centímetros. A partir de esa barrera, se empieza a colocar el zampeado hasta llegar al borde inicial de la cárcava.

● Recomendaciones

✓ Es conveniente prolongar el recubrimiento de piedra en el fondo de la cárcava, como mínimo un tercio de la longitud del talud para evitar el golpeteo directo de la corriente de agua sobre el suelo.

✓ Colocar la primera presa de control de azolves sobre el fondo de la cárcava, a uno o dos metros de distancia después del zampeado

● Control de la amplitud de cárcavas

Este apartado se enfoca a la protección de los taludes en cárcavas. El control de la amplitud o ancho de las cárcavas se efectúa mediante acciones directamente para el control de taludes, lo cual evita que las presas se azolven rápidamente y que se destruyan con facilidad.

● Estabilización de taludes

El objetivo del control de taludes es evitar el crecimiento lateral y se fundamenta en buscar el ángulo de reposo adecuado para el suelo y sedimentos, disminuyendo la inclinación de los taludes y recubriéndolos para evitar la erosión en los mismos y propiciar el crecimiento de la vegetación.

● Proceso de construcción

Primer paso: Despalmar el talud hasta el ángulo de reposo

Para hacer el desvanecimiento del talud se mide la profundidad de la cárcava y la distancia horizontal requerida usando la proporción del talud. Por ejemplo, si la profundidad de la cárcava es de 2.5 metros, y se programa la realización de un talud 1.5:1, entonces se multiplica 2.5×1.5 y obteniendo la distancia horizontal a la que se debe desvanecer el talud, que en este caso es de 3.75 metros al hacer el desvanecimiento, el talud resultante será de 1.5:1.

Segundo paso: Cubrir el talud. El recubrimiento del talud se realiza a lo largo de la cárcava y regularmente se utiliza un material que lo proteja de la erosión del agua, para lo cual se pueden utilizar piedras. El acomodo de la piedra se realiza iniciando del fondo de la cárcava hasta cubrir la totalidad del talud, debe cimentarse bien la piedra en el talud para evitar la socavación.

Otra opción para la estabilización del talud es el establecimiento de barreras vegetativas en la orilla de la cárcava, las cuales a su

vez impiden el paso del ganado y con ello evitan que el pisoteo desestabilice el talud.

● Control de la amplitud de cárcavas

Este tipo de control se realiza mediante la colocación de obstáculos o diques sobre el fondo de la cárcava, conocidos como presas o diques.

Un dique representa una obra relevante en el control de erosión en zonas de cárcavas al regular el flujo hídrico y contener los sedimentos transportados. Un dique se compone de postes dispuestos en sentido vertical y horizontal. Los postes verticales se colocan a intervalos de 1m, siguiendo el perfil de las cárcavas, y a una profundidad de 0.4 m. Los postes horizontales se alambran y se clavan a los verticales y en sus extremos se empotran entre 0.2 y 0.3 m a ambos lados de la cárcava.

Estructura de control de cárcava



En el diseño de presas se deben considerar las siguientes especificaciones técnicas:

A Espaciamiento entre presas:
Respecto a la altura efectiva del dique (medida hasta la base del aliviadero), los manuales de control de cárcavas suelen únicamente establecer valores máximos para evitar problemas de socavación al pie del dique: 2 m.

B Altura de la cortina:
La altura a la corona de la presa tiene influencia sobre el espaciamiento y la capacidad de retención de azolve, por lo que un criterio adicional entre construir una presa más alta o en su lugar construir dos, dependerá de los costos y de la dificultad de los procesos de construcción, para lo cual se podrán considerar las características del siguiente cuadro:

Tipo	Cárcava	Altura máxima (m)	Propósito	Costos	Otras características
Ramas	pequeñas	1	Detener azolve	Bajo si hay vegetación en la zona	Fácil de construir poco durable
Troncos	pequeñas y angostas	3	Detener azolve	Bajo en áreas forestales	Apropiado para zonas forestales
Piedra acomodada	pequeñas y angostas	2	Detener azolve	Moderado	Recomendado donde hay piedra

C Empotramiento:
El empotramiento es determinante para la construcción de presas, depende de las características del fondo de la cárcava, pudiéndose empotrar de manera muy somera cuando el fondo sea rocoso o con tepetate y de manera profunda en caso de que sea arenoso.

D Vertedor:
El vertedor es una estructura hidráulica construida normalmente en un canal abierto y su finalidad es medir el flujo de la corriente, conocida como gasto.



4. Manejo agronómico del cultivo del café

Éxito en la gestión agronómica de la finca: El café está relacionado con una variedad de factores y cómo estos se combinan. Algunos factores no pueden controlarse, como el clima y el tipo de suelo, pero otros dependen de la decisión del productor, generalmente relacionado con el mercado y tecnologías disponibles, como tipos de plantas, sombra, programa de fertilización y prácticas culturales.

Condiciones agroecológicas para el cultivo del café.

Es importante que el productor lleve a cabo prácticas culturales que favorezcan el desarrollo de las plantas, regulen el comportamiento de las plagas, controlen la retención de humedad y los procesos de maduración, y velen por el microclima y la biodiversidad.

Las variables agroecológicas que se deben tener en cuenta al momento de producir café sustentable:

● **Altura**

Tiene un efecto directo sobre la temperatura, la radiación y la precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y los 1700 m s. n. m. Sin embargo, en los últimos 10 años las observaciones sobre la altitud a la cual se recomienda sembrar el café han estado modificándose, debido al cambio climático.

● **Precipitación anual**

Es un factor no controlable que afecta la producción, tanto por su cantidad como por su distribución, a lo largo del año. La falta de agua durante los períodos de desarrollo del cultivo limita el crecimiento y la productividad. Las sequías muy prolongadas provocan la defoliación y pueden conducir a la muerte de la planta.

El exceso de lluvia, por su parte, favorece el crecimiento de malezas y algunas plagas, por lo que el control fitosanitario resulta difícil y costoso.

● **Temperatura**

El promedio anual más beneficioso para el café está entre los 17 y los 23 °C. Las temperaturas bajas provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes, mientras que las altas generan estrés hídrico y defoliación. Los cambios diarios expresados en la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima son definidos como amplitud térmica, la cual influye en la floración. Cuando la amplitud térmica es superior a 10 °C, se promueve la floración.

● **Humedad relativa**

Debe ser menor al 85%. Si es muy alta favorece el desarrollo de enfermedades fungosas. El microclima que produce la sombra, el desarrollo de la planta y el manejo adecuado de las malezas inciden en la regulación de la humedad relativa.

● **Viento**

Este elemento climático tiene una gran importancia, ya que aumenta la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas a medida que aumenta su velocidad. Corrientes de aire muy fuertes resecan y rompen hojas, brotes tiernos y yemas florales.

● **Cobertura vegetal o sombra del cafeto**

La cobertura vegetal aporta innumerables beneficios a la producción sustentable de café y almacena los gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global, con lo cual, contribuye a mitigar los efectos negativos del cambio climático. El café es una planta de días cortos, lo que significa que florece cuando la noche tiene una duración mayor que el día.

● Conductividad eléctrica

En ese sentido debemos recordar que el café no tolera suelos salinos y que éstos incrementan su concentración de sales conforme escasean las lluvias.

Producción sustentable de nuevos cafetos.

Origen de la semilla y su selección.

Para poder garantizar un buen desarrollo del cultivo y mejores producciones sustentables de café se debe determinar cuáles son las variedades que se adaptan mejor a las condiciones agroclimáticas de la zona o usar material genético del lugar donde queremos la nueva plantación.

El proceso de selección de semillas se debe realizar teniendo en cuenta que las plantas madre son las plantas mejor adaptadas a la zona y producen la mejor calidad del fruto, deben ser las cerezas maduras que se encuentren en medio de la rama en la parte central del cafeto.

Criterios de selección de plantas madre:

- ✓ Cafetos productivos preferiblemente jóvenes entre 4 y 8 años
- ✓ Plantas de condición vegetativa vigorosa, sanas del follaje, tallos y ramas, y con raíces bien conformadas, firmes y sanas
- ✓ Plantas con productividad estable
- ✓ Eliminar plantas atípicas que no cumplan con las características de porte y fenotípicas
- ✓ Evitar cosechar plantas en los límites del lote semillero por la posibilidad de polinización cruzada

Variedades recomendadas.

Entre las variedades más establecidas en El Salvador, y que se reconocen por su calidad en taza, están la Pacamara, la Bourbon y la Pacas, mientras que las variedades tolerantes son la Catimor, la Catisic, la Costa Rica 95 y la Sarchimor, entre otras. Es importante conocer la procedencia de las semillas para garantizar la calidad de la variedad que se va a establecer. La World Coffee Research elaboró un catálogo donde se pueden consultar las características de algunas variedades.

Establecimiento del semillero.

Se hizo común en el pasado que los productores sembraran la semilla directamente en la bolsa, o directo al suelo para luego ser trasplantada al campo definitivo "en terrón" o "en escoba".

Al hacer esto se corre el riesgo de crecimiento anormal de las raíces (bifurcadas, torcidas o en forma de espiral).

Para evitar ese riesgo se recomienda la construcción de bancos de germinación de la semilla, comúnmente llamados "semilleros", sitio donde se da la germinación de la semilla y se producen las "plántulas", a las que conocemos como: fosforito.

La plántula de café tiene necesidades para su desarrollo con éxito como lo son:

- **Medio de anclaje**
El sustrato en el que germinará y se desarrollará la plántula
- **Agua**
Riego apropiado a las necesidades.
- **Luz**
Controlada en el proceso de germinación (cobertura y sombra)

Para el banco se construye un marco con los materiales disponibles en la finca: tablas, madera rolliza, bambú o cualquier otro, que permita contener el sustrato. Al menos 20 centímetros libres, a mayor altura mayor espacio para el desarrollo del sistema radicular.

Según la cantidad de semilla a sembrar, en 1 metro de largo y 1 metro de ancho tenemos 1 metro cuadrado, área necesaria para sembrar 2 libras de semilla.

Sustrato adecuado:

El sustrato es el medio de anclaje de la plántula, en el que ocurre el proceso de germinación y puede desarrollarse el sistema radicular de forma saludable, sin daño mecánico y sin presencia de plagas y enfermedades, generalmente es de arena lavada y cernida o colada, puede ser de origen volcánico o arena de río.

Desinfección del sustrato:

Para asegurar que el sustrato esté libre de organismos, especialmente hongos que causen enfermedades a la plántula, debemos desinfectarlo y para ello hay diferentes prácticas que podemos realizar:

- ✓ El Uso de agua hirviendo, se usa de 2 a 3 litros de agua por metro cuadrado
- ✓ Solarización, se moja el sustrato y se tapa el semillero con plástico transparente
- ✓ Desinfección química, usar agroquímicos para la desinfección del sustrato cuidando respetar las recomendaciones de los formuladores contenidos en las hojas técnicas de los productos a usar.

La ubicación del vivero es un factor muy importante para tomar en cuenta, protegiéndola de animales domésticos como silvestres, el terreno debe ser plano y soleado.

Trasplante a vivero

Sabremos que las semillas de café germinadas en el semillero están listas para pasarse al vivero cuando hayan alcanzado la etapa que comúnmente llamamos "de soldadito" o, máximo, cuando hayan alcanzado la de "mariposita" (un par de hojas), lo que ocurre entre los 55 y los 77 días después de haber sido sembradas en el semillero.

Antes de pasar los soldaditos o maripositas de café al vivero, debemos hacer un hoyo en la parte central de las bolsas con sustrato lo suficientemente hondo y recto para que podamos colocarlas de tal forma que no se doble ni maltrate su raíz. Una vez sembradas nuestras plantas debemos darles un riego para estabilizar las plántulas.

En el vivero debemos poner un cobertizo o una enramada de hojas o de paja, a una altura de 1.8 o 2.0 m. para que genere entre un 70 y un 75% de sombra.

Riego y abonado del vivero

El vivero debe regarse con agua de buena calidad, de preferencia en la tarde para que siempre esté húmedo. Se debe abonar el vivero con composta o abono de lombriz en dosis de 50 gr. por planta. Además, se deben aplicar cada 15 o 20 días abonos foliares.

Establecimiento de la plantación de café

Trazo de plantación

Los trazos de plantación recomendados son curvas a nivel, curvas en contorno, rectangular, tres bolillo y marco real. La selección de estos trazos depende de la topografía del terreno, densidad de población y variedad.

Con un mes de anticipación a la siembra o trasplante, deberán hacerse los hoyos, con una dimensión de 40x40x40 centímetros; es importante que, al cavar, la tierra obtenida de los primeros 20 centímetros, se coloque de un lado y la de los siguientes 20 centímetros del lado contrario, para posteriormente al tapar el hoyo la obtenida en los primeros 20 cm. se mezcle con materia orgánica bien descompuesta, que puede ser composta o pulpa de café seca y se coloque en el fondo del hoyo.

Trasplante

Para el trasplante, se debe seleccionar las plantas de variedad deseada sanas y vigorosas. La bolsa o el tebete donde se mantuvo la planta de vivero, al efectuar el trasplante se debe eliminar. La época más conveniente para iniciar es durante la temporada de lluvias y de preferencia al inicio.

Manejo agronómico de cafetales

Fertilización

Fertilización química: El tratamiento de fertilización varía de acuerdo con la fertilidad natural del suelo, por ello es recomendable realizar un análisis de suelo previo a la aplicación. En general el cafeto requiere de 270 kg. de nitrógeno, 140 kg. de fósforo y 180 kg. de potasio. Se sugiere dividir en dos aplicaciones la primera en junio-julio y la segunda en septiembre.

Fertilización orgánica. Entre los materiales más comunes se encuentran los diferentes tipos de estiércol y compostas, así como la pulpa de café que se obtiene en el beneficio húmedo del mismo. La pulpa de café, además de estar disponible en grandes volúmenes en los beneficios, tiene excelentes propiedades nutricionales para las plantas, mejora la estructura del suelo,

mejora la retención de humedad, aumenta la flora bacteriana, impide su compactación y permite una mejor aireación.

Podas de la planta

Los cafetos se someten a un tratamiento de poda después de la cosecha, para sustituir oportunamente las ramas que ya produjeron. De esta manera se elimina parte de la planta y se cambia su forma normal de crecimiento para darle una configuración armoniosa. Esto favorece el crecimiento de nuevas ramas y prepara el tejido productivo.

- ✓ **Poda sanitaria**
Consiste en eliminar todo tejido viejo (ramas enfermas e improductivas y tallos viejos). Este tipo de poda debe realizarse año con año de manera sistemática para disminuir el efecto de la bianualidad o alternancia en la producción que presenta el cafeto.
- ✓ **Podas de formación**
Consiste en formar, en los primeros años de crecimiento, la estructura del cafeto. Las prácticas recomendadas son: agobio (se arquea el tallo) y descope.
- ✓ **Podas de rejuvenecimiento**
Consiste en la eliminación parcial del tejido, para estimular a la planta a que desarrolle nuevo follaje. De este tipo de poda existen métodos como la recepa.

Manejo de plagas y enfermedades

En el agroecosistema cafetalero existen muchos tipos y clases de animales e insectos que conviven y se regulan entre sí. El aumento desmedido de una población de animales o de insectos es perjudicial y nocivo para nuestros cultivos. Es lo que se conoce comúnmente como plagas.

Por ello, una producción de café sustentable requiere de un manejo de plagas y de un control de enfermedades con sustancias y procesos que no generen un impacto negativo a corto y largo plazo en las poblaciones de insectos benéficos, el suelo y al ser humano.

En el país, son muchas las plagas que afectan la caficultura; sin embargo, por su importancia económica, se destacan las siguientes:

Broca de café

La broca del café, *Hypothenemus hampei Ferrari*, es la plaga más perjudicial para la caficultura regional y mundial. Coloniza los frutos durante su maduración y destruye una gran parte de la cosecha en un tiempo corto. El control de la broca se realiza mediante un programa de MANEJO INTEGRADO (MIB) que comprende varias tácticas y opciones de control:

- ✓ **Control cultural:** incluye la cosecha sanitaria (pepena y repela), el registro de floraciones, el corte de frutos prematuros y el manejo agronómico.
- ✓ **Control biológico:** se caracteriza por la liberación en los cafetales, de diferentes especies de parasitoides: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, y la aplicación del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*.
- ✓ **Control etológico o trampeo:** es el uso de trampas cebadas con atrayentes para capturar las hembras colonizadoras.
- ✓ **Control químico:** es la aplicación de insecticida como último recurso, cuando los otros métodos no han dado resultados adecuados.

Roya del cafeto

La roya es la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que provoca la caída prematura de hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de árboles.



- ✓ **Control cultural:** Se recomienda mantener un buen programa nutrimental y reducir la sombra excesiva con el fin de evitar rangos de temperatura favorables para el desarrollo de la plaga, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulará el incremento de área foliar y la vida media de las hojas.

Así mismo, evitar densidades de plantación altas (superior a 10 000 plantas por sitio) para impedir la proliferación de múltiples chupones que induzcan auto-sombreo.

- ✓ **Control Químico:** La base racional para el manejo químico de la roya del café es el aspecto fenológico de la planta, para entender el período de mayor susceptibilidad e impacto en el manejo.

El momento oportuno para empezar con la aplicación de fungicidas es previo al inicio de la estación de lluvias.

Bibliografía

- Altieri, MA. 2001. Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria. Berkeley, US. Científicas Americanas. 27-34p.
- Arteaga, E. et al. 2003. Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas validadas por el Proyecto JALDA. Kessler, A (ed.). Sucre, Bolivia. Proyecto JALDA. 48p. (Estudios de investigación). N° 2.
- Campaña, SF. et al. 2004. Manual de control de erosión. 2 ed. Santiago, Chile. Grafica Mundo. 73p.
- Campos Almengor, OG. 2020. Manejo Integrado del Minador de la Hoja del Cafeto. Guatemala. ANACAFE. 7p.
- Cárdenas, J y San Román, L. 2016. Buenas prácticas para el desarrollo de agricultura sostenible y afrontar el cambio climático. Costa Rica. PRIICA. 101p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Republica Dominicana). 2019. Manual de producción sostenible de café. Santo Domingo, República Dominicana. 105p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México); Gerencia de Restauración Forestal. 2018. Protección, restauración y conservación de suelos forestales: Manual de obras y prácticas. 5 ed. Jalisco, México. 296p.
- CSC (Consejo Salvadoreño del Café); IICA, (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); UE (Unión Europea); CRS (Catholic Relief Services). s.f. Guía Práctica de Caficultura. El Salvador. Creative Commons Attribution. 76p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia), MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia.). 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Bogotá, Colombia. 144p.
- Fernández Reynoso, DS. et al. 2009. Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Montecillos, Texcoco, MX. Editorial del Colegio de Postgraduados. 66p.
- Fernández-Kolb, P. et al. 2019. Café sostenible adaptado al clima en El Salvador. Cali, Colombia. CIAT. 26p.
- Fernández-Kolb, P. et al. 2019. Café sostenible adaptado al clima en El Salvador. Cali, Colombia. CIAT. 26p.
- FHIA (fundación hondureña de investigación agrícola); Agencia canadiense de desarrollo internacional. 2011. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. 2 ed. La Lima, Honduras. 22p.
- FLORES IBARRA, RT. 2016. Impacto del cambio climático en las condiciones de vida de los/as trabajadores/as de agricultura familiar de el salvador: comparación 2007 y 2014. Tesis Lic. Economía. San Salvador, El Salvador. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". 114p.
- Fonseca, F. et al. 2018. Guía técnica para la restauración en El Salvador: Renovación de cafetales. Gómez Zuluaga, ML (ed.). San José, Costa Rica. UICN. 28p.
- Guía para la asistencia técnica agrícola de Nayarit: Café. Nayarit, México. 10p.
- Herrera, MC. et al. s.f. Colombian Volcanic Ash Soils. Atlanta, USA. Georgia Institute of Technology. 37p.
- ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café. Heredia, Costa Rica. 72p.
- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile). 2003. Métodos y prácticas de conservación de suelos y agua. Carrasco Jimenes, J. (ed.). Rancagua, Chile. Boletín INIA N° 103. 132p.
- J-Green (Agencia de Recursos Verdes del Japón). 2004. Estrategia de Intervención: "Desarrollo Rural Sostenible, basado en la conservación de suelos y aguas". Sucre, Bolivia. 217p.
- Labra, F. et al. 2018. Manual para la implementación de obras de conservación de suelos y cosecha de aguas lluvia en Alhué. Santiago, Chile. Instituto Forestal. 101p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2018. Tercera Comunicación de Cambio Climático de El Salvador. El Salvador. MARN. 221p.
- Martini, JA y Palestina, JA. 1974. Soils derived from volcanic ash in central America: 1. Andepts. Soil Science. 120(4). 278-287.

- MOCCA (Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas). s.f. Semilleros y viveros de café: Asegurando el éxito futuro de su plantación. 45p.
- Mora Aguilera, G. 2019. Roya del cafeto. México. SADER. 19p.
- Muñoz Hernández, R. s.f. Plagas insectiles del cafeto. s.l. 30p.
- Pizarro Tapia, R. et al. 2004. Diseño de obras para la conservación de aguas y suelos. Talca, Chile. Contacto. 147p.
- PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura, Guatemala); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2007. Manejo integrado de la broca del café. Guatemala. 8p.
- Raudes, M., Sagastume, N. 2009. Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.
- Shepherd, TG. et al. 2008. Visual Soil Assessment: Field guide for annual crops. Rome, Italy. FAO. 34p.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). s.f. Guía de buenas prácticas para café sustentable. Oaxaca, México. 120p.

ANEXOS

ANEXO 1. Diagrama de la parcela y dinámica del suelo.

Fecha: ____/____/____.

Código de Parcela: _____

DIAGRAMA DE LA PARCELA Y DINAMICA DEL SUELO.

Nombre de la Finca: _____

Nombre del Propietario: _____

Teléfono: _____

Departamento: _____ Municipio: _____ Caserío: _____

Observaciones

Uso Actual
Estado general de la parcela
Historia de uso y manejo
Paisaje y topografía.
Presencia de erosión.

ANEXO 2. Evaluación Cualitativa de suelos.

Código de Finca:		Código de Muestra:			Coordenadas		N:			
Altitud:							E:			
EVALUACIÓN DE SUELO.										
<u>Calidad de Suelo</u>		Pobre			Regular		Buena			
INDICADORES		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Lombrices de tierra.									
	Materia Orgánica									
	Textura									
	Raíces									
	Olor									
	Compactación superficial									
	Estabilidad estructural									
	Estado de las plantas									
	pH									
	NaF + Fenolftaleína									
B	Raíces									
	Olor									
	Compactación profunda									
	Infiltración profunda									
	Profundidad efectiva									
	pH									
	NaF + Fenolftaleína									
Reacción a Carbamatos		A:		Textura		A:		Valor de pH		
		B:				B:				

