



# GUÍA DE PRÁCTICAS PARA LA REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS



Agroecological  
Regenerative  
Cocoa COLOMBIA • ECUADOR • PERU









# GUÍA DE PRÁCTICAS PARA LA REHABILITACIÓN *DE SUELOS DEGRADADOS*



Agroecological  
Regenerative  
Cocoa COLOMBIA - ECUADOR - PERU

© 2024 CIFOR-ICRAF



El contenido de esta publicación está bajo licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Meza A. 2024. *Guía de prácticas para la rehabilitación de suelos degradados*. Lima, Perú: CIFOR-ICRAF

**Autor:** Abel Meza

**Revisión técnica:** Lourdes Quiñones, Valentina Robiglio

**Coordinación:** Alejandra Visscher

**Corrección de estilo:** María Soledad Obregón

**Diseño y diagramación:** Claudia Rospigliosi

**Ilustraciones:** Jonathan Guzmán

**Fotografías:** CIFOR-ICRAF y proyecto ARC

## **CIFOR-ICRAF**

Oficina Regional para América Latina

Av. La Molina 1895, La Molina, Lima – Perú

PO Box 1558

Tel: +51 1 349 6017

Correo electrónico: [Latinoamerica@cifor-icraf.org](mailto:Latinoamerica@cifor-icraf.org)

---

## **CIFOR-ICRAF**

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

### **[cifor-icraf.org](http://cifor-icraf.org)**

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

Esta publicación ha sido desarrollada en el marco del proyecto Agroecological Regenerative Cocoa (ARC) liderado por la Alianza de Biodiversity International y el CIAT, y KAOKA, y ejecutado con sus socios CIFOR-ICRAF, Conservación Internacional, Fundación KAOKA y Biocacao.

# CONTENIDO

<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>I. Conceptos clave</b>	<b>11</b>
1.1. ¿Qué es el suelo?	11
1.2. ¿Qué es la salud del suelo?	11
1.3. Principales indicadores de salud del suelo	11
1.4. Indicadores locales de la degradación del suelo	11
1.5. ¿Qué es la degradación del suelo?	17
1.6. Restauración o rehabilitación	20
<b>II. Proceso de rehabilitación del suelo</b>	<b>21</b>
2.1. Fase de diagnóstico	22
2.2. Diseño de la intervención	22
2.3. Fase de planificación e implementación	22
2.4. Fase de monitoreo y evaluación	22
<b>III. Prácticas de manejo sostenible del suelo</b>	<b>25</b>
3.1. Cultivos agrícolas en rotación con barbechos o purmas	27
3.2. Purma (o barbecho) mejorada	29
3.3. Uso de enmiendas y abonos	33
3.4. Coberturas vivas	37
3.5. Coberturas muertas	40
3.6. Barreras vivas en laderas	42
3.7. Preparación de terreno sin quema	45
3.8. Siembra en hoyos grandes	47
3.9. Zanjas de infiltración	49
3.10. Siembra en contrapendiente	51
<b>IV. Opciones de rehabilitación de suelos degradados para el cultivo de cacao en sistemas agroforestales</b>	<b>53</b>
4.1. Purma mejorada con especies leguminosas	53
4.2. Rehabilitación de suelos degradados en áreas con pendiente con un sistema agroforestal basado en cacao	56
4.3. Rehabilitación de suelos degradados con sistema agroforestal basado en cacao	60
4.4. Rehabilitación de áreas degradadas mediante el manejo de regeneración natural	64
<b>Bibliografía</b>	<b>68</b>





# INTRODUCCIÓN

En el territorio peruano se han reportado alrededor de 78 millones de hectáreas deforestadas al 2021, principalmente por el cambio de uso del suelo para la producción agropecuaria en pequeña escala; de estas áreas, aproximadamente 30% se encuentran degradadas como resultado del inadecuado manejo.

Frente a esta realidad, se plantea la necesidad de rehabilitar dichas superficies para la producción agrícola. En ese sentido, el proyecto Agroecological Regenerative Cacao tiene como objetivo la rehabilitación de áreas degradadas para la producción de cacao en sistemas agroforestales.

En el primer capítulo de este documento, se desarrolla el marco conceptual y contiene las definiciones de los principales conceptos utilizados para entender los factores que afectan la salud del suelo. Así también, se presentan los principales indicadores de la salud del suelo desde la concepción de los actores esenciales que intervienen (agricultores y técnicos), identificados a partir del conocimiento local y de procesos participativos.

En el segundo capítulo, se presenta una propuesta de proceso para la intervención en rehabilitación de suelos degradados que incluye el diagnóstico, intervención y monitoreo.

En el tercer capítulo, se describen buenas prácticas de manejo utilizadas en los procesos de rehabilitación de suelos degradados provenientes de las experiencias desarrolladas en la región, se integran además otras prácticas con potencial de ser aplicadas en las zonas de intervención.

En el cuarto capítulo, sobre la base de los logros y las lecciones aprendidas de las intervenciones en rehabilitación de suelos degradados, se proponen cuatro opciones de combinación de prácticas clave que responden a diferentes escenarios de degradación.

La presente Guía se deriva del proceso de identificación, caracterización y sistematización de experiencias en rehabilitación de suelos degradados en Ucayali, y pretende aportar a la toma de decisiones para la implementación de intervenciones orientadas a la rehabilitación de suelos degradados.





# I. CONCEPTOS CLAVE

## 1.1. ¿QUÉ ES EL SUELO?

Es un cuerpo natural formado por capas (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas.

Las características que definen el suelo, tales como su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas, son resultado de la influencia del tiempo combinado con el clima, topografía, organismos vivos (flora, fauna y ser humano) y materiales parentales (rocas y minerales originarios). (FAO s.f.).

## 1.2. ¿QUÉ ES LA SALUD DEL SUELO?

El concepto de salud del suelo ha ido evolucionando en la última década y ha sido abordado desde diferentes enfoques. El Panel Técnico Intergubernamental sobre Suelos (ITPS) propone definirla como “la capacidad del suelo para sostener la productividad, la diversidad y los servicios ambientales de los ecosistemas terrestres”, con lo cual se entiende que en los sistemas manejados esta condición puede mantenerse, mejorarse o rehabilitarse mediante la implementación de buenas prácticas de manejo del suelo (FAO 2020).

## 1.3. PRINCIPALES INDICADORES DE SALUD DEL SUELO

### INDICADORES FÍSICOS

#### Textura



Se refiere al porcentaje relativo de arena, limo y arcilla existente en el suelo. Esta propiedad está estrechamente relacionada con la facilidad con que un suelo puede ser manejado (suelos de textura arcillosa son más difíciles de trabajar), con la capacidad retentiva de humedad (los suelos arenosos son poco retentivos), con la aireación del suelo (los suelos arcillosos, por lo general, no cuentan con buenos niveles de aireación, lo cual puede afectar el desarrollo de las raíces) y con la circulación del agua a través del perfil del suelo (la velocidad de infiltración del agua es más lenta en suelos arcillosos).

### Estructura



Es la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla en partículas mayores (agregados).

Esta propiedad está relacionada con la aireación, la circulación del agua a través del perfil del suelo y el crecimiento radicular. Así, en suelos de estructura granular y migajosa, el agua circula con mayor facilidad; mientras que en suelos de estructura en bloques subangulares, prismáticos o columnares y laminares, muy comunes en suelos degradados, el agua circula más lentamente.

### Compactación



Es la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre esta (por ejemplo, el paso de vehículos, el pisoteo de animales, entre otros).

En suelos con mayores niveles de compactación –como los suelos sometidos a sobrepastoreo– existe menos espacio para el aire o el agua, lo cual afecta la infiltración y el drenaje de este último, el crecimiento de las raíces de las plantas y el desarrollo de las comunidades microbianas.

### Densidad



Consiste en la masa total de suelo contenido dentro de un determinado volumen. Si bien la densidad real del suelo es, en promedio,  $2.65 \text{ g/cm}^3$ , la densidad aparente es variable y permite determinar la porosidad del suelo, la capa arable y, por consiguiente, se puede estimar la cantidad de nutrientes disponibles.

En líneas generales, la densidad aparente es mayor ( $>1.6 \text{ g/cm}^3$ ) en suelos compactados (debido a una menor porosidad) o en suelos de textura gruesa o arenosa, mientras que en suelos de textura fina (arcillosa), o con alto contenido de materia orgánica, la densidad aparente es menor ( $<1.3 \text{ g/cm}^3$ ) (USDA 2019 y Soil Quality for Environmental Health s.f.).

### Color



Se determina mediante el uso de la tabla Munsell y su importancia radica en que permite deducir los componentes orgánicos e inorgánicos y las condiciones en las que se encuentra el suelo.

Así, coloraciones oscuras significan, por lo general, alto contenido de materia orgánica (excepto en suelos con pH superiores a 8, en los cuales este color puede deberse a altos contenidos de sodio). Por otro lado, las coloraciones rojizas o anaranjadas son propias de suelos antiguos, muy intemperizados, pobres en nutrientes, e implican la presencia significativa de óxidos de hierro; coloraciones grisáceas y azuladas suelen presentarse en suelos con mal drenaje; mientras que tonalidades grisáceas claras o blancas podrían deberse a la presencia significativa de carbonato de calcio, sales, entre otros.

## INDICADORES QUÍMICOS



Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el suelo y es una medida que indica la acidez o la alcalinidad de este.

En líneas generales, pH inferiores a 5 afectan la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes esenciales, favorecen la presencia de aluminio –elemento tóxico para las plantas– y la mayor presencia de poblaciones de hongos en desmedro de las poblaciones bacterianas (Soil Quality for Environmental Health s.f.).

## INDICADORES BIOLÓGICOS

### Presencia de plantas indicadoras



Es un indicador comúnmente usado por los agricultores y consiste en que la predominancia de determinadas especies vegetales en un área permite inferir sobre la fertilidad del suelo.

La presencia prevalente de las siguientes especies: cashaucsha (*Imperata brasiliensis*), shapumba (*Pteridium aquilinum*), rabo de zorro (*Andropogon bicornis*), torourco (asociación de *Axonopus*, *Paspalum*, *Homolepsis*) y arrocillo (*Rottboellia cochinchinensis*) son indicadoras de suelos infértiles o degradados (Meza, Sabogal y de Jong 2006).

### Presencia de lombrices



Consiste en el nivel de abundancia de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) en el suelo.

En suelos degradados, las lombrices suelen estar ausentes o, en el mejor de los casos, su presencia es poco significativa.

### Materia orgánica



Está constituida por la mezcla de sustancias derivadas de la descomposición de los residuos orgánicos contenidos en el suelo. Infiuye en la agregación del suelo, su capacidad de retención de agua y aireación es fuente de nutrientes como producto de su mineralización y de alimento para los microorganismos responsables de varias reacciones vitales, entre otros.

En suelos degradados, los contenidos de materia orgánica son poco significativos (por lo general, menos del 2%).

## 1.4. INDICADORES LOCALES DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

Los indicadores locales de calidad del suelo son aquellos criterios o características que consideran los agricultores para definir si un suelo es bueno (fértil, apto para la producción agropecuaria) o pobre (infértil, degradado, no apto o poco apto para la producción agropecuaria).

La aplicación de la metodología de Integración Participativa de Conocimientos en los Indicadores de Calidad de Suelo (InPaC-S), como señalan Barrios, Coutinho y Medeiros (2012), en un grupo de agricultores de la región Ucayali, permitió identificar y priorizar mediante talleres participativos los siguientes indicadores locales (Tabla 1):

**Tabla 1.** Indicadores locales de calidad del suelo priorizados por agricultores de Ucayali

Prioridad	Indicador	Definición	Condición del suelo
1	Plantas indicadoras	La predominancia de determinadas especies vegetales en un área permite inferir que el suelo es más o es menor fértil.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bueno:</b> presencia de especies como yarina (<i>Phytelphas macrocarpa</i>), shebon (<i>Attalea butyracea</i>), cético (<i>Cecropia membranacea</i>) y topa (<i>Ochroma pyramidale</i>).</li> <li><b>Pobre:</b> cashaucsha (<i>Imperata brasiliensis</i>), shapumba (<i>Pteridium aquilinum</i>), rabo de zorro (<i>Andropogon bicornis</i>) y arrocillo (<i>Rottboellia cochinchinensis</i>).</li> </ul>
2	Textura del suelo	Contenido relativo de arena, limo y arcilla en el suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bueno:</b> suelo franco</li> <li><b>Pobre:</b> suelo arcilloso (difícil de trabajar, pesado) o arenoso (pobre, no retiene humedad)</li> </ul>
3	Origen del suelo	Procedencia del material parental que da origen al suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bueno:</b> suelo de origen aluvial (de restinga)</li> <li><b>Pobre:</b> suelo de origen coluvial (de altura)</li> </ul>

Prioridad	Indicador	Definición	Condición del suelo
4	Profundidad	Espacio de suelo en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos en búsqueda de agua y nutrientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bueno:</b> menor presencia de rocas</li> <li>• <b>Pobre:</b> mayor presencia de rocas</li> </ul>
5	Presencia de lombrices	Nivel de abundancia de lombrices de tierra ( <i>Eisenia foetida</i> ) en el suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bueno:</b> presencia abundante de lombrices</li> <li>• <b>Pobre:</b> ausencia o presencia poco significativa de lombrices</li> </ul>
6	Topografía del suelo	Relieve o nivel de inclinación del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bueno:</b> suelo plano u ondulado</li> <li>• <b>Pobre:</b> suelo de ladera o colinoso</li> </ul>
7	Materia orgánica	Contenido de materia orgánica del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bueno:</b> más materia orgánica</li> <li>• <b>Pobre:</b> menos materia orgánica</li> </ul>
8	Tipo de suelo	Relacionado con el nivel de facilidad con que se puede trabajar el suelo (compactación).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bueno:</b> suelo suelto</li> <li>• <b>Pobre:</b> suelo compactado, duro</li> </ul>
9	Color de suelo	Relacionado con la coloración o tonalidad predominante en el suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bueno:</b> suelo negro u oscuro</li> <li>• <b>Pobre:</b> suelo amarillo, rojizo o con tonalidad clara</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Estos indicadores fueron presentados ante un grupo de profesionales de la misma región para establecer si podían ser modificables mediante prácticas o tecnologías de restauración o rehabilitación. Así, tres de los nueve indicadores priorizados no son modificables en el tiempo (textura, origen y topografía), pero que son claves para el diagnóstico, a fin de establecer la situación inicial del suelo. Los seis indicadores restantes sí son modificables en el corto, mediano o largo plazo, por lo que son factibles de ser monitoreados para evidenciar los eventuales cambios favorables debido a la implementación de prácticas de restauración o rehabilitación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Indicadores técnicos de calidad del suelo equivalentes a los indicadores priorizados por agricultores de Ucayali

Prioridad	Indicador local	Tiempo de modificación de indicador			
		Corto plazo (< 1 año)	Mediano plazo (< 5 años)	Largo plazo (<10 años)	No modificable
1	Plantas indicadoras		●	●	
2	Textura del suelo				●
3	Origen del suelo				●
4	Profundidad	●	●		
5	Presencia de lombrices	●	●		
6	Topografía del suelo				●
7	Materia orgánica		●	●	
8	Tipo de suelo		●		
9	Color de suelo			●	

Fuente: Elaboración propia



## 1.5. ¿QUÉ ES LA DEGRADACIÓN DEL SUELO?

La degradación del suelo se define como el cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO 2023).

### TIPOS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO

#### Degradación física

El deterioro de la salud del suelo ocurre debido a procesos físicos, tales como compactación, erosión (hídrica o eólica), escorrentía superficial, encostramiento de la superficie del suelo, anegamiento, entre otros.

#### Degradación química

El deterioro de la salud del suelo ocurre debido a procesos de pérdida de nutrientes, salinización, acidificación o alcalinización, contaminación con elementos o sustancias tóxicas, entre otros (EOS Data Analytics 2023).

#### Degradación biológica

El deterioro de la salud del suelo ocurre debido a procesos de alteración y desequilibrio de la actividad biológica a nivel de macro y microflora y fauna, disminución de materia orgánica y contaminación (Alegre, Vega y Lao 2016).

### CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

La degradación del suelo puede ocurrir por causas naturales o por intervención del hombre, a continuación se describen las causas más frecuentes:

#### Deforestación y cambios en la cubierta vegetal

Principalmente por la agricultura migratoria, lo cual expone al suelo a los efectos erosivos, disminuye los contenidos de materia orgánica (y, por consiguiente, la actividad biológica), reduce progresivamente la aireación y humedad del suelo, entre otros.

#### Sobrepastoreo

Debido al inadecuado manejo del ganado, especialmente, en lo relacionado con la carga por unidad de área, lo cual provoca el pisoteo excesivo y la progresiva compactación del suelo.

#### Prácticas no sostenibles de uso del suelo

Extracción forestal no controlada, producción de cultivos ilícitos, siembra en monocultivo y en favor de la pendiente, deshierbo excesivo, quema de biomasa como parte de la preparación del terreno, entre otros.

#### d. Contaminación del suelo y del agua

Debido al uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos u otros residuos de actividades industriales.

## NIVELES DE DEGRADACIÓN DEL SUELO

En las zonas de Amazonía peruana donde se realiza agricultura familiar es posible identificar hasta tres niveles de degradación de los suelos (Tabla 3).

- Nivel 1** | **Incipiente o ligero**, comprende los suelos en los cuales las causas de degradación actúan de manera muy localizada o ejercen influencia negativa poco significativa en su capacidad de proveer bienes y servicios.
- Nivel 2** | **Intermedio o moderado**, comprende aquellos suelos en los cuales las causas de degradación generan cambios negativos cada vez más significativos.
- Nivel 3** | **Fuerte o severo**, comprende los suelos que han sido expuestos a agentes causales de mayor significancia y durante plazos de tiempo más prolongados, por lo que tienen un nivel de deterioro superior.

En la región Ucayali, se identificaron como causas de degradación el cambio de uso de suelo por la agricultura migratoria (57%), el sobrepastoreo (33%) y la producción de cultivos ilícitos (10%) (Meza 2023).

Tabla 3. Niveles de degradación de suelos en la Amazonía peruana

Nivel de degradación	Principales causas	Efectos principales sobre el suelo u otros elementos relacionados	Indicadores de calidad de suelo afectado
1. Incipiente o ligero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extracción forestal no controlada</li> <li>• Agricultura basada en alternancia cultivo /purmas con espaciamiento temporal largo (10 a más años)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactación del suelo en los accesos viales</li> <li>• Pérdida focalizada de la cobertura vegetal original</li> <li>• Ligera disminución de la capacidad productiva del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la densidad aparente en los accesos viales</li> <li>• Disminución ligera y temporal del contenido de materia orgánica (el nivel inicial tiende a recuperarse progresivamente cuando cesa el agente causal y el área entra en descanso)</li> <li>• Disminución ligera y temporal de la fertilidad natural (el nivel inicial se recupera progresivamente cuando cesa el agente causal y el área entra en descanso)</li> </ul>

Nivel de degradación	Principales causas	Efectos principales sobre el suelo u otros elementos relacionados	Indicadores de calidad de suelo afectado
<p><b>2.</b> <b>Intermedio o moderado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura basada en alternancia cultivo/purmas de ciclos medios (5 a 9 años) en zonas planas</li> <li>• Producción ganadera extensiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de la cobertura vegetal original</li> <li>• Disminución de la macro y microfauna del suelo</li> <li>• Compactación del suelo</li> <li>• Rendimientos decrecientes de las actividades productivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución progresiva del contenido de materia orgánica</li> <li>• Disminución del pH del suelo e incremento de la acidez cambiabile</li> <li>• Incremento progresivo del contenido de aluminio cambiabile</li> <li>• Incremento de la densidad aparente del suelo</li> <li>• Disminución de la velocidad de infiltración del agua del suelo</li> <li>• Disminución progresiva de la fertilidad natural del suelo</li> </ul>
<p><b>3.</b> <b>Fuerte o severo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemados o incendios periódicos</li> <li>• Agricultura basada en alternancia cultivo/purmas de ciclos cortos (2 a 4 años) en zonas de laderas</li> <li>• Sobrepastoreo</li> <li>• Producción de cultivos ilícitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de la cobertura vegetal original</li> <li>• Disminución de la macro y microfauna del suelo</li> <li>• Compactación del suelo</li> <li>• Disminución de niveles de macro y micronutrientes</li> <li>• Pérdida total de la capacidad productiva del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetación predominante conformada por especies de gramíneas y helechos</li> <li>• Disminución del pH del suelo e incremento de la acidez cambiabile</li> <li>• Incremento de la densidad aparente del suelo</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Meza, Sabogal y de Jong (2006).

## 1.6. RESTAURACIÓN O REHABILITACIÓN

### RESTAURACIÓN

La Sociedad de Restauración Ecológica (SER, sigla en inglés de Society for Ecological Restoration) define la restauración como el proceso de asistir a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado o destruido, buscando recobrar su estado original.

### REHABILITACIÓN

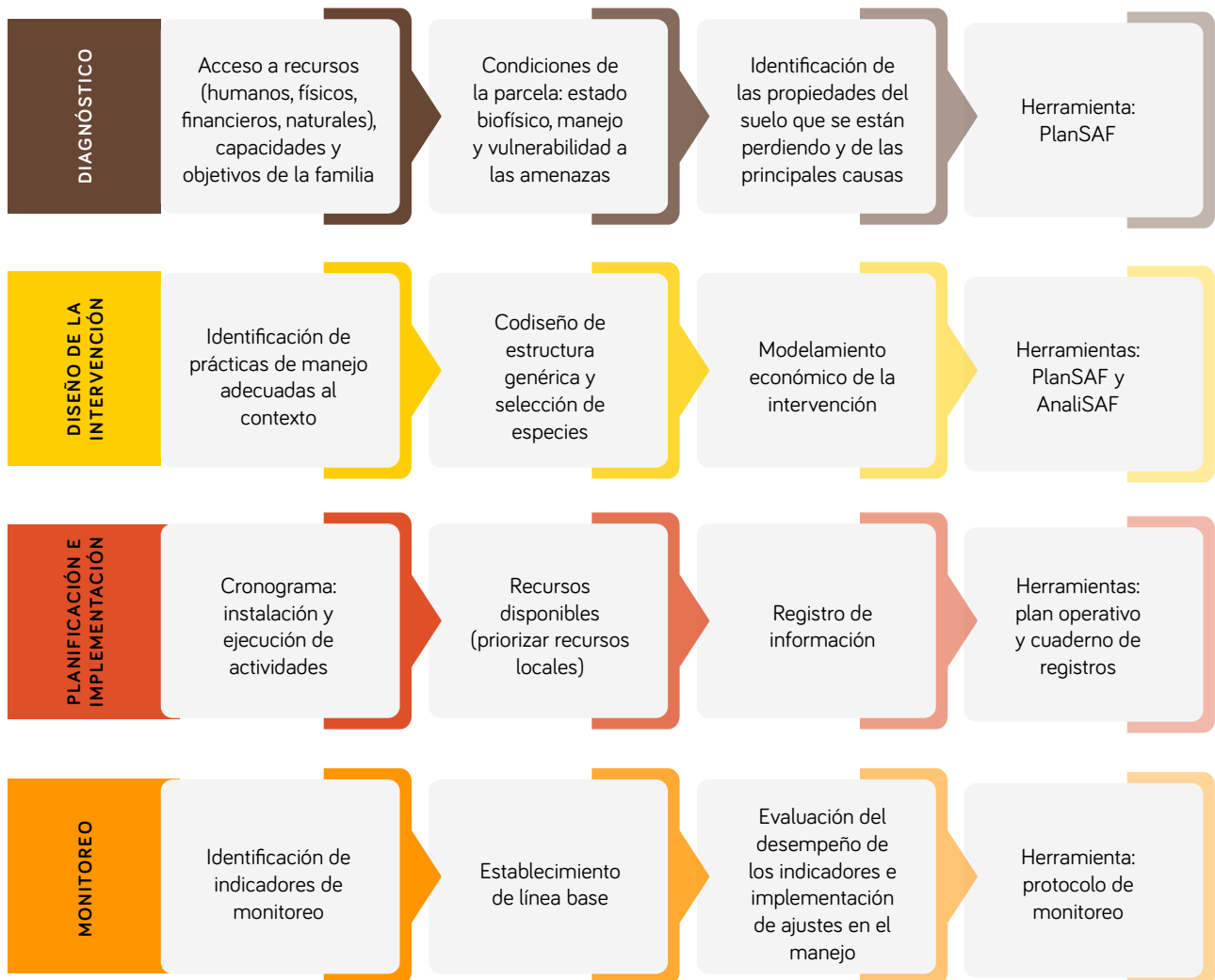
La rehabilitación implica la recuperación o mejoramiento, pero no la restauración del hábitat nativo. La rehabilitación tiene como primer objetivo garantizar la estabilidad a largo plazo de los suelos, los accidentes geográficos y la hidrología necesarios para que el sitio establezca y sustente un ecosistema o vegetación natural que se alinee con el uso futuro de la tierra acordado. El segundo objetivo es reparar parcial o totalmente la capacidad de los ecosistemas para proporcionar hábitats para la biota y servicios para las personas (Integrate Sustainability 2023).



## II. PROCESO DE REHABILITACIÓN DEL SUELO

Con base en la experiencia desarrollada para iniciar intervenciones orientadas a la rehabilitación de suelos degradados, se proponen cuatro fases: diagnóstico, diseño de la intervención, planificación e implementación, y monitoreo y seguimiento, a través de procesos participativos y con el apoyo de herramientas para la toma de decisiones (Figura 1).

**Figura 1.** Proceso de intervención para la rehabilitación de suelos degradados



## 2.1. FASE DE DIAGNÓSTICO

Se realiza con el apoyo de la herramienta PlanSAF (<http://decisionsaf.cifor-icraf.org/plantsaf>) para la recolección y el análisis sistemático de información con el propósito de lograr el diagnóstico inicial del sistema socioecológico del sitio (unidad productiva familiar y parcela de intervención). Permite considerar aspectos clave de los objetivos del agricultor, las capacidades de la familia y su unidad productiva, y las necesidades de la parcela a intervenir en función de sus condiciones actuales (estado biofísico, manejo y nivel de riesgo de amenazas locales).

Del análisis de las condiciones biofísicas de la parcela de intervención, se determinan las condiciones que se están perdiendo, las principales causas de degradación y, de ser pertinente, las inadecuadas prácticas de gestión del suelo, lo cual posibilita además identificar el nivel de degradación según lo descrito en la Tabla 1.

## 2.2. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN

Sobre la base del conocimiento de los objetivos de la familia, el acceso a recursos y capacidades, así como a las condiciones biofísicas iniciales de la parcela a intervenir y las principales causas de la degradación, se identifican las prácticas de manejo y las especies clave, así como el diseño de la opción. Con esta información previa y con apoyo de la herramienta AnaliSAF (<http://decisionsaf.cifor-icraf.org/charts/CalculosSAF/>), se realiza el modelamiento financiero, el cual brindará información relevante para la toma de decisiones respecto a los costos de instalación, los costos de mantenimiento y el flujo de ingresos proyectado.

## 2.3. FASE DE PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Una vez definido el diseño, las especies y las prácticas de manejo adaptadas al contexto, se formula el plan de intervención precisando los objetivos de la intervención, los recursos necesarios (recursos monetarios, insumos, mano de obra, herramientas, entre otros), el cronograma de actividades en los tiempos adecuados para la instalación y la implementación de las prácticas (plan operativo).

Es importante considerar que el plan operativo es flexible y se debe ir adaptando a las condiciones y circunstancias que se van presentando en el proceso de implementación.

## 2.4. FASE DE MONITOREO Y EVALUACIÓN

El seguimiento o monitoreo es un procedimiento sistemático empleado para comprobar la eficiencia y efectividad de la estrategia de intervención. Permite identificar los logros y debilidades, y recomendar medidas correctivas para optimizar los resultados deseados (Ortegón, Pacheco y Prieto 2005).

En ese contexto, el sistema de planificación y el de monitoreo y evaluación de las intervenciones deben contar con los siguientes elementos:

**Tabla 4.** Elementos de un sistema de planificación y de M&E

Instrumento de planificación	Enfoque de análisis	Proceso de monitoreo y evaluación
Plan operativo	Objetivos y resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medición inicial de indicadores (línea base)</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo y evaluación periódica de indicadores</li> <li>Análisis de lecciones aprendidas</li> </ul>
	Ejecución de actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de avance de indicadores de Producto y de Actividad</li> <li>Monitoreo de ejecución financiera</li> </ul>

Fuente: Adaptado de IICA, 2012.

Finalmente, el plan de monitoreo incluye los indicadores de calidad de suelo priorizados:

**Tabla 5.** Matriz de indicadores locales de calidad de suelo priorizados modificables en el corto y mediano plazo

Indicador	Metodología de evaluación	Medio de verificación	Responsable	Periodicidad de evaluación
<b>Materia orgánica</b>	<p>Lanzar el cuadrante de 24 cm<sup>2</sup> al suelo al azar y luego:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estimar el área de suelo desnudo, restar al 100% para tener el área con cobertura de suelo de materia orgánica.</li> <li>Examinar la hojarasca o mantillo de la superficie y estimar su espesor.</li> <li>Evaluar la composición de la materia orgánica sobre el suelo y la cantidad visible de raíces y hojarasca en las capas superiores, justo bajo la superficie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de registro de información</li> <li>Informes de sistematización y análisis de información</li> </ul>	Equipo técnico	Anual

Indicador	Metodología de evaluación	Medio de verificación	Responsable	Periodicidad de evaluación
<b>Plantas indicadoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimación de la predominancia de especies de plantas indicadoras a partir de la observación en campo.</li> <li>• Conteo de individuos de especies de plantas indicadoras en cinco áreas de muestreo de 1 m<sup>2</sup> seleccionadas al azar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de registro de información</li> <li>• Informes de sistematización y análisis de información</li> </ul>	Equipo técnico	Semestral
<b>Presencia de lombrices</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la abundancia relativa de lombrices de tierra en la parcela, lombrices de tierra y sus "excrementos" a partir de muestras con pala tomadas en cinco áreas aleatorias de muestreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de registro de información</li> <li>• Informes de sistematización y análisis de información</li> </ul>	Equipo técnico	Semestral
<b>Compactación del suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir una varilla metálica (50 cm de longitud, 3.15 mm de diámetro con marcas cada 2.5 cm a partir del extremo de la varilla), tan hondo como se pueda para medir la profundidad. Evaluar el crecimiento de raíces.</li> <li>• La valoración se basa en la escala propuesta en la tarjeta de salud del suelo de NRSHC (2002).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de registro de información</li> </ul>	Equipo técnico	Anual

Fuente: Adaptado de NRSHC (2002) e ICRAF (s.f).





### III. PRÁCTICAS DE MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO

De acuerdo con los resultados del “Inventario de experiencias de rehabilitación de suelos degradados en Ucayali”, cerca de 70% de las intervenciones a nivel de investigación, proyectos de desarrollo o iniciativas de agricultores o empresas, se basaron en el establecimiento de cultivos o animales asociados con árboles (agroforestería), y 24% fueron plantaciones forestales mixtas y monoespecíficas; en todos los casos, el principal objetivo fue el de recuperar la salud del suelo con fines productivos incorporando especies arbóreas.

En el desarrollo de estas experiencias, se han implementado prácticas clave para la buena gestión del suelo; considerando las lecciones aprendidas, en la presente guía se suman otras prácticas de manejo sostenible del suelo con potencial de ser aplicadas, por su contribución en los procesos de rehabilitación de suelos degradados en los diferentes contextos y niveles de degradación descritos.

Estas prácticas pueden ser aplicadas de manera individual o en conjunto para influenciar positivamente en una o más propiedades químicas, físicas o biológicas de los suelos, mediante el incremento de materia orgánica, mejoramiento de la estructura del suelo, una mayor profundidad de infiltración, protección contra erosión del suelo, el uso eficiente de nutrientes y una mejor actividad biológica, entre otros.

**Tabla 6.** Prácticas sostenibles de manejo de suelos y su efecto en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo

Práctica	Efecto en propiedades químicas			Efecto en propiedades físicas				Efecto en propiedades biológicas	
	Mejora de fertilidad	Mejora el ciclo de nutrientes	Regula pH	Control de erosión y velocidad de escorrenría	Mejora estructura	Mejora la filtración y disponibilidad de agua	Reduce compactación	Incrementa materia orgánica	Incrementa presencia de macrofauna
Rotación cultivo-purma	●			●	●	●	●	●	●
Purma (o barbecho) mejorada	●	●		●	●	●	●	●	●
Uso de enmiendas y abonos	●	●	●			●			

Práctica	Efecto en propiedades químicas			Efecto en propiedades físicas				Efecto en propiedades biológicas	
	Mejora de fertilidad	Mejora el ciclo de nutrientes	Regula pH	Control de erosión y velocidad de escorrentía	Mejora estructura	Mejora la filtración y disponibilidad de agua	Reduce compactación	Incrementa materia orgánica	Incrementa presencia de macrofauna
Cobertura viva	●	●		●	●	●	●	●	●
Cobertura muerta		●		●	●	●	●	●	●
Barreras vivas				●		●			
Preparación del terreno sin quema	●	●		●	●	●	●	●	●
Siembra en hoyos grandes	●						●		
Drenaje e infiltración				●		●			
Siembra en contrapendiente				●					

Fuente: Meza (2023)

### 3.1. CULTIVOS AGRÍCOLAS EN ROTACIÓN CON BARBECHOS O PURMAS

Figura 2. Cultivos agrícolas en rotación con barbechos o purmas



#### DESCRIPCIÓN

Alternancia entre cultivos agrícolas y vegetación secundaria (de origen sucesional, herbácea, arbustiva o arbórea y definida como purma) en el espacio de una finca por periodos largos.

#### FUNCIONES

Recuperar la fertilidad del suelo mediante la producción e incorporación de biomasa de las especies nativas que se regeneran naturalmente en el área.

- Mejorar la estructura, aireación y disponibilidad de agua en el suelo, así como reducir los riesgos de erosión y escorrentía, debido a la gran cantidad de biomasa producida y a la cobertura vegetal.
- Incrementar la materia orgánica y la macrofauna del suelo.

## CRITERIOS

- Se recomienda cuando en la unidad productiva se tiene un área alternativa con características adecuadas para cultivar durante el tiempo que dura el descanso de la otra área.

## LIMITACIONES

- Requiere de mano de obra durante todo el periodo de descanso para la prevención de incendios (especialmente, en los meses de ausencia de lluvias).
- Se aplica a unidades productivas con área suficiente para cultivar mientras se deja un área en descanso.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +

- No se requiere. Es una práctica realizada tradicionalmente por los agricultores.



### *Insumos y herramientas especializadas* +

- **Insumos:** ninguno.
- **Herramientas:** machete, motoguadaña o cultivadora.



### *Costo para su aplicación* +

- El principal rubro de gasto es la mano de obra.



### *Demanda de mano de obra* +

- Solo para las actividades de prevención de incendios.

## 3.2. PURMA (O BARBECHO) MEJORADA

Figura 3. Purma (o barbecho) mejorada



### DESCRIPCIÓN

El barbecho mejorado consiste en sembrar y manejar una o más especies leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas dentro de un área que se va a dejar en descanso ('empurmado' o en barbecho) con la vegetación natural debido a que ha perdido su capacidad productiva, a fin de acelerar su proceso de rehabilitación (uno a tres años).

### FUNCIONES

- Mejorar la fertilidad y el ciclaje de nutrientes en el suelo mediante la capacidad de las leguminosas para asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno y, en algunos casos, con hongos micorrícicos, a través de los cuales las raíces pueden explorar más área del suelo para absorber otros nutrientes, tales como fósforo, potasio, calcio, magnesio.
- Mejorar la estructura, aireación y disponibilidad de agua en el suelo, así como reducir los riesgos de erosión y escorrentía, debido a la gran cantidad de biomasa producida y a la cobertura vegetal.

- Incrementar el contenido de materia orgánica del suelo mediante la producción e incorporación de biomasa generada por las leguminosas y la vegetación secundaria.
- Incrementar la macrofauna como consecuencia del incremento de materia orgánica.
- Proporcionar productos adicionales para autoconsumo o venta, tales como alimento de consumo humano y animal, leña, semilla con valor comercial, entre otros.

## CRITERIOS

- Se recomienda cuando en la unidad productiva se tiene un área alternativa con características adecuadas para cultivar durante el tiempo que dura el descanso de la otra área.
- Las leguminosas a utilizar deben poseer las siguientes características: estar adaptadas a las condiciones de suelo y clima de la zona, poseer capacidad de fijar nitrógeno; ser de rápido crecimiento y tener buena capacidad de rebrote.

**Tabla 7.** Especies leguminosas recomendables para purmas o barbechos mejorados en la Amazonía peruana

Especie	Tipo de semilla y distanciamiento de siembra	Principales características y beneficios complementarios
<b>Herbácea</b>		
<b>Centrosema</b> ( <i>Centrosema macrocarpum</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de hábito rastrero y trepador.</li> <li>• Puede desarrollar bajo sombra no muy densa.</li> <li>• Proporciona forraje para ganado y animales menores.</li> </ul>
<b>Canavalia</b> ( <i>Canavalia ensiformis</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie anual de hábito rastrero.</li> <li>• Proporciona grano para alimentación animal.</li> </ul>
<b>Kudzú</b> ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de hábito rastrero y trepador.</li> <li>• Desarrolla mejor a campo abierto.</li> <li>• Proporciona forraje para ganado y animales menores.</li> </ul>

Especie	Tipo de semilla y distanciamiento de siembra	Principales características y beneficios complementarios
<b>Mucuna</b> ( <i>Mucuna pruriens</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie anual de hábito rastrero y trepador.</li> <li>• Desarrolla mejor en suelos con degradación incipiente o, en su defecto, con adición de abonos.</li> <li>• Proporciona grano para alimentación animal.</li> </ul>
<b>Arbustiva</b>		
<b>Frijol de palo</b> ( <i>Cajanus cajan</i> )	Semilla botánica 2.0 m x 2.0 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de porte erecto.</li> <li>• Proporciona grano para alimentación humana y animal.</li> </ul>
<b>Arbórea</b>		
<b>Amasisa</b> ( <i>Erythrina sp.</i> )	Estacas de 0.50 m 2.0 m x 2.0 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de porte erecto.</li> <li>• Desarrolla mejor en suelos con degradación incipiente.</li> <li>• Proporciona forraje para ganado y animales menores.</li> </ul>
<b>Guaba</b> ( <i>Inga edulis</i> )	Plantones 1.0 m x 1.0 m, 2.0 m x 2.0 m, 3.0 m x 3.0 m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de porte erecto.</li> <li>• Proporciona frutos y leña.</li> </ul>
<b>Leucaena</b> ( <i>Leucaena leucocephala</i> )	Estacas, plantones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de porte erecto.</li> <li>• Proporciona forraje para ganado y animales menores.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Alegre, Meza y Arévalo, 2000.

## LIMITACIONES

- Requiere de un periodo de tiempo para que las leguminosas desarrollen y cubran el área a recuperar (un año en el caso de las herbáceas y dos para las arbustivas o arbóreas).
- Requiere de mano de obra adicional para el establecimiento y manejo de las leguminosas y el deshierbo del área, al menos, durante los primeros seis meses.
- Su disponibilidad es reducida y es alto el costo del material de propagación (semillas, esquejes) de leguminosas herbáceas y arbustivas, principalmente.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +

- No requiere.



### *Insumos y herramientas especializadas* ++

- **Insumos:** material de propagación de leguminosas (semillas, estacas, plántones, otros) y abonos o enmiendas. Por ejemplo, en suelos muy ácidos ( $\text{pH} < 5$ ) se puede aplicar roca fosfórica para mejorar las condiciones en las que se desarrollarán las leguminosas.
- **Herramientas:** machete, tacarpo, motoguadaña o cultivadora, motosierra.



### *Costo para su aplicación* +++

- Alto para instalación y manejo de una hectárea.
- Depende de la densidad, especies y material de propagación.
- **Principales rubros de gasto:** semillas y/o plántones, enmiendas y mano de obra.



### *Demanda de mano de obra* ++

- Para el acondicionamiento del área, siembra o trasplante, el mantenimiento inicial y la poda de las especies arbustivas o arbóreas para incorporar biomasa al suelo.



### 3.3. USO DE ENMIENDAS Y ABONOS

Figura 4. Uso de enmiendas y abonos



#### DESCRIPCIÓN

Consiste en la aplicación de productos orgánicos o minerales para mitigar limitantes físicas o químicas del suelo, mejorar la fertilidad del suelo y abastecer con los nutrientes requeridos por las especies vegetales establecidas en un área.

#### FUNCIONES

- Favorecer la disponibilidad de nutrientes a través del incremento del pH del suelo y la neutralización de elementos tóxicos (la aplicación de cal o dolomita inactiva el aluminio, elemento tóxico para la mayoría de las especies vegetales).
- Incrementar la capacidad de retención de humedad en suelos arenosos y la aireación en suelos arcillosos (aplicación de estiércol, compost, humus).
- Mejorar la fertilidad del suelo a través de la adición de nutrientes importantes para los cultivos (la dolomita aporta calcio y magnesio, la roca fosfórica suministra fósforo y calcio, el guano de islas proporciona nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes).

- Abastecer los requerimientos nutricionales de las especies vegetales de importancia económica, a fin de incrementar los rendimientos y calidad de estos.

## CRITERIOS

- **¿Cuánto aplicar? (dosis):** requiere de resultados de análisis de suelos y foliares para determinar las condiciones nutricionales del suelo y del cultivo, respectivamente. De manera eventual, se puede recurrir a información secundaria (manuales, guías), pero esta debe ser confiable y basada en evidencias.
- **¿Qué aplicar? (fuente):** existe una amplia gama de enmiendas y fertilizantes de origen orgánico y mineral (ver Tabla 8). Para su elección deben tenerse en cuenta:
  - **Características del producto:** relacionado con su composición y facilidad para hacer mezclas; por ejemplo, la urea no debe mezclarse anticipadamente con la roca fosfórica ni la dolomita porque se volatizará el nitrógeno. En líneas generales, las mezclas deben hacerse al momento de su aplicación.
  - **Características del suelo:** relacionado con sus condiciones de acidez o alcalinidad (por ejemplo, la dolomita y la roca fosfórica solo funcionan en suelos ácidos debido a que son de reacción alcalina).
  - **Precio:** los productos de lenta disponibilidad de nutrientes suelen ser más baratos que los de rápida disponibilidad.
  - **Objetivo del cultivo:** los productos minerales son de uso restringido o prohibido en los sistemas de producción orgánica.
  - Adicionalmente, el biol, fertilizante líquido de origen orgánico y natural, constituye una excelente fuente de nutrientes complementaria.

**Tabla 8.** Enmiendas y abonos orgánicos y minerales más comunes

Producto	Contenido de nutrientes (%)						Solubilidad y disponibilidad de nutriente
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>4</sub>	
<b>Enmiendas</b>							
Compost	1	<1	<1	2	<1		Lenta
Humus de lombriz	2	2	1	5	1		Lenta
Cal agrícola o cal hidratada	30-40						Lenta

Producto	Contenido de nutrientes (%)					Solubilidad y disponibilidad de nutriente
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
Dolomita	30	22		Lenta		
Yeso agrícola o sulfato de calcio	20		16	Lenta		
<b>Abonos</b>						
Guano de islas	10	10	2			Rápida
Roca fosfórica		20-23		33-40		Lenta
Sulfato de potasio			50			Rápida

Fuente: Adaptado de Alegre y Meza, 1999.

- **¿Cuándo aplicar? (época):**
  - **Humedad del suelo:** el suelo debe estar húmedo para que la enmienda o fertilizante pueda disolverse y evitar pérdidas por volatilización o daños por contacto con las raíces (especialmente, los de origen químico).
  - **Fraccionamiento:** la enmienda debe aplicarse al inicio de la época de lluvias, mientras que el fertilizante debe emplearse, al menos, en dos momentos: el primero – toda la dosis de fósforo y la mitad de nitrógeno y potasio – al inicio de la campaña del cultivo y luego de las podas y deshierbo, y la segunda – la mitad de la dosis restante de nitrógeno y potasio – a la floración del cultivo.
- **¿Dónde aplicar? (localización):** en suelos planos puede aplicarse al voleo, mientras que en suelos de ladera debe administrarse de modo localizado (sembrado en hoyos o en media luna siguiendo la prolongación de la copa de la especie vegetal).

## LIMITACIONES

- Requiere de servicios especializados para estimar las condiciones nutricionales del suelo (análisis físico y químico del suelo).
- Requiere de recursos económicos para la adquisición de los fertilizantes o enmiendas, o de los insumos para su elaboración (en el caso de abonos naturales preparados localmente).
- Requiere de mano de obra para la aplicación de los productos adquiridos o elaborados.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +++

- Para el muestreo, análisis e interpretación de los resultados del análisis de suelo y la elaboración del plan de abonamiento (determinación de la dosis, fuente, momento y localización del abono).



### *Insumos y herramientas especializadas* +

- **Insumos:** abonos y fertilizantes según lo establecido en el plan de abonamiento.
- **Herramientas:** balanza, sacos, envases de plástico.



### *Costo para su aplicación* +++

- **Variable:** depende de los cuatro factores mencionados.



### *Demanda de mano de obra* ++

- Para la limpieza del área y la aplicación de los abonos, según los momentos de aplicación establecidos en el plan de abonamiento.

### 3.4. COBERTURAS VIVAS

Figura 5. Coberturas vivas



#### DESCRIPCIÓN

Las coberturas vivas consisten en utilizar plantas herbáceas o arbustivas –de preferencia, leguminosas– para cubrir el suelo, sembradas en toda el área de la parcela en líneas continuas o dispersas al voleo.

#### FUNCIONES

- Mejorar la fertilidad del suelo mediante la capacidad de las leguminosas para asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno y, en otros casos, con hongos micorrícicos, a través de los cuales las raíces pueden explorar más área del suelo para absorber otros nutrientes, tales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros.
- Mejorar importantes propiedades del suelo, tales como el contenido de materia orgánica, aireación y retención de humedad.
- Reducir los riesgos de erosión y escorrentía, debido a la gran cantidad de biomasa producida.

- Facilitar el control de malezas agresivas.
- Proporcionar productos adicionales para autoconsumo o venta: alimento de consumo humano y animal, semillas con valor comercial, entre otros.

## CRITERIOS

- Esta práctica es recomendable en suelos arenosos, pobres en materia orgánica, en zonas de abundantes precipitaciones o de sequías prolongadas, en áreas con presencia de malezas agresivas.
- Uso de especies vegetales adaptadas a las condiciones de clima y suelo existentes en la zona de intervención.

**Tabla 9.** Especies leguminosas recomendables para coberturas vivas en la Amazonía peruana

Especie	Tipo de semilla y distanciamiento de siembra	Principales características y beneficios complementarios
<b>Herbácea</b>		
<b>Centrosema</b> ( <i>Centrosema macrocarpum</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de hábito rastrero y trepador.</li> <li>• Puede desarrollar bajo sombra no muy densa.</li> <li>• Proporciona forraje para ganado y animales menores.</li> </ul>
<b>Canavalia</b> ( <i>Canavalia ensiformis</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie anual de hábito rastrero.</li> <li>• Proporciona grano para alimentación animal.</li> </ul>
<b>Kudzú</b> ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie perenne de hábito rastrero y trepador.</li> <li>• Desarrolla mejor a campo abierto.</li> <li>• Proporciona forraje para ganado y animales menores.</li> </ul>
<b>Mucuna</b> ( <i>Mucuna pruriens</i> )	Semilla botánica 0.50 m x 0.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie anual de hábito rastrero y trepador.</li> <li>• Desarrolla mejor en suelos con degradación incipiente o, en su defecto, con adición de abonos.</li> <li>• Proporciona grano para alimentación animal.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Alegre, Meza y Arévalo, 2000.

## LIMITACIONES

- Requiere de recursos financieros y mano de obra adicionales para el establecimiento y manejo de la cobertura para evitar competencia con el cultivo o especie principal.
- Limitado acceso a semilla, no hay mucha oferta de estas y tienen un costo alto.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +

- No requiere.



### *Insumos y herramientas especializadas* ++

- **Insumos:** semilla de leguminosas herbáceas y/o arbustivas, y abonos o enmiendas (en suelos con pH<5 se puede aplicar roca fosfórica para favorecer el desarrollo de las leguminosas).
- **Herramientas:** machete, tacarpo, motoguadaña.



### *Costo para su aplicación* ++

- Hasta el primer año de una hectárea el costo estimado es medio.
- **Principales rubros de gasto:** mano de obra y semillas de leguminosas.



### *Demanda de mano de obra* ++

- Para el acondicionamiento del área, la siembra o trasplante y dos deshierbos.

### 3.5. COBERTURAS MUERTAS

Figura 6. Coberturas muertas



#### DESCRIPCIÓN

Las coberturas muertas consisten en la utilización de los residuos provenientes de las podas, deshierbos y cosecha que se dejan para la protección del suelo en los callejones del cultivo.

#### FUNCIONES

- Mejorar importantes propiedades del suelo, tales como el contenido de materia orgánica, aireación y retención de humedad.
- Reducir los riesgos de erosión y escorrentía.
- Facilitar el control de malezas agresivas.



## CRITERIOS

- Esta práctica es recomendable en suelos arenosos, pobres en materia orgánica, en sistemas productivos con abundantes residuos vegetales, en zonas de abundantes precipitaciones o de sequías prolongadas, en áreas con presencia de malezas agresivas.

## LIMITACIONES

Requiere de mano de obra adicional para el picacheo y dispersión de la biomasa.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +

- No requiere.



### *Insumos y herramientas especializadas* ++

- **Herramientas:** machete, motoguadaña o cultivadora.



### *Costo para su aplicación* +++

- Hasta el primer año el costo estimado de instalación y manejo de una hectárea es medio.
- **Principal rubro de gasto:** mano de obra.



### *Demanda de mano de obra* +++

- Para el acondicionamiento del área, recolección y picado de biomasa, y posterior dispersión.

### 3.6. BARRERAS VIVAS EN LADERAS

Figura 7. Barreras vivas en laderas



#### DESCRIPCIÓN

Consiste en sembrar o establecer, en sentido transversal a la pendiente del terreno en ladera, hileras densas de hierbas, arbustos o árboles para retener el agua de lluvia y los sedimentos, y como protección ante los efectos nocivos del viento.

#### FUNCIONES

- Reducir la erosión del suelo debido a la disminución de la velocidad de la escorrentía del agua de lluvia.
- Reducir la velocidad del viento disminuyendo los riesgos de daños al cultivo.
- Eventualmente, reducir el ingreso de plagas y enfermedades al cultivo.
- Producción de alimentos, forraje, madera, leña, entre otros; según las especies establecidas.

## CRITERIOS

- Esta práctica es recomendable en zonas de relieve inclinado (pendientes superiores a 15% e inferiores a 50%), con altas precipitaciones o con ocurrencia de vientos fuertes.
- En suelos poco profundos y en sistemas productivos con especies que toleran la sombra (especialmente, cuando se usan barreras arbóreas).
- Las especies para utilizar deben cumplir con algunos requisitos importantes: ser de crecimiento rápido y vigoroso, porte erecto, no tener problemas fitosanitarios comunes con la especie agrícola o forestal principal, no tener copas excesivamente densas, entre otros.

**Tabla 10.** Especies recomendadas para barreras vivas en la Amazonía peruana

Especie	Tipo de semilla y distanciamiento de siembra	Principales características y beneficios complementarios
<b>Herbácea</b>		
<b>Vetiver</b> ( <i>Chrysopogon zizanioides</i> )	Esquejes de 0.20 cm 0.25 m x 5-10 m (a mayor pendiente, menor distancia de hileras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de erosión</li> <li>• Biomasa para coberturas muertas, construcción, artesanía</li> </ul>
<b>King Grass</b> ( <i>Pennisetum purpureum</i> )	Esquejes de 0.20 cm Tres hileras a 0.20 cm en sistema tres bolillos cada 10 o 20 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de erosión</li> <li>• Forraje para ganado o animales menores</li> </ul>
<b>Arbustiva</b>		
<b>Frijol de palo</b> ( <i>Cajanus cajan</i> )	Semilla botánica 1.0 m x 5-10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de erosión y mejora del suelo</li> <li>• Grano para alimentación humana y animal</li> </ul>
<b>Arbórea</b>		
<b>Amasisa</b> ( <i>Erythrina sp.</i> )	Estacas de 0.50 m 2.0 m x 5-10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del suelo</li> <li>• Forraje para ganado y animales menores</li> </ul>
<b>Guaba</b> ( <i>Inga edulis</i> )	Plantones 2.0 m x 5-10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del suelo</li> <li>• Frutos</li> <li>• Leña</li> </ul>
<b>Marupa</b> ( <i>Simarouba amara</i> )	Plantones 2.0 m x 5-10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madera</li> <li>• Leña</li> </ul>

Especie	Tipo de semilla y distanciamiento de siembra	Principales características y beneficios complementarios
Laurel ( <i>Cordia alliodora</i> )	Plantones 2.0 m x 5-10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madera</li> <li>• Leña</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Alegre, Meza y Arévalo, 2000.

## LIMITACIONES

- Requiere de recursos financieros para la adquisición del material de propagación para establecer las barreras vivas.
- Requiere de mano de obra adicional para el establecimiento y manejo de las especies que conforman las barreras vivas y evitar competencia con el cultivo, plantación o pastura establecido.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### Conocimiento especializado +

- No requiere.



### Insumos y herramientas especializadas ++

- **Insumos:** material de propagación (semilla, estacas y/o plantones) y abonos en suelos muy ácidos (pH<5). Se puede aplicar roca fosfórica para favorecer el desarrollo de las especies que conforman las barreras vivas.
- **Herramientas:** machete, tacarpo; motoguadaña.



### Costo para su aplicación ++

- Hasta el primer año el costo estimado de instalación y manejo de una hectárea con distanciamiento de 10 m, y conformada con una especie forestal asociada a vetiver es medio.
- **Principales rubros de gasto:** mano de obra, insumos (plantones forestales, esquejes de vetiver) y herramientas.



### Demanda de mano de obra +

- Para el acondicionamiento del área, la siembra o trasplante para el establecimiento de las especies que conforman las barreras y el deshierbo del área, al menos, durante los primeros 6 meses.

### 3.7. PREPARACIÓN DE TERRENO SIN QUEMA

Figura 8. Preparación de terreno sin quema



#### DESCRIPCIÓN

Consiste en preparar el terreno: ‘rozar’ las especies herbáceas o arbustivas (en el caso de purmas o áreas no productivas) y residuos de cosecha (en el caso de áreas productivas), fraccionar o ‘picar’ la biomasa, y distribuirla uniformemente para que se seque y descomponga de modo natural.

#### FUNCIONES

- Conservar las propiedades del suelo (fertilidad, aireación, retención de humedad) debido al incremento de la materia orgánica y su lenta descomposición que libera los nutrientes contenidos, de manera progresiva.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero, como consecuencia de la no quema de la biomasa.
- Controlar las malezas más agresivas por un periodo más largo de tiempo.

## CRITERIOS

- Es recomendable implementar esta práctica durante la preparación del terreno.

## LIMITACIONES

- Requiere de un periodo de tiempo adicional para que la biomasa se descomponga lo suficiente y permita el establecimiento de las especies agrícolas, pecuarias o forestales.
- Requiere de mano de obra adicional para el fraccionamiento o 'picado' de los residuos de cosecha o de la vegetación derribada, y para controlar los riesgos de incendios que suelen ocurrir en los meses de menores precipitaciones.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +

- No requiere.



### *Insumos y herramientas especializadas* ++

- **Herramientas:** hacha, machete, motosierra.



### *Costo para su aplicación* +++

- El costo estimado de preparar una hectárea es alto.
- **Principales rubros de gasto:** mano de obra, equipos y materiales (motosierra, hacha, machete).



### *Demanda de mano de obra* +++

- Para fraccionar o picar y distribuir la vegetación derribada, y para controlar los riesgos de incendios en épocas de menores precipitaciones.

### 3.8. SIEMBRA EN HOYOS GRANDES

Figura 9. Siembra en hoyos grandes



#### DESCRIPCIÓN

Consiste en establecer los plántones de las especies arbustivas y arbóreas en hoyos de tamaños más anchos y profundos a los tradicionalmente utilizados (al menos, 40 cm de largo x 40 cm de ancho x 40 cm de profundidad) y mejorando el sustrato de siembra (mezcla de compost con roca fosfórica y tierra agrícola de los primeros 20 cm de la superficie).

#### FUNCIONES

- Reducir la compactación y favorecer la aireación del suelo que acompañará a los plántones en sus primeros estadios.
- Facilitar el desarrollo de raíces y, por ende, el establecimiento y crecimiento de los plántones.
- Proveer de una mayor cantidad de suelo relativamente más fértil a los plántones a ser establecidos.

## CRITERIOS

- Esta práctica es recomendable en suelos compactados o en suelos de textura arcillosa cuya capa arable se ha perdido parcialmente por erosión.
- También es conveniente cuando se requiere que los plántones a ser establecidos desarrollen en el menor tiempo posible, a fin de hacer frente a una condición adversa (por ejemplo, presencia de malezas agresivas).

## LIMITACIONES

- Requiere de mano de obra adicional para la apertura de los hoyos de mayores dimensiones.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +

- No requiere.



### *Insumos y herramientas especializadas* +

- **Abonos:** los determinados en el plan de abonamiento.
- **Herramientas:** para la apertura de hoyos (cavadora, pala, pico, machete).



### *Costo para su aplicación* ++

- **Variable:** depende, entre otros factores, de: dimensiones, tipo de suelo predominante (más arcilloso genera mayor trabajo), distancia del vivero, tamaño del plánton y cantidad de sustrato que lo contiene, y cantidad de abono de fondo a ser aplicado.



### *Demanda de mano de obra* ++

- Para la apertura de los hoyos, la aplicación del abono de fondo y el trasplante de las especies arbóreas elegidas.



### 3.9. ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Figura 10. Zanjas de infiltración



#### DESCRIPCIÓN

Son excavaciones en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal que se construyen en sentido transversal a la pendiente, para retirar, retener, conservar y facilitar la infiltración del agua de lluvia. De acuerdo con la cantidad de lluvia que llega al suelo, se pueden construir acequias a desnivel, acequias a nivel o zanjas de drenaje. Al depender de la pendiente, a mayor pendiente, más ancha la zanja (FAO 2018).

#### FUNCIONES

- Mejorar las funciones fisiológicas de la planta (crecimiento).
- Reducir la erosión del suelo debido a la disminución de la velocidad de la escorrentía superficial.
- Regular la temperatura y la cantidad de agua en el suelo.

## CRITERIOS

- Esta práctica es recomendable en zonas de relieve inclinado (pendientes superiores a 15% e inferiores a 50%), con altas precipitaciones.
- También es apropiada en suelos de texturas franco a francoarcilloso (en suelos arenosos se pueden producir deslizamientos, mientras que en suelos muy arcillosos se dificulta la construcción de las zanjas y la infiltración del agua es muy lenta).

## LIMITACIONES

- Requiere de mano de obra adicional para la apertura y mantenimiento de las zanjas.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +++

- Para el manejo del nivel en A para el trazo de las curvas a nivel donde se realizarán las zanjas.



### *Insumos y herramientas especializadas* ++

- **Herramientas:** para la apertura de zanjas (cavador, pala, pico).



### *Costo para su aplicación* +++

- No es práctica común en región amazónica.
- **Costo depende de:** textura del suelo (a mayor contenido de arcilla mayor dificultad para la apertura de las zanjas), pendiente del terreno (a mayor pendiente mayor dificultad), entre otros.
- Costo de implementar una hectárea es alto.
- **Principales rubros de gasto:** mano de obra y herramientas (pala, pico, cavador).



### *Demanda de mano de obra* ++

- Para la apertura de las zanjas y mantenimiento periódico (al menos, anual), a fin de evitar colmatación o filtraciones.

## 3.10. SIEMBRA EN CONTRAPENDIENTE

Figura 11. Siembra en contrapendiente



### DESCRIPCIÓN

Consiste en sembrar el cultivo siguiendo las curvas de nivel y distribuidos en tres bolillos con hileras en contra de la pendiente.

### FUNCIONES

- Control de la erosión y reducción de la velocidad de escorrentía superficial.
- Regulación hídrica en el suelo y mejora del ciclo de nutrientes.

### CRITERIOS

- Esta práctica es recomendable en zonas de relieve inclinado (pendientes superiores a 15% e inferiores a 50%), con altas precipitaciones.

## LIMITACIONES

- Alto costo de mano de obra para su implementación.
- Necesidad de mano de obra especializada para el trazo de las curvas de nivel.

## RECURSOS NECESARIOS

Nivel de requerimiento de los recursos: bajo (+), medio (++), alto (+++).



### *Conocimiento especializado* +++

- Asistencia técnica y mano de obra especializada.



### *Insumos y herramientas especializadas* ++

- **Herramientas:** para siembra y deshierbo (machete, tacarpo, motoguadaña).



### *Costo para su aplicación* ++

- **Variable:** depende de tipo de cultivo (cultivos anuales son relativamente más fáciles de sembrar que los perennes), pendiente del terreno (a mayor pendiente mayor dificultad), entre otros.
- El costo estimado de una hectárea es medio.
- **Principales rubros de gasto:** mano de obra y herramientas (cavadora, pala, machete).
- Costo podría ser aún mayor si se optara por usar nivel en A para el trazado de las curvas en contorno que servirían para la siembra de las especies.



### *Demanda de mano de obra* ++


- Para el trazado de las líneas de siembra.



## IV. OPCIONES DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS PARA EL CULTIVO DE CACAO EN SISTEMAS AGROFORESTALES

A partir de las lecciones aprendidas de las experiencias en rehabilitación de suelos degradados en Ucayali, a continuación, se describen cuatro opciones que responden a diferentes contextos y grados de degradación del suelo orientados a su rehabilitación, principalmente para el cultivo de cacao bajo sistemas agroforestales.

### 4.1. PURMA MEJORADA CON ESPECIES LEGUMINOSAS



**CONTEXTO**

Suelo compactado de baja fertilidad con nivel de degradación fuerte o severo, debido a sobrepastoreo. Vegetación dominante conformada por shapumba (*Pteridium aquilinum*) y cashaucsha (*Imperata brasiliensis*). Suelo de relieve predominante plano a ligeramente ondulado, ubicado en el distrito de Alexander Von Humboldt, en la provincia de Padre Abad, región Ucayali, a 200 m s. n. m., con precipitación entre 2000 y 2500 mm/año, y temperatura entre 21 y 32 °C.

#### Objetivo principal

Rehabilitación del suelo

#### Visión general

En este contexto, se requiere acelerar el proceso de rehabilitación del suelo mediante el establecimiento simultáneo de especies leguminosas arbóreas y herbáceas en las áreas en descanso (purmas).

#### Elemento de diseño del sistema

El diseño se basa en la instalación de leguminosas arbóreas y herbáceas con alto potencial de producción de biomasa y fijación de nitrógeno. Considera la instalación de guaba a 3 x 3 metros y centrosema o kudzu como cobertura viva a 0.5 x 0.5 metros en toda la parcela para lograr una rápida cobertura del suelo.

Figura 12. Estructura horizontal y vertical de opción de purma mejorada con especies leguminosas

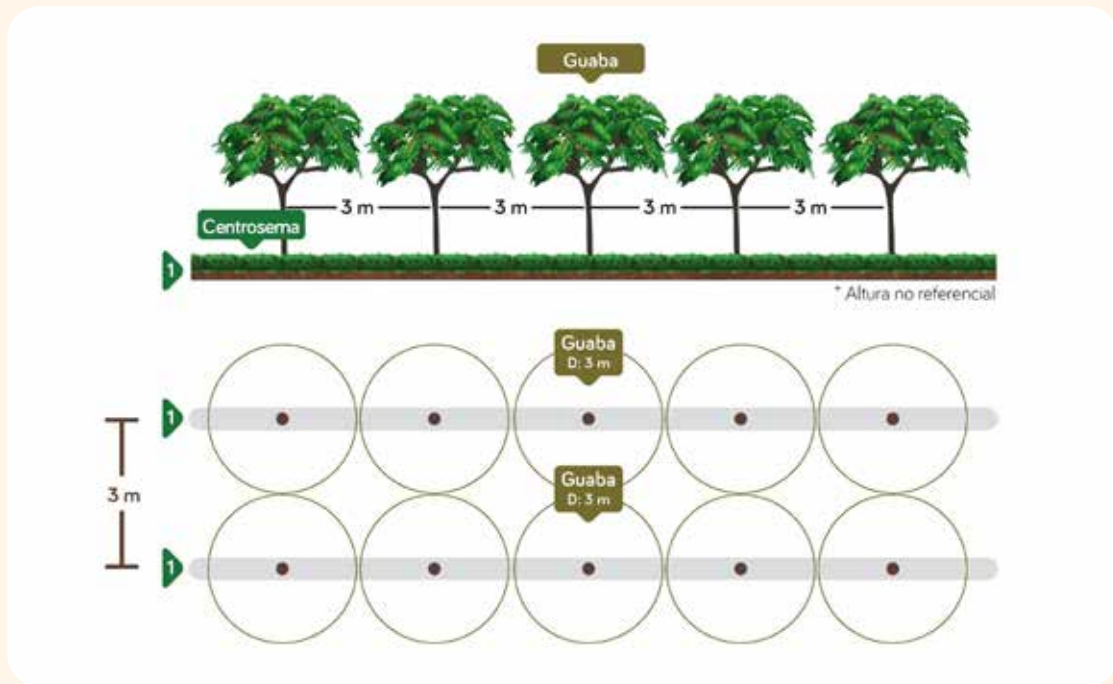
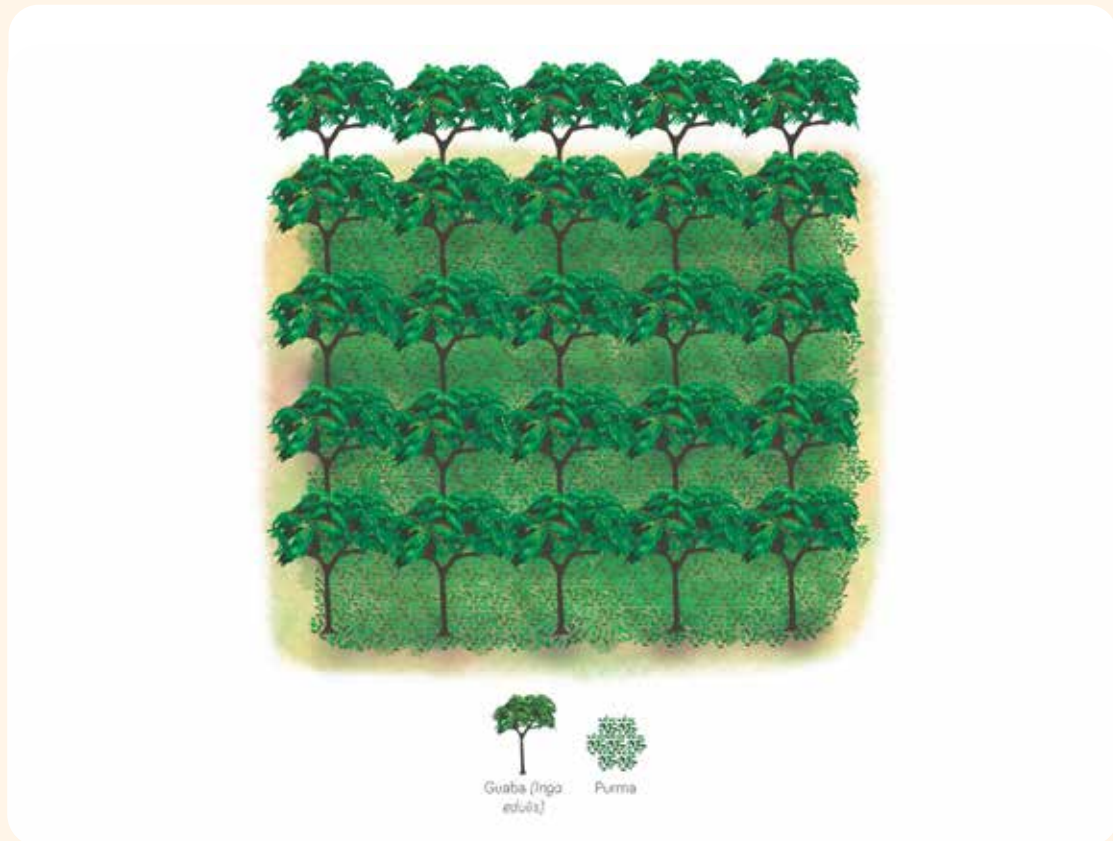


Figura 13. Arreglo espacial de opción de purma mejorada con especies leguminosas



### Criterios para la selección de especies

- Especies con alto potencial para producir biomasa y mejorar el ciclaje de nutrientes
- Fijadoras de nitrógeno
- Tolerantes a suelos de baja fertilidad

### Especies arbóreas clave

Guaba (producción de biomasa, fijación de N, sombra, fruta y leña para autoconsumo).

### Especies anuales y semipermanentes clave

Centrosema o kudzu (producción de biomasa, fijación de N, forraje para animales menores, control de malezas, semillas).

### Prácticas asociadas de rehabilitación de suelos

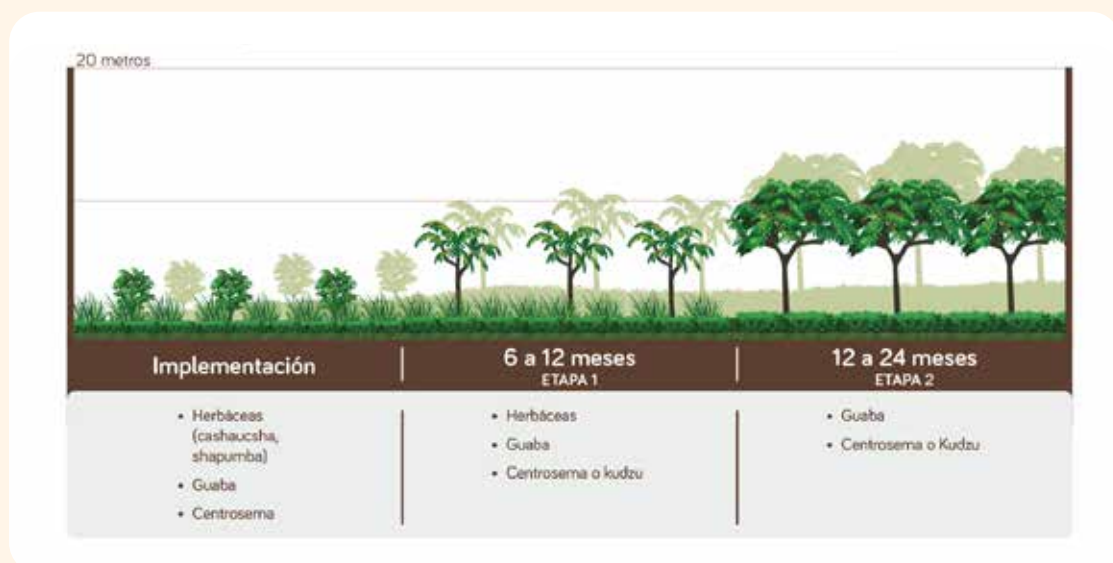
Preparación de terreno sin quema, cobertura muerta, coberturas vivas, aplicación de enmiendas, siembra en hoyos grandes.

### Implementación

Preparación de terreno sin quema, se pica y distribuye la biomasa por toda el área generando una cobertura muerta, aplicación de enmiendas según el análisis de suelo, un mes después, siembra de guaba en hoyos grandes con abonamiento de fondo (roca fosfórica y compost) y de cobertura viva (centrosema o kudzu) en toda la parcela.

### Proyección de manejo

Figura 14. Proyección de manejo de opción de purma mejorada con especies leguminosas



**6 a 12 meses**

Plateo de guaba

**12 a 24 meses**

A los 24 meses de siembra se realiza la poda de guabas de 1.0 a 1.2 m de altura, picado y distribución de la biomasa en toda el área. Manejo de rebrotes de guaba, para realizar una poda anual hasta los 6 años.

Cosecha de semilla de centrosema o kudzu.

Después de este periodo, se han generado las condiciones necesarias para la instalación del cultivo de cacao en sistema agroforestal.

## 4.2. REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN ÁREAS CON PENDIENTE CON UN SISTEMA AGROFORESTAL BASADO EN CACAO

### CONTEXTO



Suelo de baja fertilidad con nivel de degradación intermedio o moderado debido a actividades agrícolas basadas en la alternancia de cultivos y periodos de descanso en ciclos cortos (2 a 5 años). Vegetación dominante conformada por shapumba (*Pteridium aquilinum*) y rabo de zorro (*Andropogon bicornis*), con signos de erosión. Suelo de relieve ondulado a colinoso, ubicado en el distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, región Ucayali, a 220 m s. n. m., con precipitación de 2000 mm/año y temperatura entre 22 y 32 °C.

#### Objetivo principal

Rehabilitación del suelo

#### Visión general

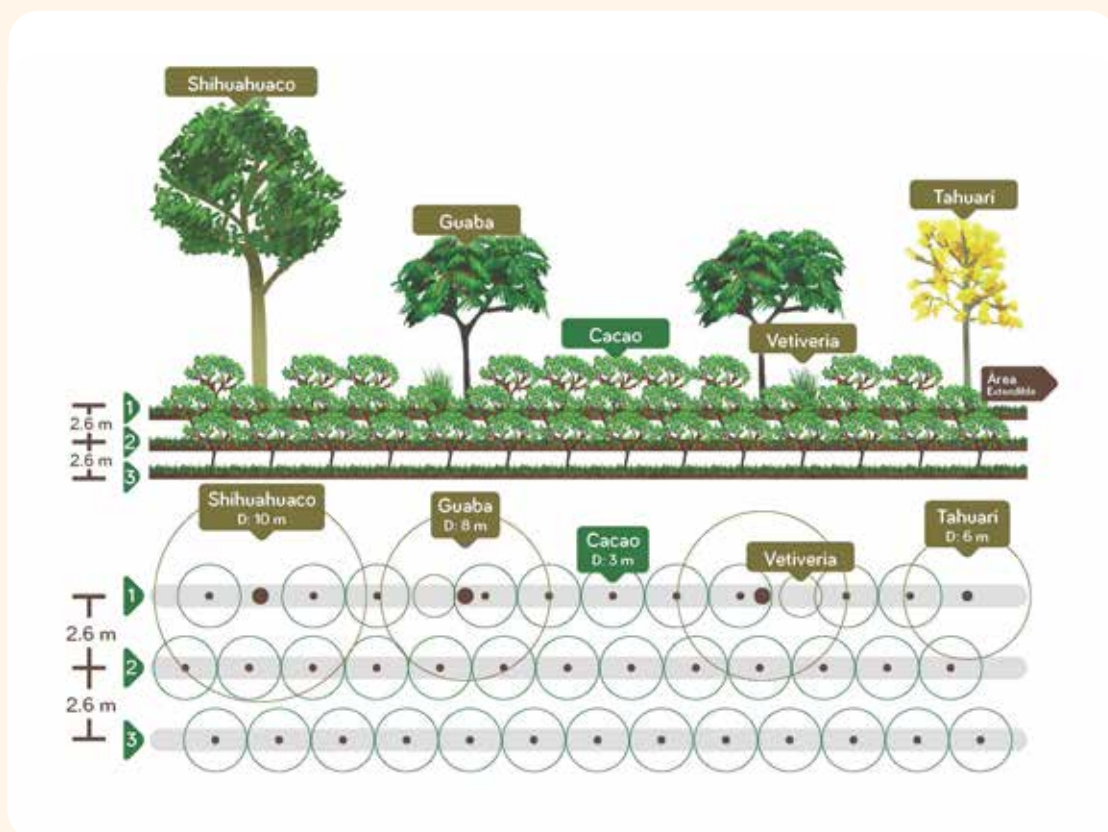
En este contexto, se propone rehabilitar el suelo mediante el establecimiento secuencial de especies anuales y perennes multipropósito para generar condiciones adecuadas para el cultivo de cacao, el cual se incorpora a partir de los 12 meses de iniciada la intervención. Se considera la adición de abonos para optimizar el rendimiento y calidad del cacao, y la incorporación de barreras vivas para la conservación del suelo.



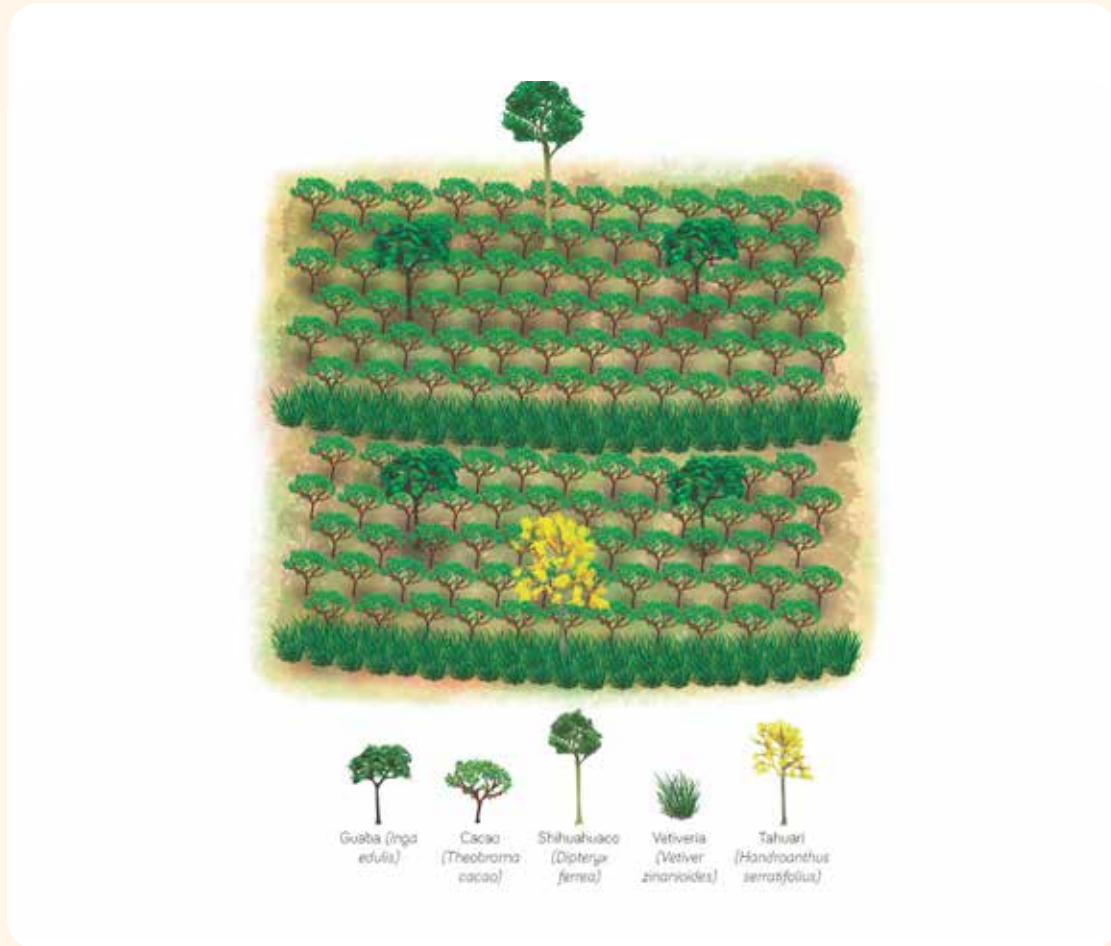
### Elemento de diseño del sistema

El diseño se basa en la siembra contrapendiente, con el establecimiento de barreras vivas (2 hileras de gramíneas cada 0.2 m en sistema tres bolillos) cada 10 a 20 metros dependiendo de la pendiente del área. Entre barreras se instala cacao a 3 x 3 metros en sistema tres bolillos, con sombra permanente de guaba a 15 x 15 metros y especies maderables de lento crecimiento a 18 x 36 metros.

**Figura 15.** Estructura horizontal y vertical de opción de rehabilitación de suelos degradados en áreas con pendiente con un SAF basado en cacao



**Figura 16.** Arreglo espacial de opción de rehabilitación de suelos degradados en áreas con pendiente con un SAF basado en cacao



### Criterios para la selección de especies

- Especies maderables con valor comercial
- Producen alimentos a corto plazo para el autoconsumo y venta
- Con alto potencial para producir biomasa y mejorar el ciclaje de nutrientes
- Fijadoras de nitrógeno
- Con alta densidad de raíces para barreras vivas
- Tolerantes a sombra y a suelos de baja fertilidad

### Especies arbóreas clave

Cacao (cultivo principal), marupa, tahuarí, shihuahuaco (producción de madera, biomasa, sombra, mejora estructura de suelo), guaba (producción de biomasa, fijación de N, sombra, fruta, leña para autoconsumo).

### Especies anuales y semipermanentes clave

Frijol de palo o plátano, frijol caupí (producción biomasa, fijación de N, alimentos para autoconsumo y venta), vetiveria (barrera viva).

### Prácticas asociadas de rehabilitación de suelos

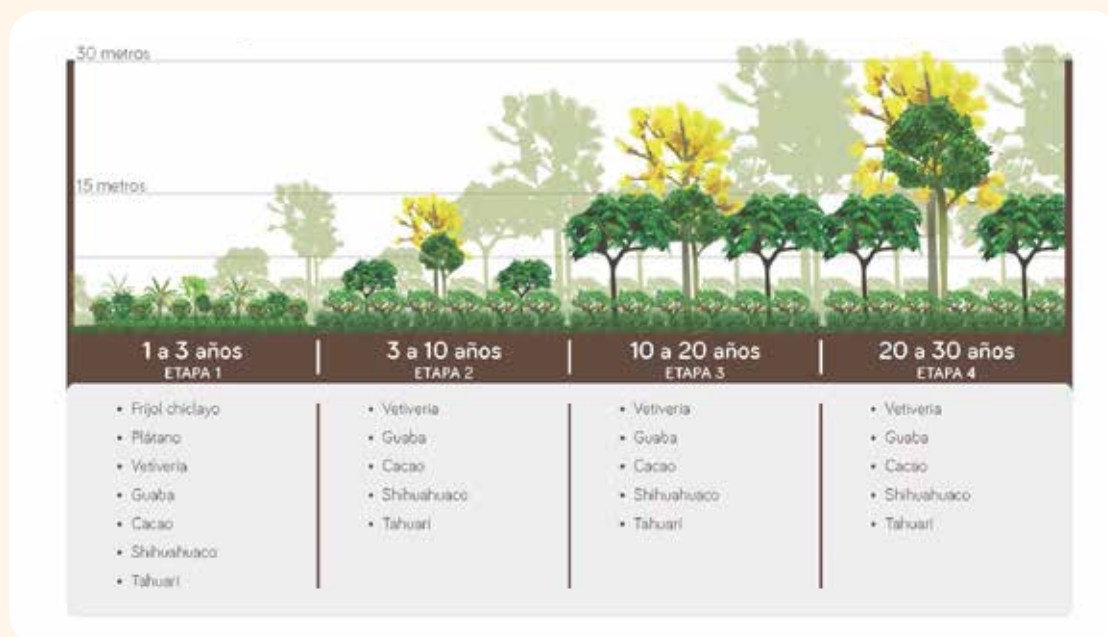
Preparación de terreno sin quema, cobertura muerta, aplicación de enmiendas, siembra contrapendiente, barreras vivas, siembra en hoyos grandes.

### Implementación

Preparación de terreno sin quema, se pica y distribuye la biomasa por toda el área generando una cobertura muerta, aplicación de enmiendas según el análisis de suelo, un mes después se inicia la instalación de la parcela. Diseño de siembra en contrapendiente, se establecen barreras vivas, se instala frijol caupí, frijol de palo o plátano, y especies forestales y guaba en hoyos grandes con abonamiento de fondo.

### Proyección de manejo

**Figura 17.** Proyección de manejo de opción de rehabilitación de suelos degradados en áreas con pendiente con un SAF basado en cacao



#### 1 a 3 años

Siembra de cacao con abonamiento de fondo, cosecha de frijol de palo o plátano e incorporación de biomasa al suelo. Poda de especies forestales. Desyerbo manual o mecánico. En el cultivo de cacao, abonamiento orgánico anual según el análisis de suelo, injertación, manejo de injerto, poda de formación (formación de falsa horqueta), podas de mantenimiento a partir del segundo año y cosecha.

**3 a 10 años**

Deshierbo manual o mecánico. Podas de especies forestales. En cultivo de cacao, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha.

**10 a 20 años**

Deshierbo manual o mecánico. En cultivo de cacao, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha.

**20 a 30 años**

Deshierbo manual o mecánico. En cultivo de cacao, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha. Aprovechamiento de tahuarí.

### 4.3. REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS CON SISTEMA AGROFORESTAL BASADO EN CACAO



#### CONTEXTO

Suelo de baja fertilidad con nivel de degradación incipiente, cobertura vegetal en proceso de regeneración con presencia de gramíneas y predominancia de arbustos y plantas nativas de hoja ancha. Suelos planos a ligeramente ondulados, ubicados en el distrito de Neshuya, a 170 m s. n. m., con precipitación de 2000 mm/año y temperatura entre 21 y 32 °C.

#### Objetivo principal

Rehabilitación del suelo para la producción de cacao.

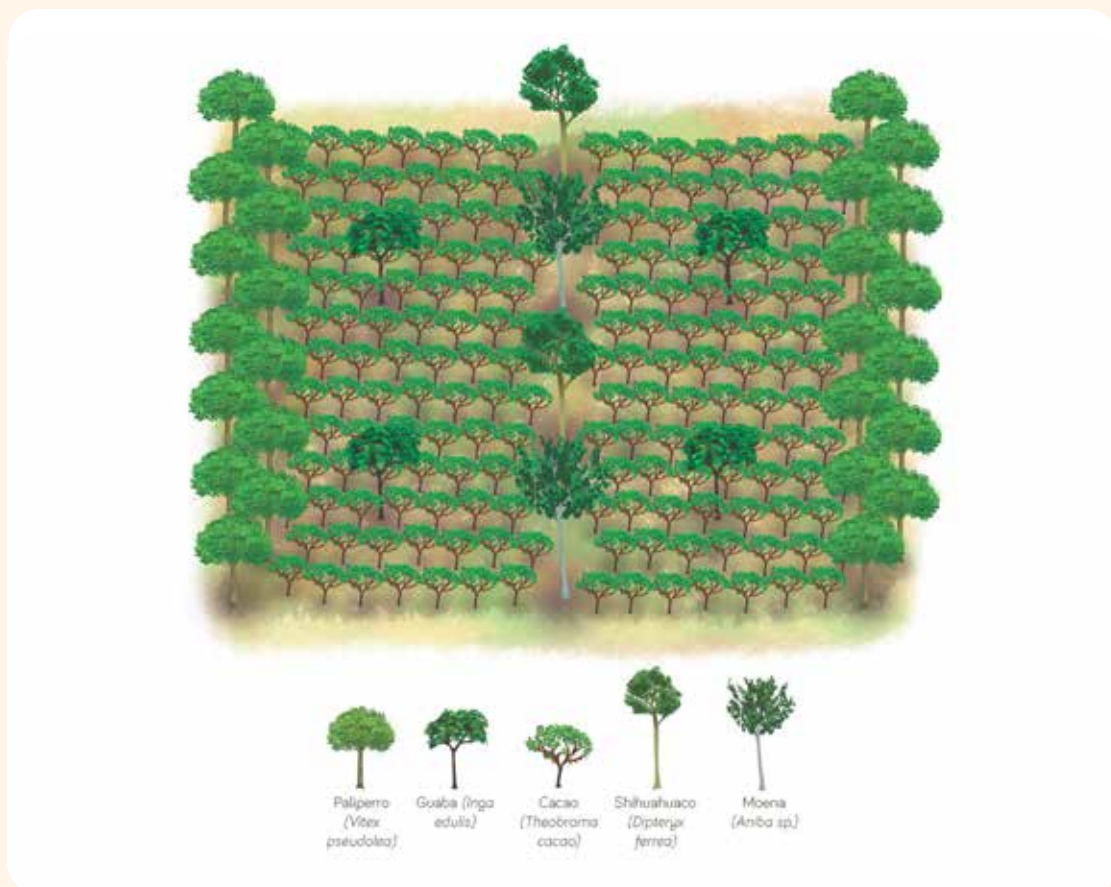
#### Visión general

En este contexto, se propone rehabilitar el suelo mediante el establecimiento simultáneo de especies anuales y perennes multipropósito asociadas a cacao, la adición de abonos para optimizar el rendimiento y calidad del cacao, y la incorporación de especies forestales de menor turno de aprovechamiento.

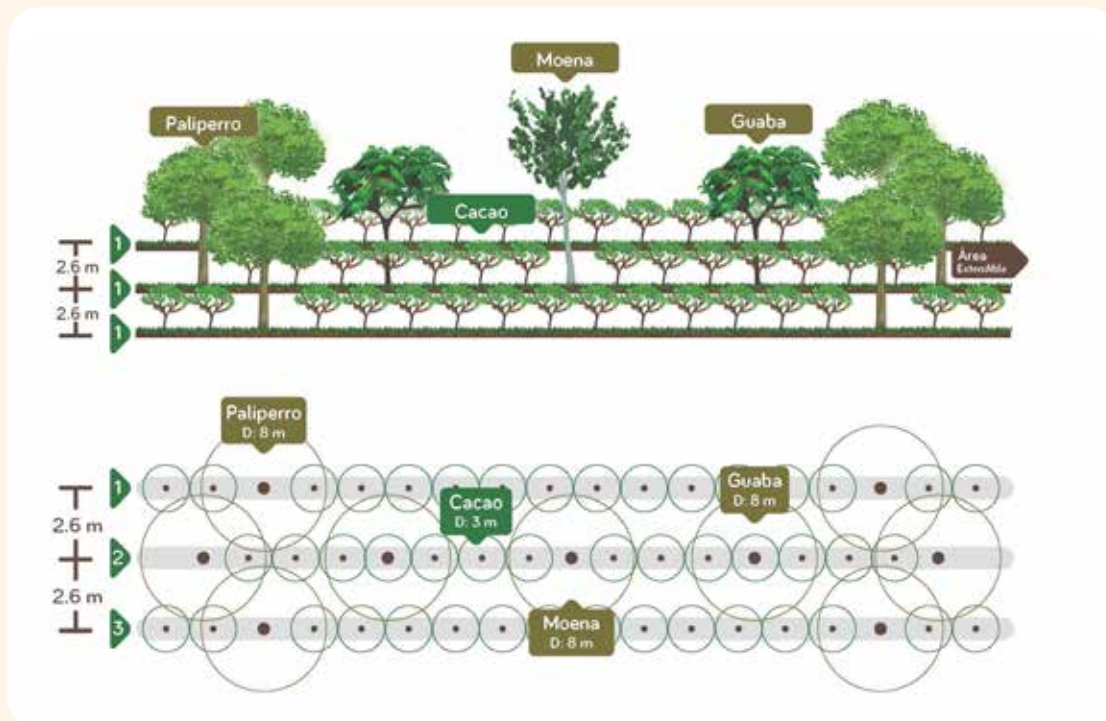
### Elemento de diseño del sistema

El diseño se basa en la instalación de cultivo de cobertura o frijol caupí en toda la parcela, asociada a plátano o frijol de palo a 6 x 6 metros, guaba a una densidad inicial de 6 x 6 metros y cacao a 3 x 3 metros en sistema tres bolillos, dejando calles de 6 metros de ancho cada siete hileras de cacao, donde se instalan especies maderables. Adicionalmente, se instalan especies maderables en doble hilera a 3 x 3 metros en sistema tres bolillos en linderos.

**Figura 18.** Arreglo espacial de opción de rehabilitación de suelos degradados con SAF basado en cacao



**Figura 19.** Estructura horizontal y vertical de opción de rehabilitación de suelos degradados con SAF basado en cacao



### Crterios para la seleccin de especies

- Especies maderables de alto valor en el mercado
- Producen alimentos para el autoconsumo y venta
- Con alto potencial para producir biomasa y mejorar el ciclaje de nutrientes
- Fijadoras de nitrgeno
- Tolerantes a sombra y a suelos de baja fertilidad

### Especies arbreas clave

Cacao (cultivo principal), marupa, moena, tahuar, shihuahuaco en fajas (produccin de madera, biomasa, sombra, mejora estructura de suelo), paliperro (produccin de madera, biomasa) en linderos y guaba (produccin de biomasa, fijacin de N, sombra, fruta, lea para autoconsumo).

### Especies anuales y semipermanentes clave

Frijol de palo o pltano, frijol caup (produccin de biomasa, fijacin de N, alimentos para autoconsumo y venta).

### Prcticas asociadas de rehabilitacin de suelos

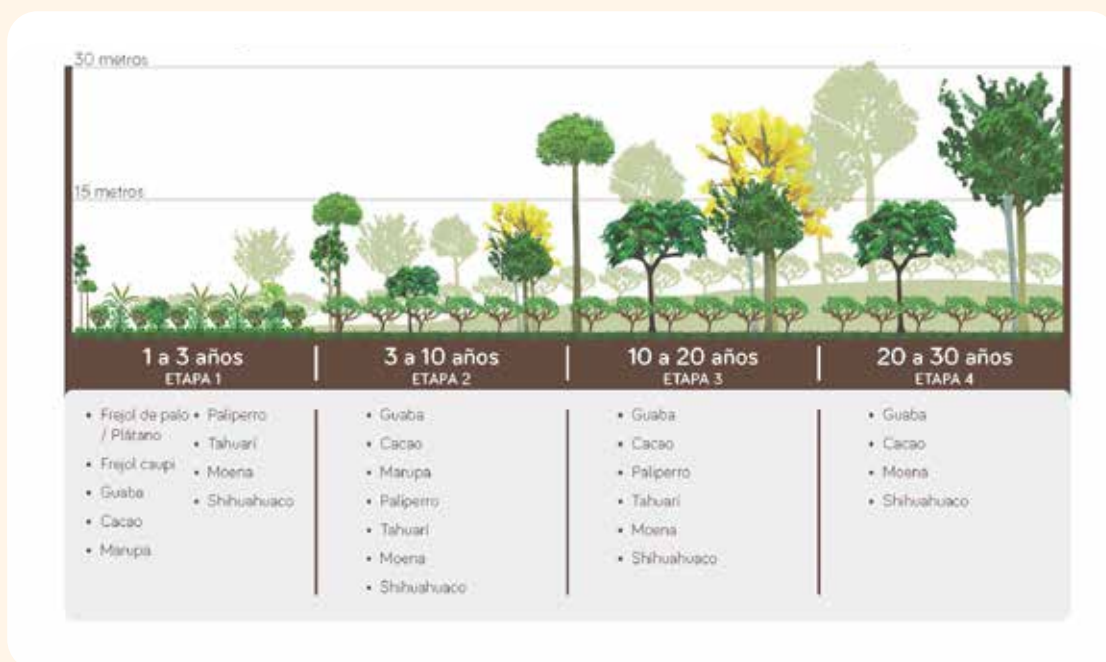
Preparacin de terreno sin quema, cobertura muerta, aplicacin de enmiendas, siembra en hoyos grandes.

## Implementación

Preparación de terreno sin quema, se pica y distribuye toda la biomasa por toda el área generando una cobertura muerta, aplicación de enmiendas según el análisis de suelo, un mes después se siembra en forma simultánea el frijol caupí, frijol de palo o plátano en hoyos grandes con abonamiento de fondo.

## Proyección de manejo

**Figura 20.** Proyección de opción de manejo de rehabilitación de suelos degradados con SAF basado en cacao



### 1 a 3 años

Siembra de cacao y especies forestales y guaba en hoyos grandes con abonamiento de fondo. Injertación, manejo del injerto, poda de formación (falsa horqueta), podas de mantenimiento a partir del segundo año, abonamiento orgánico anual según el análisis de suelo y cosecha. Poda anual de las especies forestales. Cosecha de frijol caupí y resiembra, cosecha de frijol de palo o plátano e incorporación de biomasa al suelo. Deshierbo manual o mecánico de la parcela.

### 3 a 10 años

Deshierbo manual o mecánico. Podas de especies forestales. En cultivo de cacao, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha.

**10 a 20 años**

Deshierbo manual o mecánico. En cultivo de cacao, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha. Aprovechamiento de especies maderables de corto plazo: marupa.

**20 a 30 años**

Deshierbo manual o mecánico. En cultivo de cacao, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha. Aprovechamiento de especies maderables de mediano plazo: paliperro, tahuarí, moena.

## 4.4. REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS MEDIANTE EL MANEJO DE REGENERACIÓN NATURAL



### CONTEXTO

Suelo de baja fertilidad con nivel de degradación incipiente, cobertura vegetal en proceso de regeneración con presencia de gramíneas y predominancia de arbustos y plántulas de especies arbóreas nativas. Suelos planos a ligeramente ondulados, ubicados en el distrito de Neshuya, a 170 m s. n. m., con precipitación de 2000 mm/año y temperatura entre 21 y 32 °C.

#### Objetivo principal

Rehabilitación del suelo para la producción de cacao.

#### Visión general

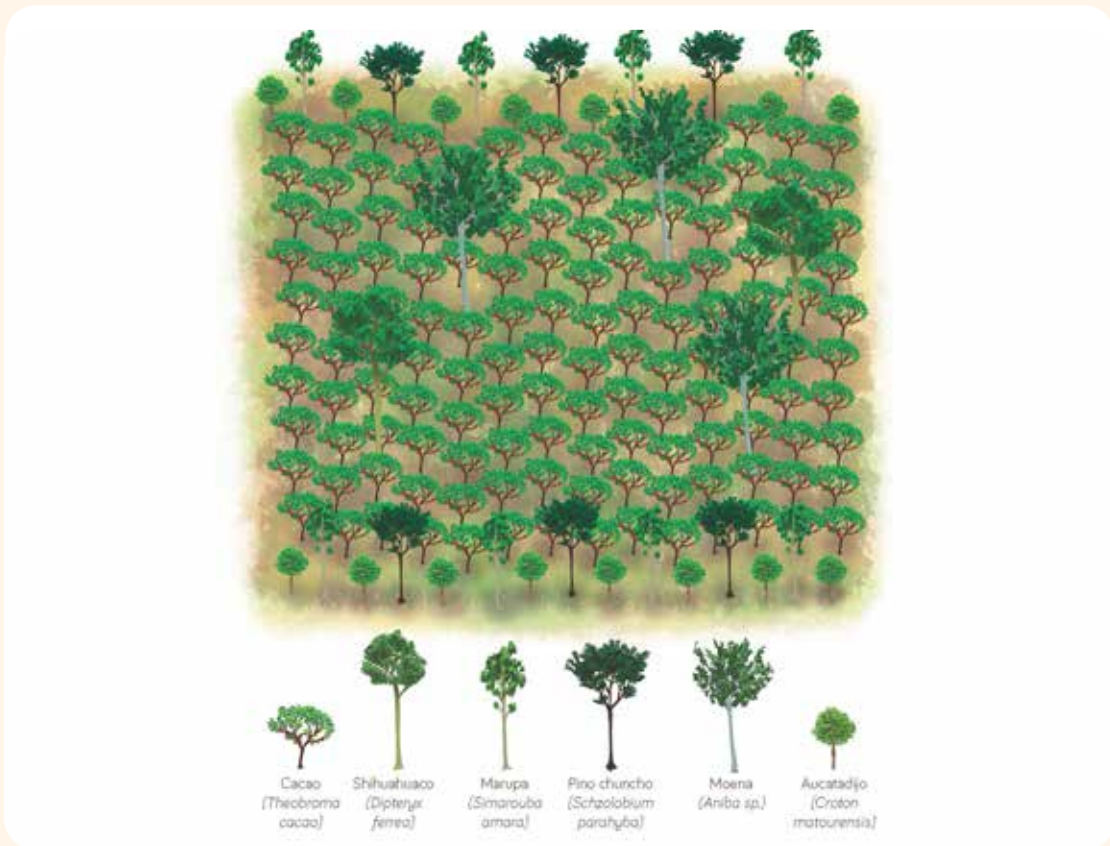
En este contexto donde se tiene alta regeneración natural de especies valiosas, se propone la rehabilitación del suelo degradado mediante el manejo de la regeneración natural asociada en forma simultánea con cacao y otras especies arbóreas multifuncionales, con la finalidad de generar sombra inicial, controlar malezas, regular temperatura, conservar humedad, producir biomasa, mejorar la estructura del suelo e incrementar la biodiversidad del sistema productivo.

#### Elemento de diseño del sistema

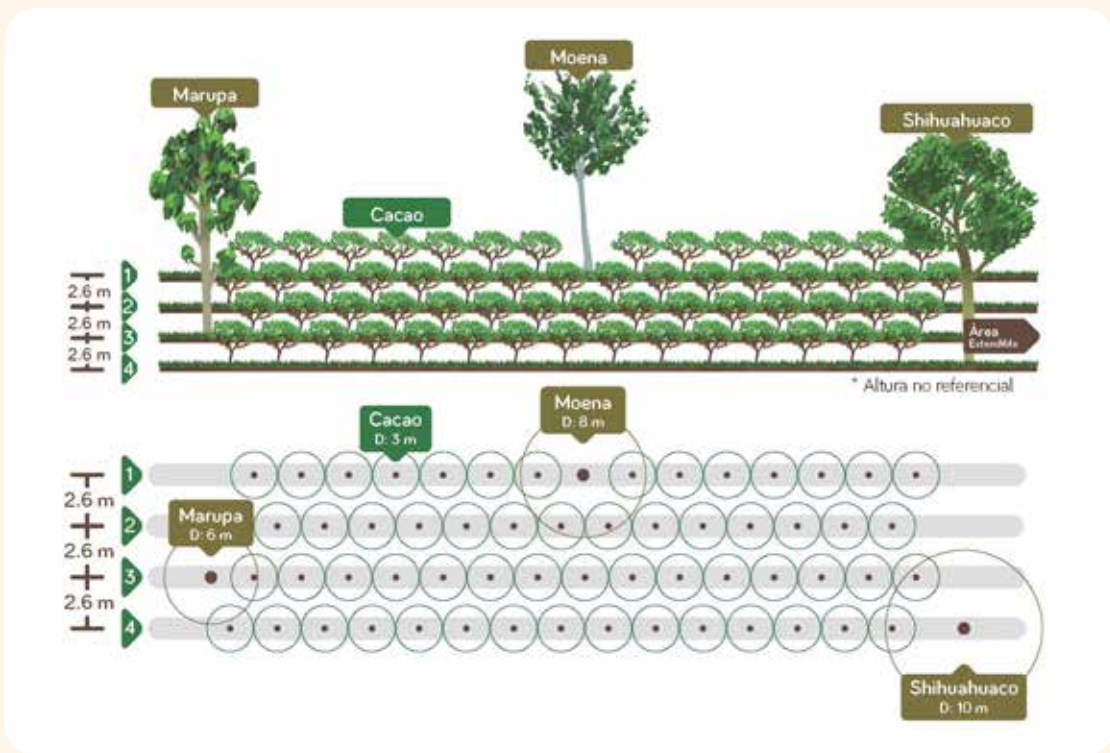
Selección y manejo de arbustos y plántulas de especies arbóreas multifuncionales y enriquecimiento con otras especies arbóreas nativas de interés del productor, con densidad inicial variable y densidad final de 24 x 24 metros, instalación de especies semiperennes (frijol de palo o plátano) como sombra temporal y cacao a 3 x 3 metros en sistema tres bolillos.



**Figura 21.** Arreglo espacial de opción de rehabilitación de áreas degradadas mediante el manejo de regeneración natural



**Figura 22.** Estructura horizontal y vertical de opción de rehabilitación de áreas degradadas mediante el manejo de regeneración natural



### Criterios para la selección de especies

Especies arbóreas o arbustivas de valor comercial (madera, medicinales, otros), con alto potencial de producir biomasa, mejorar el ciclaje de nutrientes y se adaptan a suelo de baja fertilidad. Especies tolerantes a sombra.

### Especies arbóreas clave

Cacao, aucatadijo, pino chuncho, rifari, marupa, tahuarí, moena, shihuahuaco, shimbillo.

### Especies anuales y semipermanentes clave

Frijol de palo o plátano, canavalia.

### Prácticas asociadas de rehabilitación de suelos

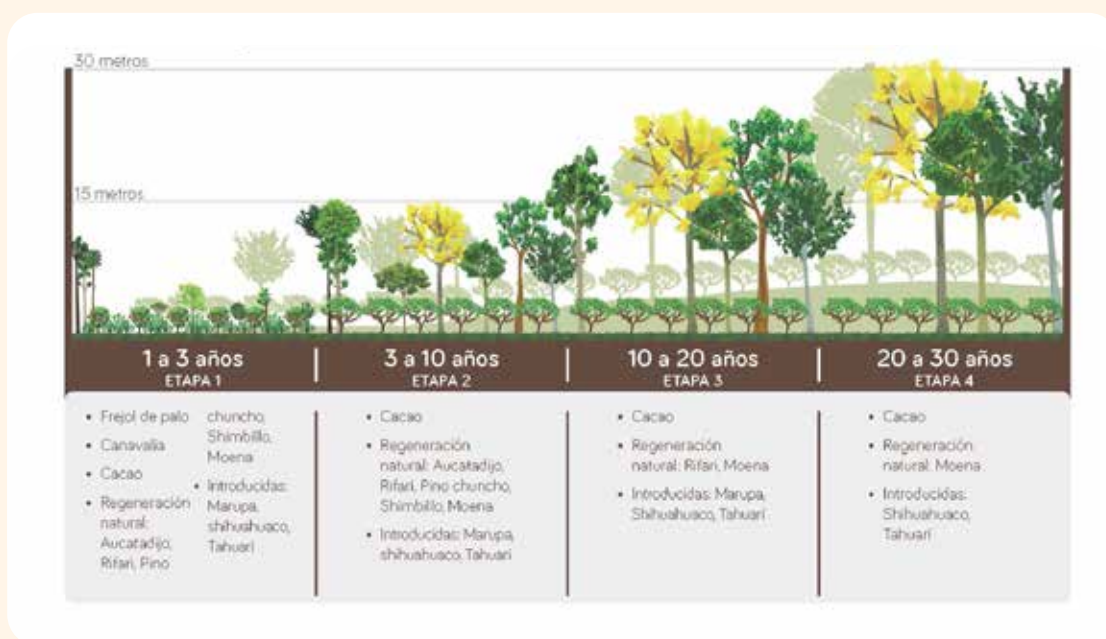
Preparación de terreno sin quema, cobertura muerta, coberturas vivas, aplicación de enmiendas.

### Implementación

Identificación y señalización de especies de regeneración natural de interés. Preparación de terreno sin quema, se pica y distribuye la biomasa por toda el área generando una cobertura muerta, aplicación de enmiendas según el análisis de suelo. Un mes después de la aplicación de enmiendas, en áreas con mayor presencia de gramíneas u otras herbáceas, se instalan coberturas vivas (canavalia); y en áreas con claros, se instalan especies arbóreas y frijol de palo o plátano como sombra temporal, simultáneamente se instala cacao con abonamiento de fondo.

### Proyección de manejo

Figura 23. Proyección de manejo de opción de rehabilitación de áreas degradadas mediante el manejo de regeneración natural



• **1 a 3 años:**

Manejo intensivo de las especies de regeneración natural, con podas frecuentes y un primer raleo al tercer año dejando las especies de rápido crecimiento en los bordes y shimbillos, y especies forestales de mediano a lento crecimiento en medio de la plantación. El cultivo de cacao requiere de abonamiento orgánico anual según el análisis de suelo, injertación, manejo de injerto, poda de formación (formación de falsa horqueta), podas de mantenimiento a partir del segundo año. Mantener la cobertura viva y muerta del suelo.

• **3 a 10 años:**

Deshierbo, podas de mantenimiento, abonamiento, control fitosanitario y cosecha de cacao. Poda de especies forestales y un segundo raleo al séptimo año dejando una densidad promedio de 24 x 24 metros.

• **10 a 20 años:**

Deshierbo, podas, abonamiento, control fitosanitario y cosecha de cacao. Poda y aprovechamiento de especies forestales de corto plazo (marupa, pino chuncho, aukatadijo, rifari).

• **20 a 30 años:**

Deshierbo, podas, abonamiento, control fitosanitario y cosecha de cacao. Aprovechamiento de especies forestales de mediano plazo (tahuarí, moena).

## BIBLIOGRAFÍA

- Alegre J y Meza A. 1999. *Manual técnico de uso de fertilizantes en sistemas agroforestales en trópicos*. Pucallpa, Perú: Centro Internacional de Investigación en Agroforestería.
- Alegre J, Meza A, Arévalo L. 2000. Establecimiento de barbechos con leguminosas. *Agroforestería en las Américas* 7(27):31–33.
- Alegre J, Vega R, Lao C. 2016. *Manual Diseño de Sistemas Agroforestales (SAF) para recuperar áreas degradadas en la Amazonía*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. [https://www.researchgate.net/publication/323839852\\_MANUAL\\_DISENO\\_DE\\_SISTEMAS\\_AGROFORESTALES\\_SAF\\_PARA\\_RECUPERAR\\_AREAS\\_DEGRADADAS\\_EN\\_LA\\_AMAZONIA](https://www.researchgate.net/publication/323839852_MANUAL_DISENO_DE_SISTEMAS_AGROFORESTALES_SAF_PARA_RECUPERAR_AREAS_DEGRADADAS_EN_LA_AMAZONIA)
- Barrios E, Coutinho HLC, Medeiros CAB. 2012. *InPaC-S: Participatory Knowledge Integration on Indicators of Soil Quality – Methodological Guide*. Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF), Embrapa, CIAT.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Bogotá: FAO. <https://www.fao.org/3/i8864es/i8864ES.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soils). 2020. Towards a definition of soil health. *Soil Letters* # 1. FAO, ITPS. <https://www.fao.org/3/cb1110en/cb1110en.pdf>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2012. *Guía de Monitoreo y Evaluación de Proyectos*. IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11292/BVE20087924e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Integrate Sustainability. s.f. Consultado el 18 de agosto 2023. <https://www.integratesustainability.com.au/>
- Kogut P. 20 de julio 2023. Degradación Del Suelo: Técnicas Para Evitar Sus Efectos (blog). *EOS Data Analytics*. <https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo/>
- Meza A. 2023. Informe del inventario de experiencias de rehabilitación de suelos en Ucayali. Informe no publicado. Lima, Perú: CIFOR-ICRAF, Proyecto Agroecological Regenerative Cocoa (ARC).
- Meza A. 2023. Identificación, priorización e integración de indicadores locales y técnicos de calidad de suelo. Informe técnico no publicado. Lima, Perú: CIFOR-ICRAF, Proyecto Agroecological Regenerative Cocoa (ARC).
- Meza A, Sabogal C, de Jong W. 2006. *Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonía Peruana: Revisión de experiencias y lecciones aprendidas*. Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). [https://www2.cifor.org/rehab/download/version\\_ultima.pdf](https://www2.cifor.org/rehab/download/version_ultima.pdf)
- Ortegon E, Pacheco J, Prieto A. 2005. *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf)
- Portal de Suelos de la FAO. s.f. Consultado el 15 de diciembre 2022. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

- Ricse A. 2011. *Manual práctico para rehabilitación de suelos degradados en la Amazonía*. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre), Bioversity - Perú, ICRAF. 2018. *Experiencias de restauración en el Perú. Lecciones aprendidas*. Lima, Perú: SERFOR. <https://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/493/3/SERFOR%202018%20Experiencias-de-Restauracion-en-el-Peru-Lecciones-aprendidas.pdf>
- Society for Ecological Restoration. s.f. Consultado el 19 de julio 2023. <https://www.ser.org/>
- Soil Quality for Environmental Health. 19 de setiembre 2011. Consultado el 19 de julio 2023. [http://soilquality.org/indicators/bulk\\_density.html](http://soilquality.org/indicators/bulk_density.html)
- Tuckombil Landcare Inc., NSW Agriculture, Natural Heritage Trust. 2002. Northern Rivers Soil Health Card. A soil management tool developed by farmers for farmes. Australia: NSW Department of Agriculture [http://www.dpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0007/168703/northern-rivers-soil-healthcard.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/168703/northern-rivers-soil-healthcard.pdf)
- USDA-NRCS (United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service). 2019. Bulk Density/Moisture/Aeration. Soil Health. Guides for Educators. USDA-NRCS. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Soil%20Bulk%20Density%20Moisture%20Aeration.pdf>







[cifor-icraf.org](http://cifor-icraf.org)

[cifor.org](http://cifor.org) | [worldagroforestry.org](http://worldagroforestry.org)

## CIFOR-ICRAF

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