

MICROFINANZAS PARA LA ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS

Opciones, costos y beneficios



Medidas de Adaptación basada en Ecosistemas para Microfinanzas

El proyecto Microfinanzas para la Adaptación basada en Ecosistemas (MEbA, por sus siglas en inglés) tiene el objetivo de:

Proporcionar a poblaciones vulnerables rurales y peri urbanas, en la Región Andina de Colombia y Perú, productos y servicios microfinancieros que les permitan realizar inversiones en actividades relacionadas con la sostenibilidad de los ecosistemas, mejorando sus ingresos y su resiliencia a los efectos del cambio climático.

Los primeros productos se orientan al sector agropecuario de pequeña escala por ser la actividad económica más importante en zonas rurales de Colombia y Perú. Se conforma por una población con escasos recursos económicos, dependiente de actividades sujetas a riesgos climáticos y cuyas actividades impactan positiva o negativamente a los ecosistemas y sus servicios, dependiendo de cómo se realicen.

En esta primera fase el proyecto se enfocó en identificar opciones que pueden financiarse a través de productos microfinancieros y que cumplan, ya sea por sí mismas o en sinergia con otras, los siguientes criterios de adaptación basada en ecosistemas y microfinanzas (criterios "MEbA"):

1. Reducir la presión sobre los ecosistemas y los servicios que proveen.
2. Incrementar la resiliencia social o económica de las poblaciones humanas vulnerables al cambio climático.
3. Reducir riesgos asociados a eventos climáticos en las actividades productivas.
4. En su implementación, proteger, restaurar o usar la biodiversidad y los ecosistemas de forma sustentable.
5. Tener un impacto positivo sobre la economía de las personas en el corto plazo.

A continuación se presentan las 40 medidas sistematizadas en fichas descriptivas de acuerdo con su contribución a reducir riesgos climáticos y otras características esenciales. Para ello, se diferenciaron dos rasgos del riesgo climático: el estímulo del clima (o "amenaza") y su potencial efecto en las actividades productivas, bienes materiales o servicios ecosistémicos (el "impacto").

Amenazas:

factores del clima en el que los humanos tienen poco control.



Cambios en patrones de lluvias



Extremos de calor



Cambios bruscos de temperatura



Granizo



Vientos fuertes



Lluvias intensas



Heladas

Impactos:

la consecuencia de la manifestación de las amenazas climáticas en el contexto humano.



Sequías



Pérdida de productividad



Pérdida de cosechas



Necesidad de mayores insumos



Deslizamientos



Daños a cultivos



Aumento de plagas



Cambios fenológicos



Avenidas



Inundaciones



Incendios



Erosión



Menor disponibilidad de agua



Menor seguridad alimentaria

ÍNDICE

- 0 DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS
- 1 ABONOS ORGÁNICOS
- 2 ACONDICIONAMIENTO DE SUELOS
- 3 AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN
- 4 AGRICULTURA ECOLÓGICA
- 5 AGRICULTURA ORGÁNICA
- 6 APICULTURA
- 7 BANCO DE SEMILLAS
- 8 BARRERAS ROMPEVIENTOS
- 9 BIODIGESTORES
- 10 CAPTADORES DE NIEBLA
- 11 DESHIDREATADORES SOLARES
- 12 DIVERSIFICACIÓN DE CULTIVOS
- 13 DRENAJE AGRÍCOLA
- 14 ECOTURISMO
- 15 ESTUFAS EFICIENTES
- 16 FRANJAS CORTAFUEGO
- 17 HIDROPONÍA SOLAR
- 18 HUERTOS FAMILIARES
- 19 INVERNADEROS
- 20 LOMBRICOMPOSTA
- 21 MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

ÍNDICE

22) MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

23) MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

24) MUROS DE CONTENCIÓN NATURAL

25) PERMACULTURA

26) PISCICULTURA

27) PRESAS FILTRANTES

28) RESERVORIOS PARA AGUA DE LLUVIA

29) RESTAURACIÓN DE SUELOS

30) RIEGO POR GOTEO

31) ROTACIÓN DE CULTIVOS

32) SISTEMA AGROSILVOPASTORIL

33) SISTEMA SILVOAGRÍCOLA

34) SISTEMA SILVOPASTORIL

35) SOMBRA NATURAL

36) TERRAZAS AGRÍCOLAS

37) TINAS CIEGAS

38) VIVERO MIXTO

39) WARU-WARU

40) ZANJAS-BORDO

0 DESCRIPCIÓN DE CONTENIDO

1 Cuando las amenazas climáticas se manifiestan en uno o más sistemas de interés (ecológicos, productivos o humanos) se producen impactos. Con las medidas se busca reducir los impactos.

Se presentan hasta tres impactos atendidos, aunque generalmente hay más. El listado de íconos de impactos se encuentra en el forro izquierdo de la carpeta.

2 Evaluación cualitativa, con respecto al resto de las medidas y en una escala de 0 a 3, del potencial de la medida para reducir los impactos citados.

3 El tiempo estimado en que se pueden apreciar resultados, orientados a la mejora productiva, la generación de ingresos o la estabilidad del sistema. El plazo máximo contemplado es de 5 años y el mínimo de 1, aunque ciertas acciones pueden rendir frutos casi de inmediato. En general, las medidas forestales requieren de más tiempo para que se puedan apreciar los resultados.

4 Muestra la orientación de las medidas y el público meta. Algunas medidas pueden tener más de un enfoque o aplicarse en distintas escalas.

Inversión: acciones que producen mayores rendimientos o ingresos adicionales a corto plazo.

Soporte: acciones que están destinadas a incrementar la resiliencia del sistema, contribuyendo a mayor estabilidad ante fluctuaciones en el clima o los mercados a mediano y largo plazo.

Individual: Acciones dirigidas a unidades familiares o personas que ven por sus propios intereses.

Colectiva: Acciones dirigidas a grupos con un interés común.

5 Número de identificación de la medida. Las medidas fueron clasificadas en orden alfabético.

6 Se presentan las características principales de la medida y el objetivo de realizarla.

7 Se describen los lugares más propicios para realizar la medida o donde puede ser de mayor utilidad.

8 Se refiere a los principales beneficios que presenta la medida para la adaptación al cambio climático. El cambio climático se caracterizó haciendo una distinción entre amenazas e impactos. Las medidas están enfocadas, sobre todo, en atender los impactos.

9 Describe de manera sintética los pasos a seguir para poner en práctica la medida.

10 Los diagramas dan mayor detalle sobre la metodología de implementación o sobre alguna característica particular de la medida.

The infographic is titled "ACONDICIONAMIENTO DE SUELOS" and includes the following sections:

- Header:** Logos of INIA, MEBA, and Frankfurt School. A table on the right shows "Escala" (Individual, Colectiva) and "Categoría" (Soporte, Inversión).
- Impactos:** A central image shows hands holding soil. Callout 1 points to icons of impacts (e.g., drought, heat) and callout 2 points to a table of impacts.
- Identificación:** Callout 5 points to the number "2" in a circle.
- Descripción:** Callout 6 points to the text describing soil conditioning techniques.
- Amaznas e impactos que atiende:** Callout 8 points to the text explaining how practices improve soil structure and reduce erosion.
- Metodología de implementación:** Callout 9 points to the list of steps for implementation.
- Lugar de aplicación:** Callout 7 points to a map showing suitable areas for the measure.
- Diagrama:** Callout 10 points to a 3D diagram of a field with "Zona con problemas" and "Sitios de muestreo" marked.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDO

11 Las amenazas son estímulos climáticos que están cambiando y pueden causar impactos en los sistemas productivos, ecológicos o humanos. Individuos o comunidades tienen poco control sobre ellas.

12 Medidas complementarias con las que se pueden establecer sinergias para generar mayor resiliencia ante el cambio climático.

13 Evaluación cualitativa, con respecto al resto de las medidas y en una escala de 0 a 3, de la viabilidad de la medida para incrementar ganancias.

14 Evaluación cualitativa, con respecto al resto de las medidas y en una escala de 0 a 3, del potencial de la medida para reducir emisiones de gases de efecto invernadero o capturar carbono.

15 Cuadro resumen de costos. Todos los cuadros contemplan los mismos rubros: mano de obra, materiales y capacitación. Los montos son estimados y deben tomarse sólo como un punto de partida para generar un análisis más detallado. En la mayoría de los casos se presentan los costos para iniciar la acción y no para su operación. Estos valores pueden bajar si ya se cuenta con materiales o si la mano de obra de instalación es proporcionada por el usuario como co-inversión. Generalmente no se incluyen los costos de mantenimiento en las medidas individuales, pero sí en las colectivas.

Dos medidas tienen cuadros distintos: agricultura ecológica (ficha no. 4) y permacultura (ficha no. 25). Estas dos medidas representan sistemas integrales que se pueden ilustrar mejor mostrando posibles ejemplos de sus compo-

16 nentes. Es una primera aproximación a datos cuantitativos sobre los beneficios de la medida. Se enfocan en el ámbito de la producción o la mejora de ingresos para los usuarios, pero también en el resultado que la medida tiene en incrementar la resiliencia de los ecosistemas.

17 Esta sección describe lo que debe considerarse antes de poner en práctica la medida o lo que podría frenar su implementación.

18 Son consejos con base en la experiencia generada o algunos apuntes importantes de la literatura.

19 Algunos puntos adicionales para ahondar en el tema.

20 La manera en que los socios del proyecto MEBA pueden medir la receptividad de la medida.

21 La manera en que los socios del proyecto MEBA pueden medir el resultado de las medidas.

Se enfoca, sobre todo en cuestiones productivas y económicas, ya que la medición del impacto sobre los ecosistemas requiere métodos que sobrepasan los medios disponibles en el proyecto. Sin embargo, es conocido que las medidas propuestas tienen aportes significativos a la resiliencia de los agroecosistemas.

22 Se presentan los principales documentos utilizados para recopilar la información encontrada en la ficha descriptiva y donde el lector puede ampliar su conocimiento sobre la medida.

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

Con apoyo de
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

Amenazas Atendidas

Medidas de las medidas

Potencial de generar ingresos

Potencial de reducción de GEI

Insumos y costos:
Se analiza el costo de acondicionar suelos con aplicación de abonos orgánicos dos veces por año, así como la siembra y uso de abonos verdes. Incluye la toma de 6 muestras por hectárea y dos sesiones de muestreo. Los mayores costos se derivan de compra o producción de abonos y la mano de obra para su aplicación. No se incluyen los costos relacionados con cambios en las prácticas o técnicas de cultivo.

Acondicionamiento de suelos, 1 ha	USD
Mano de obra	165
Materiales	1040
Capacitación	360
Total	1565

Beneficios ecosistémicos y económicos:
El suelo juega un papel fundamental no sólo para la producción agrícola, sino para el establecimiento de todo tipo de ecosistemas. El acondicionamiento restablece el equilibrio en el suelo y con ello se mejoran los rendimientos y se reducen los costos de producción. García (2000) comparó cultivos de maíz con y sin manejo adecuado del suelo encontrando una diferencia en la producción de hasta 5000 kg/ha. Con las prácticas correctivas los suelos se tornan físicamente estables, lo cual implica mejor drenaje en épocas de lluvia y mayor retención de humedad durante épocas de estiaje. Por ejemplo, en el sur de Brasil se midieron las tasas de infiltración en suelos con labranza convencional y labranza cero, notándose flujos de 20 mm/h y 45 mm/h, respectivamente (FAO, 2005). Los procesos de regeneración natural del suelo típicos de una sucesión ecológica se pueden observar cuando los agricultores mantienen un mosaico de lotes bajo cultivo y otros en barbecho (Altieri, 2004).

Limitantes:
El acondicionamiento del suelo a menudo incluye cambios en prácticas productivas que pueden encontrar resistencia, como la labranza cero. Los análisis físicos y químicos de suelo requieren equipo y personal especializado. La cromatografía puede dar información cualitativa del estado del suelo siempre y cuando exista una capacitación previa para interpretar los colores. En caso de no poder realizar muestras en un área específica es necesario contar con "muestras de control" de suelos adyacentes donde no se manifieste el problema identificado y realizar comparaciones posteriores.

Lecciones aprendidas:
Un aspecto crítico de un buen programa de monitoreo es obtener muestras representativas del suelo, pues de ello depende que las acciones correctivas sean efectivas. Se recomienda evitar sitios de poca extensión que sean claramente distintos del resto del campo como zonas cercanas a los alambrados, canales, bebederos, montes de abrigo, caminos, zonas donde se hizo fuego, o donde se almacenó fertilizante o estiércol. Aunque a menudo el enfoque se centre en el contenido de materia orgánica o nutrientes, otros factores como el pH o la fijación de elementos fijos son determinantes en la fertilidad.

Consideraciones adicionales:
Existen distintos métodos para minimizar los errores en la toma de muestras de suelo. Por ejemplo, se puede dividir las fincas en cuadrículas pequeñas y uniformes, realizar muestreos en zig-zag o dividir el lote con una franja larga y continua y establecer sitios de monitoreo ubicados a intervalos equidistantes. La reducción en el uso de fertilizantes después del acondicionamiento del suelo es un indicador del exceso de aplicación que se practica en la agricultura convencional.

Unidad de seguimiento:
Superficie con acondicionamiento de suelos (ha).

Unidad de impacto:
Aumento de la productividad en los cultivos (t/ha). Disminución en gasto de fertilizantes (\$/ha).

Proyecto MEBA
Oficina de Coordinación
+507 305 3166
meba@pnuma.org
http://www.pnuma.org/meba

Referencias:
Centro de Gestión Ambiental y Ecológica (2013). Monitoreo de suelos, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Disponible en: <http://cegaee.unne.edu.ar/infa/02-sue.pdf> | Pinheiro, S. (2011). Correlação de índice do solo (cromatografia de Pfeiffer). Brasil: Juquiza Candiru Satyagraha. (FAO 2005). The importance of soil organic matter. Key to drought-resilient and sustainable food production. | Altieri, M. y Nicholls, C. (2004). "An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics" en *New Dimensions in Agroecology*, D.R. Clements and A. Shrestha (Eds.), García F. (2000). "Rentabilidad de la fertilización: Algunos aspectos a considerar" en *Informaciones Agronómicas*, INFOROS, Ed. José Espinoza, no. 39, Abril.



1

ABONOS ORGÁNICOS

Escala

Individual
Colectiva

Enfoque

Inversión
Soporte

Descripción:

Los abonos orgánicos se usan para mejorar las características físicas, biológicas y químicas del suelo. Pueden ser cultivos para abonos en verde (leguminosas) o residuos post-cosecha, aunque generalmente se asocian con compostas obtenidas de desechos de origen animal, vegetal o mixto. Algunos de los materiales usados en el compostaje son: restos orgánicos pecuarios (estiércol, purín), restos del procesamiento de productos agrícolas (café, arroz) y desechos domésticos (residuos de comida y jardín). Los abonos orgánicos son una alternativa al uso de fertilizantes sintéticos que se producen con hidrocarburos.

Lugar de aplicación:

Los abonos orgánicos se aplican a suelos sobreexplotados y degradados, pobres en materia orgánica, con problemas de salinización, pérdida de propiedades físicas y químicas o disminución de su actividad biológica. Son de particular interés para las zonas andinas con suelos poco profundos, escasa materia orgánica y alta exposición a la erosión por lluvia o viento. Su uso es indispensable para la certificación en agricultura orgánica.

Amenazas e impactos que atiende:

La aplicación de abonos orgánicos permite atenuar los efectos de lluvias intensas, sequías y cambios en patrones de lluvia sobre los cultivos debido a que se mejora la capacidad de absorción y retención de humedad en el suelo. Así mismo, la mejora en las propiedades del suelo incrementa la productividad, disminuye la necesidad de mayores insumos agrícolas y controla la erosión.

Metodología de implementación:

Elaboración de 5 toneladas de Bocashi. 1) Iniciar con 1 tonelada de tierra de

hojarasca. 2) Añadir 1 tonelada de gallinaza y humedecer con una solución de melaza. 3) Colocar una capa de 500 kg de estiércol o pulpa de café. 4) Colocar una capa de 200 kg de cascarilla de arroz y humedecer con la solución de melaza. 5) Añadir 100 kg de afrecho o semolina (harina gruesa). 6) Agregar 500 kg de carbón vegetal triturado. 7) Agregar una capa de 200 kg de cal. 8) Sobre las capas anteriores, repetir exactamente los pasos uno a siete con las mismas cantidades. 9) Mezclar los ingredientes y humedecer "a prueba de puño". El proceso dura entre 12 y 21 días y el abono puede usarse inmediatamente después de su preparación.



Fuente: Adaptado de <http://ganaderiasorganicas.blogcindario.com>.



Insumos y costos:

Se calcula el costo para elaborar 5 toneladas de Bocashi (materia orgánica fermentada). El costo principal proviene de la compra de materiales, particularmente de la gallinaza, y de la mano de obra para el proceso. Se consideran dos días de entrenamiento para saber controlar las condiciones durante la fermentación. El peso o volumen final del producto será cerca de 30% menor al de los insumos por pérdida de humedad.

Preparación de 5 toneladas Bocashi	USD
Mano de obra	120
Materiales	283
Capacitación	120
Total	523

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los abonos orgánicos mejoran la actividad biológica del suelo, especialmente de aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos. Altieri (1999) describe dos antecedentes de producciones con abonos orgánicos: uno en San Marcos, Perú, donde la producción mostró rendimientos viables y estables sin el uso de productos químicos tóxicos; el otro en Guinope, Honduras, donde los rendimientos de cultivos de granos pasaron de 400 kg/ha a un rango entre 1200 y 1600 kg/ha empleando métodos orgánicos de fertilización como abonos avícolas y siembra intercalada con leguminosas. En cuanto a la mejora de capacidad del suelo para absorción y retención de humedad, los cultivos con abonos orgánicos obtuvieron rendimientos iguales o mejores a los convencionales en condiciones de sequía.

Limitantes:

La correcta elaboración de los abonos orgánicos requiere de capacitación para manejar técnicas que maximicen los recursos de la finca. En el proceso de elaboración es necesario controlar los niveles de humedad, nutrientes y temperatura

para tener una buena descomposición de materia orgánica, reducir patógenos y producir el abono con la calidad deseada. Esto se logra a través de una adecuada aireación, un tamaño uniforme de los gránulos y el control de la relación entre carbono y nitrógeno.

Lecciones aprendidas:

La aplicación de desechos orgánicos de origen animal o humano en la agricultura sin un tratamiento previo puede generar riesgos a la salud. En el proceso de compostaje se desarrollan temperaturas altas (60-65°C) que permiten eliminar la mayoría de los patógenos presentes. Al mantener dichas temperaturas por un periodo largo de tiempo (mínimo una semana) se garantiza que el abono sea inocuo.

Consideraciones adicionales:

La composición y contenido de nutrientes de los desechos animales varía según la especie de animal, el tipo de manejo y el estado de descomposición. Por ejemplo, la gallinaza es el estiércol más rico en nitrógeno y, en promedio, contiene el doble del valor nutritivo que el estiércol vacuno. Los abonos verdes, por su parte, son especies sembradas en rotación con cultivos comerciales que se deponen so-

bre el suelo para darle cobertura y mejorar el contenido de nutrientes. Los abonos verdes son la fuente más económica y sencilla para producir materia orgánica rica en nutrientes al alcance de pequeños productores agropecuarios.

Unidad de seguimiento:

Área fertilizada con abonos orgánicos (ha). Producción de abonos (t, m³).

Unidad de impacto:

Producción (t/ha). Gasto en insumos agrícolas (\$/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). | Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad. | Borrero, C. (2009). *Abonos Orgánicos*, en Infoagro Systems. Disponible en: http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviere.htm. | PYMERURAL y PRONAGRO (2011). *Abonos orgánicos*. Serie: Producción orgánica de hortalizas de clima templado.

2

ACONDICIONAMIENTO DE SUELOS

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

El acondicionamiento de suelos consiste en aplicar una serie de técnicas para restaurar las condiciones óptimas de materia orgánica, nutrientes, actividad biológica y otros elementos esenciales para la producción agrícola. A partir de análisis simples, como la cromatografía, se obtiene información cualitativa del estado del suelo. Cuando estos datos se comparan con las prácticas productivas realizadas, se pueden diseñar cambios en labranza o abonado para incrementar las aportaciones de materia orgánica, mejorar el manejo de nutrientes, y controlar la erosión, entre otras. El acondicionamiento se realiza por medios físicos, biológicos y de fertilización orgánica, además de mejora de prácticas como rotación o diversificación de cultivos.

Lugar de aplicación:

El acondicionamiento se recomienda en fincas donde se hayan perdido las condiciones naturales del suelo, como buen drenaje, fertilidad y balance de nutrientes, debido a prácticas inadecuadas de cultivo, uso excesivo de fertilizantes y herbicidas o erosión por factores climáticos. La cromatografía de suelos se utiliza también en la producción de abonos para determinar su contenido de nutrientes y en proyectos de restauración para evaluar resultados.

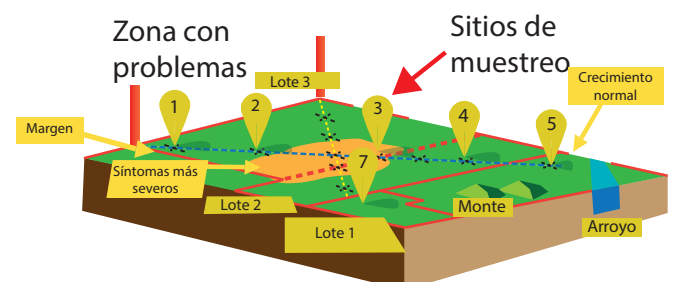
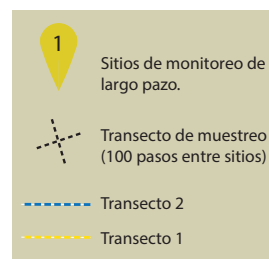
Amenazas e impactos que atiende:

Al implementar prácticas correctivas encaminadas a mejorar la estructura, fertilidad, conservación de humedad y capacidad de infiltración del suelo, el acondicionamiento reduce el impacto de sequías, extremos de calor y cambios bruscos de temperatura en cultivos. El incremento resultante en la fertilidad del suelo mejora la producción, reduce la incidencia de plagas y aumenta la seguridad alimentaria.

Metodología de implementación:

1) Seleccionar puntos específicos de monitoreo tomando en cuenta las diferencias entre parcelas y los sitios con problemas particulares. 2) Analizar las condiciones actuales en los puntos escogidos; por ejemplo, grado de compactación y ero-

sión, nivel de materia orgánica, déficit de nutrientes. 3) Identificar las acciones correctivas con base en los resultados del diagnóstico; por ejemplo, aplicar arroyo o "mulch", utilizar cultivos de raíces principales fuertes para atender la compactación o reemplazar fertilizantes químicos por abonos orgánicos. El mejoramiento del suelo se logra con varias medidas combinadas, incluyendo labranza mínima, sistemas mixtos e incluso manejo de plagas. 4) Establecer un plan de monitoreo para evaluar los resultados de las prácticas de manejo; por ejemplo, estudiar perfiles del suelo, texturas, estructura, fertilidad, actividad biológica y salud de los cultivos. 5) Utilizar técnicas de monitoreo como cromatografía y análisis físicos y químicos para identificar acciones correctivas adicionales.



Fuente: Adaptado de CEGAE (2013).



Insumos y costos:

Se analiza el costo de acondicionar suelos con aplicación de abonos orgánicos dos veces por año, así como la siembra y uso de abonos verdes. Incluye la toma de 6 muestras por hectárea y dos sesiones de muestreo. Los mayores costos se derivan de compra o producción de abonos y la mano de obra para su aplicación. No se incluyen los costos relacionados con cambios en las prácticas o técnicas de cultivo.

Acondicionamiento de suelos, 1 ha

USD

Mano de obra	165
Materiales	1040
Capacitación	360
Total	1565

Beneficios ecosistémicos y económicos:

El suelo juega un papel fundamental no solo para la producción agrícola, sino para el establecimiento de todo tipo de ecosistemas. El acondicionamiento restablece el equilibrio en el suelo y con ello se mejoran los rendimientos y se reducen los costos de producción. García (2000) comparó cultivos de maíz con y sin manejo adecuado del suelo encontrando una diferencia en la producción de hasta 5000 kg/ha. Con las prácticas correctivas los suelos se tornan físicamente estables, lo cual implica mejor drenaje en épocas de lluvia y mayor retención de humedad durante épocas secas. Por ejemplo, en el sur de Brasil se midieron las tasas de infiltración en suelos con labranza convencional y labranza cero, notándose flujos de 20 mm/h y 45 mm/h, respectivamente (FAO, 2005). Los procesos de regeneración natural del suelo típicos de una sucesión ecológica se pueden observar cuando los agricultores mantienen un mosaico de lotes bajo cultivo y otros en barbecho (Altieri y Nicholls, 2004).

Limitantes:

El acondicionamiento del suelo a menudo incluye cambios en prácticas productivas que pueden encontrar resistencia, como la labranza cero. Los análisis físicos y químicos de suelo requieren equipo y

personal especializado. La cromatografía puede dar información cualitativa del estado del suelo siempre y cuando exista una capacitación previa para interpretar los colores. En caso de no poder realizar muestras en un área específica es necesario contar con “muestras de control” de suelos adyacentes donde no se manifieste el problema identificado y realizar comparaciones posteriores.

Lecciones aprendidas:

Un aspecto crítico de un buen programa de monitoreo es obtener muestras representativas del suelo, pues de ello depende que las acciones correctivas sean efectivas. Se recomienda evitar sitios de poca extensión que sean claramente distintos del resto del campo como zonas cercanas a los alambrados, canales, bebederos, montes de abrigo, caminos, zonas donde se hizo fuego, o donde se almacenó fertilizante o estiércol. Aunque a menudo el enfoque se centre en el contenido de materia orgánica o nutrientes, otros factores como el pH o la fracción de elementos finos son determinantes en la fertilidad.

Consideraciones adicionales:

Existen distintos métodos para minimizar los errores en la toma de muestras de suelo. Por ejemplo, se puede dividir la finca en cuadrículas pequeñas y uniformes, realizar muestreos en zig-zag o dividir el

lote con una franja larga y continua y establecer sitios de monitoreo ubicados a intervalos equidistantes. La reducción en el uso de fertilizantes después del acondicionamiento del suelo es un indicador del exceso de aplicación que se practica en la agricultura convencional.

Unidad de seguimiento:

Superficie con acondicionamiento de suelos (ha).

Unidad de impacto:

Aumento de la productividad en los cultivos (t/ha). Disminución en gasto de fertilizantes (\$/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Centro de Gestión Ambiental y Ecológica (2013). *Monitoreo de suelos*, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Disponible en: <http://cegae.unne.edu.ar/inta/3-02-sue.pdf>. | Pinheiro, S. (2011). *Cartilha da saúde do solo (cromatografia de Pfeiffer)*. Brasil: Juquira Candiru Satyagraha. | FAO (2005). *The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production*. | Altieri, M. y Nicholls, C. (2004). “An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics” en *New Dimensions in Agroecology*. D. R. Clements y A. Shrestha (Eds). | García, F. (2000) “Rentabilidad de la fertilización: Algunos aspectos a considerar”. *Informaciones Agronómicas*, no. 39, Abril. INPOFOS.



3

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

La agricultura de conservación intenta preservar, mejorar y usar de manera eficiente los recursos naturales a través del manejo integrado del suelo, el agua y los recursos biológicos disponibles, combinados con los residuos de cosecha (biomasa) y producción vegetal en la finca. Contribuye a la conservación del medio ambiente a través de tres aspectos fundamentales: labranza reducida a cero para conservar el suelo; cobertura permanente del suelo con residuos del cultivo anterior o con abonos verdes y rotación de cultivos para evitar la diseminación de plagas, enfermedades y malezas.

Lugar de aplicación:

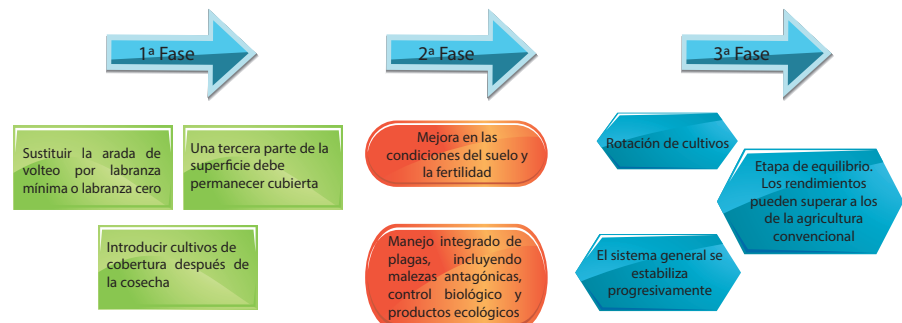
Se recomienda su aplicación en zonas degradadas, donde la capa superior del suelo ha sido erosionada, quedando expuestas las capas de suelos más pobres. También es útil en áreas o fincas donde los suelos presentan baja retención de agua con coberturas vegetativas reducidas y una pobre producción de biomasa.

Amenazas e impactos que atiende:

La agricultura de conservación disminuye el impacto de heladas, sequía, vientos fuertes, lluvias intensas, cambios en patrones de lluvias y cambios bruscos de temperatura. Esto se debe, principalmente, a la protección del suelo y al establecimiento de una capa permanente de materia orgánica que ayudan a regular tanto humedad como temperatura en la zona de raíces. Impactos como el aumento de plagas, la necesidad de mayores insumos y erosión también pueden disminuir por la mejora en estructura y fertilidad del suelo, además de la interrupción del ciclo de plagas a través de las prácticas promovidas.

Metodología de implementación:

1) Realizar siembra directa procurando que al menos el 30% de la superficie del terreno quede protegida por restos vegetales. 2) Establecer una labranza reducida, evitando la alteración del perfil del suelo. 3) Adoptar el uso de abonos verdes y orgánicos. 4) Emplear cubiertas vegetales en la superficie del suelo libre, de manera que siempre se encuentre protegido por una cobertura viva o inerte. 5) Aplicar un manejo integrado de plagas. 6) Introducir rotaciones de cultivos que favorezcan la fertilidad del suelo (nutrientes y agua).





Insumos y costos:

La implementación tecnológica de la agricultura de conservación requiere el uso de abonos verdes y orgánicos, siendo ésta la inversión inicial más alta. Se asume la renta de maquinaria para labranza mínima en una hectárea de cultivo. Se consideran tres días para capacitación sobre cambios en las prácticas de cultivo, manejo de nutrientes y plagas.

Agricultura de conservación, 1 ha	USD
Mano de obra	500
Materiales	950
Capacitación	180
Total	1630

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Estudios desarrollados por el CIAT, en Colombia, indican que la agricultura de conservación podría reducir en un 70% la concentración de sedimentos vertidos a una fuente hídrica cercana. Además, una vez cubiertos los gastos de la inversión inicial (250 USD/ha, en este caso), la producción bajo este esquema podría llegar a ser de 18 a 25% más rentable que el convencional (Pareja, 2013). Quintero y Otero (2006) describen que la producción de papa con labranza mínima y de arveja con siembra directa después de un abono verde es 20% y 30% más económica, respectivamente, que el método convencional. Los beneficios ecosistémicos son variados: la pérdida de suelo no excede su tasa de formación y se mantiene o fortalece su estructura; se promueve la infiltración; la escorrentía no afecta a cuerpos cercanos de agua superficial y se mantiene o mejora la biodiversidad. Las técnicas de la agricultura de conservación podrían capturar anualmente entre 50 y 100 millones de toneladas de carbono en algunos suelos (European Commission, 2009) y los niveles de producción de alimentos se mantienen o mejoran (FAO, 2002).

Limitantes:

La principal limitante se relaciona con romper los esquemas convencionales de manejo en la agricultura; por ejemplo, la quema de materia orgánica después de la cosecha y la labranza excesiva del suelo. Aunado a esto, se necesita contar con técnicos especializados que puedan capacitar a los agricultores para promover este cambio de prácticas.

Lecciones aprendidas:

La rotación de cultivos permite mejorar la fertilidad del suelo a través del uso diferenciado de los nutrientes disponibles, además de minimizar la dispersión de plagas al romper sus ciclos. Por ello es necesaria una planificación adecuada en la secuencia de los cultivos a sembrar, procurando establecer sinergias. Por ejemplo, al alternar especies de raíces superficiales con otras de raíces profundas se mejora la estructura y propiedades físicas del suelo. El manejo eficiente de los residuos de cosecha es la clave para lograr una buena siembra sobre cubierta de rastrojo; entre más residuos existan sobre el terreno será menor la erosión y mayor el almacenamiento de agua.

Consideraciones adicionales:

Con la agricultura de conservación se reduce la demanda de fertilizantes sintéticos, debido a que la estructura y biología del suelo mejoran sustancialmente. Los nutrientes se aprovechan de manera más eficiente y se reduce su pérdida por lixiviación. Por lo tanto, este sistema productivo, además de mejorar rendimientos, tiene importantes beneficios ambientales.

Unidad de seguimiento:

Superficie bajo agricultura de conservación (ha).

Unidad de impacto:

Producción (t/ha). Reducción de gasto en insumos agrícolas (\$).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Pareja, P. (2013). *Midiendo servicios ecosistémicos en agricultura*. CIATBlogs. | FAO (2002). "Agricultura de conservación: Estudio de casos en América Latina y África". *Boletín de suelos de la FAO*, Roma, no. 78. | FENALCE (2001). "Aspectos relacionados con la fertilización en Colombia" en *Tecni-Fenalce: Boletín Informativo de la Subgerencia Técnica*, dir. Fabio Polania Fierro, no. 1, año 3, enero. | European Commission (2009). "Agricultura de conservación" en *Agricultura sostenible y conservación de los suelos: Sistemas y prácticas agronómicas no perjudiciales para el suelo*, Ficha informativa n° 5, Sustainable Agriculture and Soil Conservation. | Quintero, M. y Otero, W. (2006). *Mecanismo de financiación para promover Agricultura de Conservación con pequeños productores de la cuenca de la laguna de Fúquene. Su diseño, aplicación y beneficios*. Perú: Proyecto Regional Cuencas Andinas. Centro Internacional de la Papa, CIP.

4

AGRICULTURA ECOLÓGICA

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

La agricultura ecológica establece el “agroecosistema” como su ámbito de acción. Se basa en la diversificación y el incremento de sinergias entre sus componentes, el equilibrio de flujos de energía y nutrientes, la conservación de recursos, la adaptación a condiciones locales y el manejo holístico del mismo. Combina un alto grado de interacción (policultivos, animales, distintas profundidades de suelo) con el uso de abonos verdes y orgánicos, conservación de suelo y prácticas ancestrales (terrazas, andenes) para conservar la biodiversidad y alcanzar una producción sustentable.

Lugar de aplicación:

Esta medida es útil en suelos o ecosistemas donde se ha deteriorado el equilibrio ecológico por un indiscriminado uso agrícola, así como en regiones con conocimiento ancestral que pueda volverse a poner en práctica. También en zonas productivas que requieran diversificación para incrementar su resiliencia a condiciones cambiantes del mercado o el clima. Es de particular importancia en pequeñas fincas donde se busque menor dependencia de insumos químicos, ya sea por razones ambientales o económicas.

Amenazas e impactos que atiende:

El restablecimiento del balance de los agroecosistemas en la agricultura ecológica les permite ser más resilientes ante heladas, sequía, vientos fuertes, lluvias intensas, cambios en patrones de lluvia y calor extremo. El cambio de prácticas y manejo integral contribuye al control de la erosión y de plagas, genera diversificación de ingresos y una mayor productividad en el largo plazo.

Metodología de implementación:

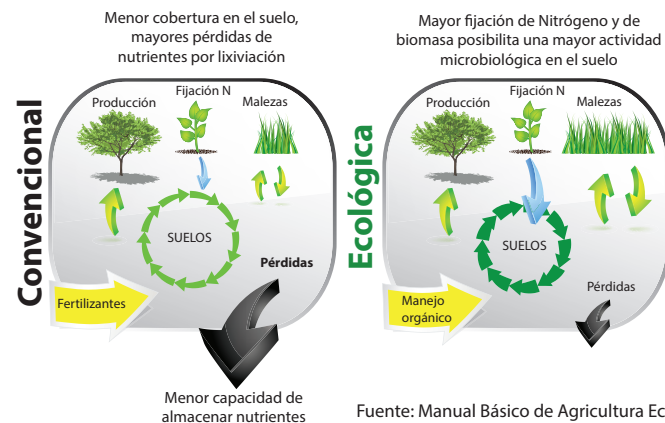
1) Determinar, con el apoyo de un experto, las prácticas a desarrollar con base en las condiciones físicas, vocación productiva, recursos locales y conocimiento

tradicional presentes en el sitio. 2) Implementar las prácticas considerando la interacción de las mismas para establecer sinergias en el agroecosistema. 3) Permitir la auto-organización y monitorear la presencia de indicadores ecológicos benéficos y antagonistas para promover las interacciones deseadas. Como la agricultura ecológica comprende mucho más que un listado de medidas, sólo se presentan, a manera de ejemplo, algunos componentes que podrían establecerse, enfatizando un sistema productivo diversificado con prácticas de conservación. Se asume que hay agua abundante y suelo fértil.

Año 1: Sistema silvoagrícola en 0,5 ha y agricultura de conservación en 2000 m².

Año 2: Terraza de 500 m² con rotación y diversificación de cultivos.

Año 3: Vivero mixto de 2500 m².



Fuente: Manual Básico de Agricultura Ecológica (s/f).



Insumos y costos:

Se calcula la integración de algunas prácticas de agricultura ecológica en una hectárea por un periodo de tres años. Los costos de cada componente en la tabla se obtuvieron sumando los montos del material y la mano de obra de la ficha respectiva (p.ej. sistema silvoagrícola) ajustados en proporción al área ocupada o número de unidades en el sistema. La capacitación se cotiza por separado de forma integral e implica policultivos, labranza mínima, arroje de suelo y manejo de nutrientes y plagas sin insumos sintéticos.

Componentes de un proyecto agroecológico de tres años en 1 ha	Año	USD
Sistema silvoagrícola 0,5 ha	1	1575
Agricultura de conservación 0,2 ha	1	290
Terraza 500 m ²	2	1308
Rotación y diversificación de cultivos 500 m ²	2	142
Vivero mixto 0,25 ha	3	2583
Capacitación	1-3	3600
Total	1-3	9498

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Se minimizan los impactos de la agricultura en el medio ambiente; por ejemplo, con la producción de materia orgánica para abonos verdes y arroje (*mulch*) se conserva el suelo y el agua, además de fertilizar. En terrenos con pendientes del 1 al 15% sin aplicación de *mulch* se pueden presentar pérdidas de suelo de 76,6 t/ha, mientras que las pérdidas disminuyen a 2,4 y 0,04 t/ha si se aplican 2 y 6 t/ha de *mulch*, respectivamente. En cuanto a las aportaciones de nutrientes, los abonos verdes como el frijol terciopelo (*Stizolobium spp* y *Mucuna pruriens*) pueden producir hasta 150 kg/ha de nitrógeno. Al usar una combinación de sistemas de *mulch*, un grupo de agricultores pudo producir 3 t/ha de maíz al año sin el uso de fertilizantes químicos. Aún cuando ciertos rendimientos de la agricultura convencional sean mayores, cuando se comparan con unidades de suelo perdido, energía, consumo de agua y otros recursos, los beneficios del sistema ecológico se hacen evidentes (Altieri y Nicholls, 2000).

Limitantes:

El manejo holístico de un agroecosistema presenta retos para interpretar las causas y efectos de los procesos, así como para manejar la interacción de todos los componentes como si se tratara de un mismo organismo. Ello implica que se requiere de experiencia, capacitación y la asesoría de un experto. El enfoque de la agricultura ecológica es menos hacia la producción y más hacia la salud general del sistema, por lo que cuando sólo se miden rendimientos podría parecer que la agricultura convencional es más rentable.

Lecciones aprendidas:

Se ha observado que las plagas tienen menor incidencia en la productividad de sistemas diversificados donde se aplican principios de agricultura ecológica. Esto puede deberse a los efectos sinérgicos sobre el control biológico de patógenos que se logran al tener suelos fértiles con buen contenido de materia orgánica y la mayor diversidad de insectos que se albergan en las malezas.

Consideraciones adicionales:

Las prácticas tradicionales andinas muestran la agricultura ecológica adaptada a condiciones climáticas adversas y relieves difíciles. Por ejemplo, los andenes o terrazas reducen la pendiente, retienen agua y suelo y aumentan el área agrícola. En esa área se establecen cultivos y animales en sistemas diversificados, como múltiples variedades de papa sembradas en el mismo predio o cría de vacas, ovejas, llamas y animales menores.

Unidad de seguimiento:

Superficie con agricultura ecológica (ha).

Unidad de impacto:

Producción de alimentos (t/ha). Gasto en insumos agrícolas (\$).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. New York: Sustainable Agriculture Networking and Extension, SANE. United Nations Development Programme, UNDP. | Altieri, M. y Nicholls C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. | *Manual Básico de Agricultura Ecológica (s/f)*. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es>.

5

AGRICULTURA ORGÁNICA

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

Es un sistema de producción agrícola basado en prácticas que permiten la eliminación total de agroquímicos derivados del petróleo. Se incrementa la fertilidad y actividad biológica del suelo a largo plazo con el uso de abonos orgánicos y verdes, así como la diversificación de cultivos. Por su parte, el control de plagas se consigue con la aplicación de herbicidas y pesticidas ecológicos, además de la rotación de cultivos. Un componente a destacar es el uso de sistemas eficientes de riego que, además de dosificar el agua, facilitan la fertilización. La agricultura orgánica excluye el uso de semillas de organismos genéticamente modificados, se rige por un comercio justo y promueve la autonomía alimentaria de los productores. Un objetivo importante es la certificación de productos orgánicos como instrumento de valorización en el mercado.

Lugar de aplicación:

Este sistema productivo se puede implementar en zonas con vocación agrícola en las que se busque eliminar el uso de agroquímicos por cuestiones ambientales (prevención de contaminación de cuerpos de agua cuenca abajo), económicas (búsqueda de certificación para

incrementar el valor de los productos) o particulares del sitio (mejoramiento de fertilidad del suelo). Es recomendable tener acceso directo a mercados cercanos con buen poder adquisitivo.

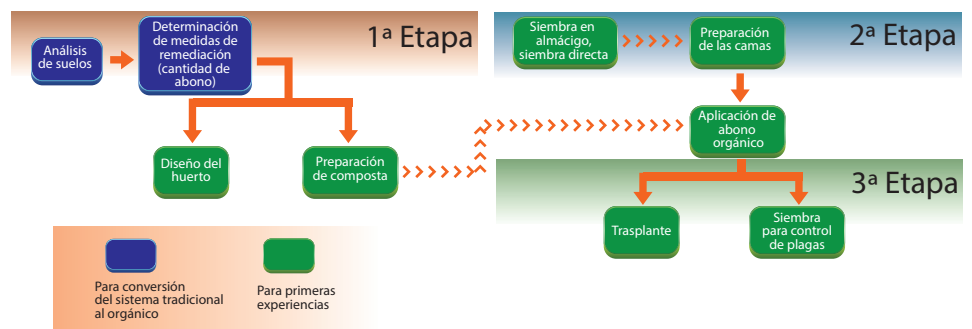
Amenazas e impactos que atende:

El mejoramiento de la estructura del suelo disminuye el potencial de erosión e incrementa la capacidad de retener humedad, atenuando el efecto de extremos de calor, cambios bruscos de temperatura y sequías. Al recuperar la fertilidad con la presencia de microorganismos y un balance adecuado de nutrientes en el suelo, se incrementa la productividad y reduce la necesidad de insumos agrícolas sintéticos. El aumento de plagas también

puede controlarse por medios orgánicos o ecológicos.

Metodología de implementación:

1) Tramitar la certificación orgánica de la finca donde se va a cultivar. 2) Diseñar y planificar la producción orgánica a partir de las condiciones particulares del sitio (suelo, plagas, clima, cultivos viables, mercados). 3) Preparar las camas de cultivo con abonos y otros insumos orgánicos. 4) Plantar hierbas y arbustos específicos para el control de plagas. 5) Sembrar bajo un sistema diversificado. 6) Trasplantar, dar cuidado a plántulas y manejar plagas de acuerdo con el plan establecido.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se presentan los costos para la producción de una hectárea de agricultura orgánica con cultivos diversificados. Los costos principales son la compra de semilla, la adecuación del terreno y la preparación y aplicación de insumos. Se consideran cuatro días de capacitación sobre el método productivo y no se incluye la mano de obra para labores culturales.

Agricultura orgánica, 1ha	USD
Mano de obra	690
Materiales	1080
Capacitación	240
Total	2010

Beneficios ecosistémicos y económicos:

En una evaluación de la agricultura orgánica en pequeños productores de América Latina y el Caribe se encontró que la diferencia entre los ingresos netos de cultivos orgánicos y convencionales de banano, café y caña de azúcar fue de 587, 108 y 199 USD/ha, respectivamente (FIDA, 2003). En otra evaluación sobre la relación costo-beneficio de producción de café orgánico certificado en Perú, Tudela (2005) encontró que ésta era de 1,23 para los productores orgánicos y para los convencionales de apenas 0,75. El mercado de orgánicos es uno de los de mayor expansión actual. Por ejemplo, las exportaciones de los cinco principales productos orgánicos en Perú se incrementaron en 50% entre 2010 y 2011 (Gómez, 2012). La agricultura orgánica ayuda a restaurar la fertilidad del suelo. Altieri (1999) reporta que el uso de leguminosas (abonos verdes) puede producir entre 2,3 y 10 t de materia seca y fijar de 76 a 367 kg de nitrógeno por hectárea. Al eliminarse el uso de agroquímicos se frena la contaminación con componentes tóxicos en cosechas, suelo y agua.

Limitantes:

De acuerdo con la Federación Internacional de Movimiento de la Agricultura Orgánica (IFOAM, por sus siglas en inglés) un producto no se considera orgánico hasta que transcurren tres años de implementarse las prácticas estándares recomendadas (IFOAM, 2012). Dichas prácticas exigen un buen manejo de nutrientes y plagas por lo que se recomienda contar con capacitación previa y soporte técnico por al menos 2 años. Las prácticas orgánicas requieren de mayor intensidad en mano de obra y labores culturales que los métodos convencionales, lo cual incrementa el costo de producción en el corto plazo.

Lecciones aprendidas:

En la conversión de la agricultura convencional a la orgánica se debe considerar que los rendimientos tienden a disminuir en las etapas iniciales y después se estabilizan. Esto se debe al enfoque de fertilizar el suelo y no solo el cultivo, lo cual toma tiempo. La eficiencia de la agricultura orgánica aumenta si se combina con otras medidas como los sistemas diversificados, el manejo de plagas y el manejo de nutrientes.

Consideraciones adicionales:

La viabilidad de implementar la agricultura orgánica incrementa si existe motivación y buen dominio de las prácticas por parte del productor, si la fertilidad del suelo es óptima desde el inicio y si existe acceso a mercados que demanden estos productos. La rentabilidad incrementa con el tiempo, especialmente si los abonos orgánicos y pesticidas ecológicos se elaboran *in situ*.

Unidad de seguimiento:

Superficie bajo producción orgánica (ha).
Agricultores en proceso de certificación (#).

Unidad de impacto:

Productividad (t/ha). Ingresos anuales (\$).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad. | FIDA (2003). *La adopción de la agricultura orgánica por parte de los pequeños agricultores de América Latina y el Caribe*, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, FIDA, informe no. 1337, abril. | Tudela, J. W. (2007). "Determinantes de la producción orgánica: caso del café orgánico en los valles de San Juan del Oro – Puno". *Economía y Sociedad*, no. 64, CIES, Lima. | IFOAM (2012). *The IFOAM Norms for Organic Production and Processing*. Germany | Gómez, R. (2012). *La agricultura orgánica: los beneficios de un sistema de producción sostenible*. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Documento de discusión.

6

APICULTURA

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

La apicultura es la ciencia de la cría de abejas para aprovechar de forma racional los productos y beneficios que se obtienen de ellas como: miel, cera, jalea real, propóleo, polen, veneno y polinización. Se denomina *colonia* a un conjunto de abejas organizadas. Las abejas se organizan como una sociedad con diferentes categorías de individuos en diferentes estados de desarrollo. La colonia de abejas es introducida en una caja construida, llamada *colmena*, donde habita para su crianza. La incorporación de abejas en terrenos de cultivo diversifica los ingresos y contribuye a mejorar la producción.

Lugar de aplicación:

Las colmenas se colocan preferiblemente en regiones cálidas con una precipitación de entre 500 y 2800 mm anuales que favorece el desarrollo vegetativo y una amplia biodiversidad, así como floraciones prolongadas para la producción de miel (Reyes y Cano, 2000). Las colmenas no deben instalarse cerca de sitios poblados, áreas industriales, áreas de producción pecuaria y canales de aguas negras.

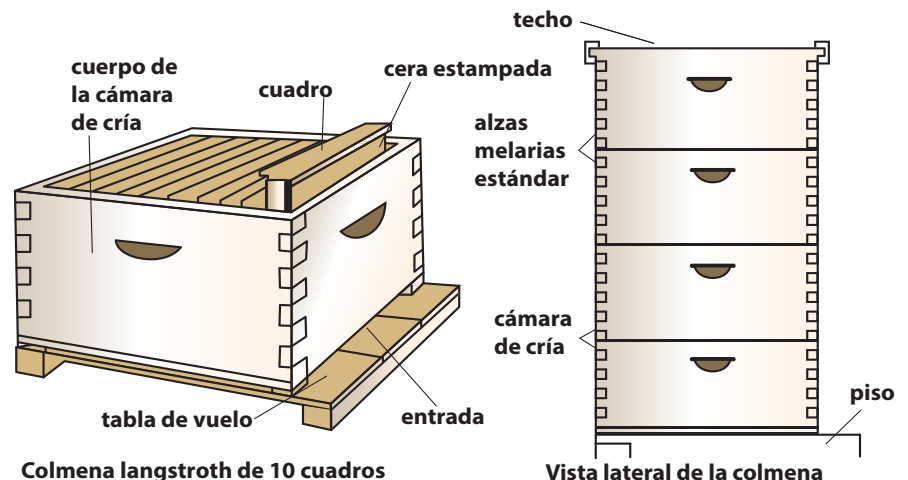
Amenazas e impactos que atiende:

La apicultura aumenta la productividad de tierras aledañas e incrementa la seguridad alimentaria. También atenúa el efecto de cambios fenológicos a través de la polinización. Incrementa la resiliencia general de los agricultores al contar con ingresos adicionales en caso de pérdidas o daños a cultivos.

Metodología de implementación:

1) Establecer una carga apícola según las condiciones de vegetación. Se re-

comienda una carga de 4 colonias/ha, en apiario de 20-30 colmenas. 2) Orientar las colmenas en función de los vientos dominantes. El viento excesivo dificulta la salida y entrada de abejas. 3) Disponer las colmenas de forma horizontal, con una leve inclinación hacia el frente para favorecer la salida de agua y facilitar el trabajo de las abejas limpiadoras. Se debe tener en cuenta la disponibilidad de agua en las cercanías; si no existe agua hay que colocar bebederos.



Colmena langstroth de 10 cuadros

Vista lateral de la colmena



Insumos y costos:

Instalación de un sistema de apicultura de 10 colmenas. Los costos principales se derivan de los materiales para la colmena completa, incluyendo el equipo de protección del apicultor y la mano de obra para la instalación del sistema. Se incluyen dos días de capacitación sobre el cuidado de las abejas y los principios básicos de producción.

Apicultura, 10 colmenas	USD
Mano de obra	495
Materiales	734
Capacitación	120
Total	1349

Beneficios ecosistémicos y económicos:

La apicultura produce buen número de beneficios: 1) polinización de las plantas en flor, silvestres o cultivadas; 2) producción de miel, cera y otros derivados que son una fuente importante de ingresos para algunas familias y 3) producción de polen, propóleos y jalea real, también comercializables, aunque se necesiten técnicas y materiales más especializados. En un estudio para valorar el beneficio económico de la polinización por abejas en la agricultura de pequeña escala, Kasina *et al.* (2009) estimaron que cerca del 40% del valor anual de los cultivos considerados provenía directamente de dicho servicio ecosistémico. De acuerdo con Magaña y Leyva (2011), en una producción apícola la relación beneficio-costos puede alcanzar 38 centavos por cada peso invertido; es decir una rentabilidad de de 38%.

Limitantes:

La apicultura depende de una serie de variables ambientales que deben considerarse en el momento de instalar una producción (vientos, lluvia, clima). En cuanto al manejo, es muy importante

mantener medidas preventivas de limpieza y desinfección para minimizar el riesgo de propagación de enfermedades. Es un sistema que requiere capacitación previa para su correcta operación y mantenimiento.

Lecciones aprendidas:

Para enfrentar temporadas de escasez de miel, la producción apícola debe considerar alternativas de diversificación comercial, entre las cuales se encuentran la venta de propóleo, jalea real, apitoxina y polen. Para el adecuado establecimiento de una producción apícola es importante llevar a cabo un ensayo previo sobre la adaptación de colonias a la zona y monitorear la floración. El conocimiento del apicultor sobre aspectos florísticos y climáticos del lugar de implementación aumenta la probabilidad de éxito del sistema.

Consideraciones adicionales:

Los medios de vida y desarrollo en la apicultura se basan en la presencia de recursos naturales: abejas, plantas en flor y agua. Si bien varios factores ambientales afectan la calidad y cantidad de la miel, el apicultor puede mejorar su produc-

ción controlando ciertas variables como la calidad del panal, el volumen interno de la colmena, así como la edad y calidad genética de la reina (Pesante, 2009).

Unidad de seguimiento:

Unidades apícolas establecidas (#).

Unidad de impacto:

Ingresos generados (\$/apiario).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Reyes C. y Cano, P. (2000). *Manual de Polinización Apícola*. México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. | Magaña M. y Leyva M. (2011). "Costos y rentabilidad del proceso de producción apícola en México", en *Contaduría y Administración*. México: UNAM. No. 235, septiembre-diciembre, pp. 99-119. | Pesante D. (2009). *Factores primarios que pueden afectar la cantidad de miel almacenada por la colonia de abejas melíferas en un ambiente sub-tropical/tropical*. | SAGARPA (s/f). *Manual Básico de Apícola*. México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, Coordinación General de ganadería, SAGARPA. | Kasina, J. *et al.* (2009). Economic Benefit of Crop Pollination by Bees: A Case of Kakamega Small-Holder Farming in Western Kenya. *Journal of Economic Entomology*, vol.102, no. 2, pp. 467-473.



7

BANCO DE SEMILLAS

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

El banco de semillas es una medida colectiva en la que productores locales acondicionan un lugar seguro, seco y oscuro donde preservar, de forma organizada, las semillas con mejores características de resiliencia, adaptabilidad y calidad de producto. Las semillas se guardan en contenedores herméticos para evitar que se humedezcan, y su fertilidad y contenido de humedad son evaluados frecuentemente. El objetivo es mantener una reserva de la diversidad genética del sitio para fortalecer la autonomía, sustentabilidad y seguridad alimentaria de los pequeños agricultores. El banco de semillas funciona como un banco de dinero, en el que los agricultores piden semillas prestadas antes de la siembra y las devuelven con intereses después de la cosecha. También puede establecerse como negocio para la venta de semillas orgánicas.

Lugar de aplicación:

Esta medida se puede implementar en lugares donde haya interés de agricultores organizados en conservar un acervo de especies nativas con fines de consumo humano o restauración de ecosistemas. Es de particular utilidad en donde exista una amplia diversidad genética o variedades de cultivos

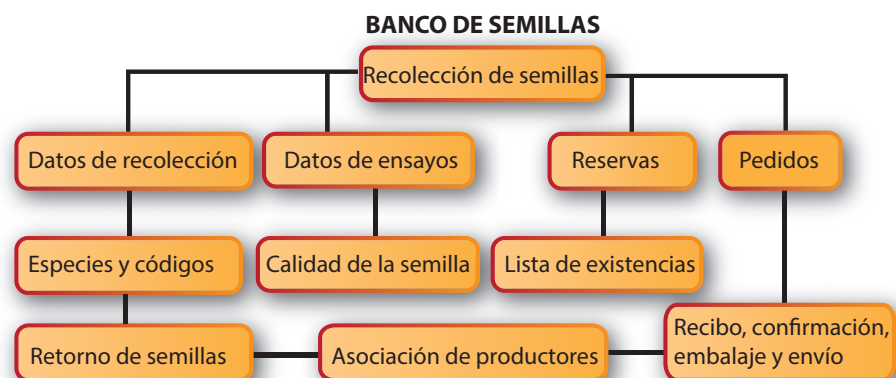
nativos como maíz y frijol, entre otros. El banco de semillas se puede acondicionar en espacios existentes por lo cual no siempre requiere de una nueva construcción.

Amenazas e impactos que atiende:

Incrementa la seguridad alimentaria al preservar semillas con altos valores agrícolas y ecosistémicos que se adaptan a condiciones climáticas cambiantes. Con el banco de semillas se pueden desarrollar variedades más resistentes a sequías, inundaciones, calor extremo y heladas, entre otros eventos climáticos. También tiene el potencial de disminuir el impacto de cambios fenológicos en la producción agrícola.

Metodología de implementación:

1) Seleccionar las plantas con mejor desarrollo, resistencia a plagas, calidad de producto y resiliencia ante eventos climáticos extremos. 2) Extraer, limpiar y deshidratar las semillas. 3) Pesar y calcular los niveles de humedad de las mejores semillas. 4) Etiquetar. 5) Almacenar en lugares oscuros, frescos, secos y seguros. Es importante documentar los procedimientos de empaque y almacenamiento para poder acceder rápidamente a muestras del germoplasma y hacer pruebas de germinación que aseguren la viabilidad de las semillas. 6) Intercambiar las semillas entre agricultores o venderlas en el mercado de acuerdo con la intención original establecida.





Insumos y costos:

Se calcula el costo de adecuación de un espacio y los materiales necesarios para establecer un banco de semillas de 100 kg. No se incluye el costo de construcción del depósito. El principal gasto consiste en una balanza para pesar las semillas y calcular su contenido de humedad. Se consideran cuatro días de capacitación para la operación y gestión adecuada del banco.

Banco de semillas de 100 kg	USD
Mano de obra	30
Materiales	907
Capacitación	240
Total	1177

Beneficios ecosistémicos y económicos:

El valor de la información genética en las semillas se conoce desde hace mucho. Por ejemplo, se estima que el uso de variedades silvestres como fuente de resistencia a plagas generó, hacia 1997, un valor en la economía mundial de 115 mil millones de dólares (Couch *et al.*, 2013). A nivel comunitario, la posibilidad de tener semillas resilientes de fácil acceso y al tiempo preciso de la siembra, o en situaciones de emergencia, es crucial para la subsistencia de pequeños agricultores. Por ejemplo, en 2008 una tormenta tropical dañó el 90 % de los cultivos de maíz y frijol en una comunidad en Honduras, pero las semillas de su banco fueron distribuidas entre los agricultores para plantar nuevamente y así reducir las pérdidas (The Development Fund, 2011). Los bancos de semillas incrementan la agrobiodiversidad. Almekinders (2001) reporta que los agricultores andinos de Perú cultivan entre 10 y 20 variedades de papa de forma individual, pero como comunidad se mantiene una gran colección, disponible para todos por medio de intercambio.

Limitantes:

Un banco de semillas funcional requiere de trabajo y organización comunitaria, además de capacitación para su manejo adecuado. La selección de semillas resilientes es un proceso que toma tiempo, y precisa de conocimiento y experiencia para el mejoramiento de las variedades. Las semillas no deben provenir de plantas y tierras donde se cultiven especies genéticamente modificadas para evitar contaminación. La apropiación de pequeños agricultores de la diversidad genética local se contrapone a intereses económicos de grandes empresas agrícolas.

Lecciones aprendidas:

El mantenimiento y operación del banco de semillas debe ser económicamente sustentable, por lo que se recomienda incorporar aspectos de negocio y venta de semillas desde los objetivos iniciales. En este sentido, la puesta en venta de variedades locales en mercados más amplios es una estrategia para mejorar las condiciones socioeconómicas de la comunidad. El banco de semillas adquiere mayor relevancia si es parte de un proyecto integral de acceso a mercados y comercialización de productos.

Consideraciones adicionales:

Los bancos de semillas son una forma de documentar y compartir el conocimiento tradicional y cobran especial relevancia en lugares donde las variedades locales estén desapareciendo por el uso de híbridos o semillas transgénicas. Se puede crear una red de bancos a nivel regional que cuente con el mismo protocolo de control, cuidado y manejo de las semillas para facilitar la comunicación e intercambio de experiencias.

Unidad de seguimiento:

Bancos de semillas instalados (#).

Unidad de impacto:

Variedades o especies preservadas en bancos de semillas (#, kg). Contingencias atendidas con semillas de bancos (#).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

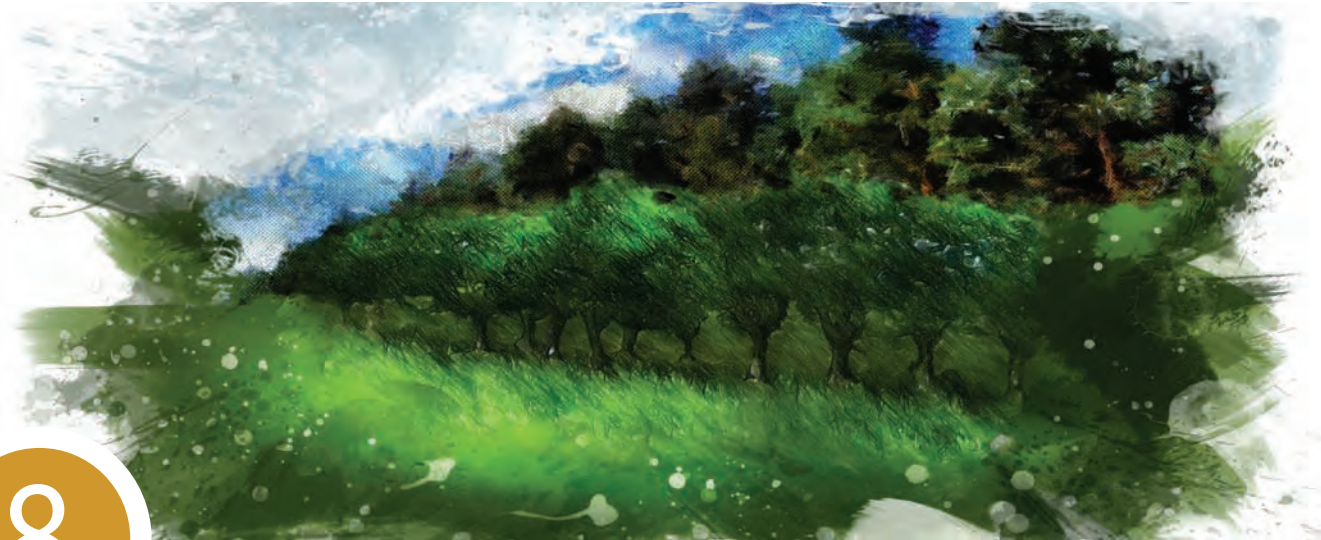
+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Almekinders, C. (2001). *Management of Crop Genetic Diversity at Community Level*, Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (DGTZ). | The Development Fund/UTVIKLINGSFONDET (2011). *Banking for the future: Savings, security and seeds*. | SAGARPA (s/f). *Almacenamiento y conservación de granos y semillas*. | Couch, S., *et al.* (2013). "Feeding the future". *Nature*, no. 499, 04 de julio, pp.23–24.



8

BARRERAS ROMPEVIENTOS

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

Son hileras de uno o más árboles y arbustos de diferentes alturas establecidas de forma perpendicular a la dirección principal del viento. Su objetivo es reducir la fuerza eólica en zonas cercanas al suelo y con ello la acción mecánica del viento sobre los cultivos, pastos y animales. Es una práctica para el control de la erosión eólica y contribuye a regular las condiciones climáticas a nivel de finca. Las barreras rompevientos también pueden cumplir la función de cercas vivas para delimitar propiedades o zonas dentro de un mismo terreno. Además de su función principal, proveen beneficios de regulación de clima y mejoramiento del paisaje.

Lugar de aplicación:

Se recomienda implementar en zonas altoandinas y aquellas regiones donde la topografía se caracteriza por tener pendientes pronunciadas que reciben vientos con mayor frecuencia e intensidad. Son de particular interés en sitios con bajas precipitaciones y vientos predominantes durante la época invernal, o donde las condiciones ambientales sean secas y se requiera conservar la humedad o regular las condiciones climáticas.

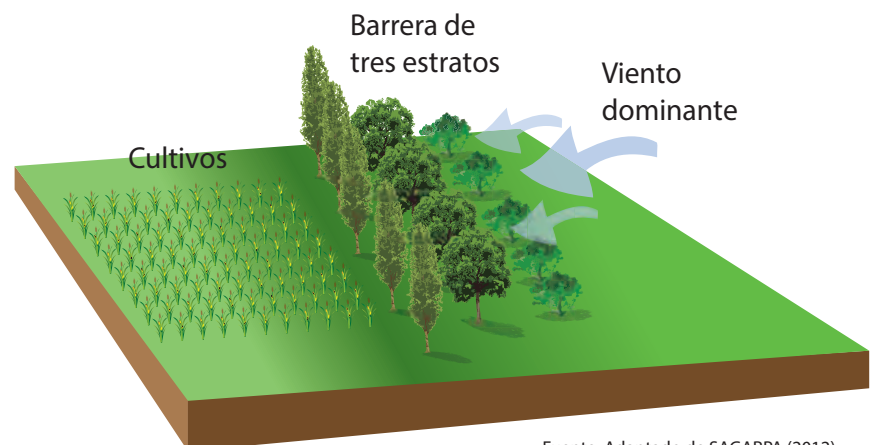
Amenazas e impactos que atiende:

Las barreras rompevientos se utilizan principalmente para disminuir el impacto de vientos fuertes que pueden dañar a los cultivos y causar erosión del suelo. También atenúan el efecto de sequías, extremos de calor e incluso heladas por el microclima que los árboles ayudan a establecer.

Metodología de implementación:

1) Ubicar la barrera de forma perpendicular a la dirección del viento. 2) Sembrar hileras de árboles y arbustos tratando de

considerar los tres estratos que usualmente componen la barrera rompevientos: alto, medio y bajo. En el estrato alto, se deben sembrar árboles cuya madera sea flexible. 3) Espaciar la siembra considerando que, en la madurez, la densidad de árboles de la barrera debe ser compacta (entre 50% y 60%) y que se debe evitar la formación de corrientes turbulentas por infiltración de aire. 4) Abonar, regar o dar el mantenimiento necesario a las hileras hasta que queden debidamente establecidas. Se recomienda sembrar árboles de aproximadamente dos años para maximizar la supervivencia y acelerar el establecimiento de la barrera.





Insumos y costos:

Establecimiento de una barrera rompevientos de 400 m lineales en tres estratos, con densidades de siembra de 3 m en la hilera del estrato alto. Los principales costos provienen de la compra de plantas y las labores para su establecimiento. Se considera un día de capacitación así como cinco días de mantenimiento anual.

Barrera rompevientos de 400 m lineales en tres estratos

USD

Mano de obra	330
Materiales	1380
Capacitación	60
Total	1770

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los vientos fuertes pueden ocasionar daños y pérdidas en los cultivos del orden del 70% al 100%, especialmente en plátano, caña de azúcar, hortalizas y frutales. Las barreras pueden atenuar la velocidad de los vientos en un 60% a 80% (SAGARPA 2012). Otros beneficios de esta medida están orientados a generar un microclima propicio para el desarrollo vegetal, además de la reducción de la erosión eólica. Por ejemplo, Altieri y Nicholls (2000) describen que la pérdida de suelo en un cultivo con barrera de *Gliricidia sepium* y *Paspalum conjugatum* fue de 0,38 cm, mientras que en un cultivo sin barrera la pérdida fue del orden de 4,20 cm. Las barreras también prestan servicios como regulación de la temperatura del aire y suelo, reducción de la evapotranspiración, mejora de la distribución de humedad en el suelo y la provisión de productos comercializables como frutos, semillas, madera y forrajes. Los árboles incrementan el valor económico de la propiedad y mejoran la estética del paisaje. Además favorecen la biodiversidad y reducen la presión sobre los bosques (Ojeda, *et al.*, 2003).

Limitantes:

Algunos árboles y arbustos podrían no ser aptos a las condiciones particulares del sitio de aplicación. Por ello, es importante realizar la selección de especies de acuerdo con las características del lugar (suelo, pendiente, clima, plagas, endemismos) y del servicio deseado (altura, densidad, ancho de la corona, ramificaciones, rapidez de crecimiento, longevidad, resistencia a sequías, valor estético y valor para la vida silvestre).

Lecciones aprendidas:

En zonas con sequías estacionales prolongadas puede ser necesario el riego para ayudar al establecimiento de la barrera. Las barreras rompevientos son un elemento importante para los métodos sustentables de producción como agricultura ecológica y permacultura, pues, además de su función principal, permiten un manejo más eficiente del agua, mejoran la biodiversidad, incrementan el contenido de materia orgánica, e incluso, contribuyen al control de plagas.

Consideraciones adicionales:

Se recomienda sembrar una sola especie por hilera para evitar variaciones de cre-

cimiento. En hileras múltiples se puede utilizar una especie en cada hilera para reducir al mínimo la pérdida de árboles por enfermedad, incrementar la longevidad de la cortina y mejorar el crecimiento. Las barreras tipo "montes de abrigo" son plantaciones cuya misión principal es la de proteger al ganado de los efectos del viento y proveer sombra.

Unidad de seguimiento:

Longitud de barreras rompevientos (m).
Superficie bajo protección con rompevientos (ha).

Unidad de impacto:

Disminución en pérdidas o daños (t/ha, \$).
Productos adicionales en barreras (#, t).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. | Ojeda, P., Restrepo, M., Villada, Z. y Gallego, C. (2003). *Sistemas Silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la Ganadería*. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia: FIDAR. | Ospina, A. (2003). *Cercas vivas*. Cali. Valle del Cauca. Colombia: Fundación Ecovivero | SAGARPA (2012). "Cortinas Rompevientos" en *Fichas Técnicas sobre Actividades del Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua* (COUSSA). México D.F. | Venegas, P. (s/f) *Establecimiento de Barreras Rompevientos*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Regional Pacífico Central.

9

BIODIGESTORES

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Sistema que aprovecha desechos orgánicos, en particular las excretas animales y humanas, para generar fertilizante y biogás, ambos aprovechables. Consta de un contenedor hermético de polietileno de alta densidad, dentro del cual las excretas diluidas en agua pasan en flujo continuo y son fermentadas por los microorganismos presentes en los desechos. El proceso de fermentación es anaerobio, es decir en ausencia de oxígeno, y las bacterias encargadas de la descomposición son metanogénicas (producen metano, también llamado biogás). El estiércol procesado es un abono orgánico, libre de patógenos, y rico en nitrógeno, fósforo y potasio. El destino de los productos es esencialmente de autoconsumo en la finca.

Lugar de aplicación:

Es aplicable en cualquier zona rural o urbana con suficiente espacio o cantidad de animales para generar alrededor de 100 kg de excretas al día. Es particularmente útil en fincas familiares que cuenten con ganado como fuente de materia orgánica, zona de cultivos para aprovechar el fertilizante y espacios habitacionales para usar el biogás. Se puede utilizar en fincas que requieran

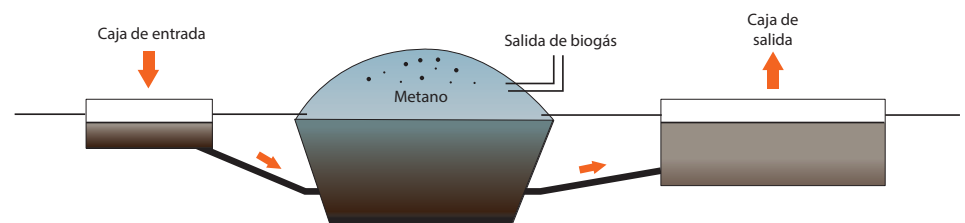
mejorar la fertilidad del suelo o la calidad de vida de los productores si cumplen las condiciones citadas. Se requiere acceso permanente al agua.

Amenazas e impactos que atende:

Al producir un abono rico en nutrientes, el uso de esta medida disminuye la necesidad de insumos agrícolas. El abono aplicado en suelos pobres disminuye su deterioro y aumenta la productividad. Los suelos acondicionados con abonos orgánicos son menos susceptibles a plagas, erosión y sequía. El metano producido, en vez de incorporarse a la atmósfera, se utiliza para actividades domésticas (cocinar, calentar agua) disminuyendo su potencial de efecto invernadero.

Metodología de implementación:

1) Preparación del terreno. 2) Cálculo del volumen de excretas producidas. 3) Selección y compra del biodigestor. 4) Colocación del biodigestor. 5) Diseño e implementación de un sistema de canalización de excretas al biodigestor. 6) Construcción de sistema de conducción del gas metano a su lugar de aprovechamiento. 7) Recolección de abono y lixiviados. 8) Aplicación del abono. 9) Uso del biogás.



Insumos y costos:

Compra y servicio de instalación de un sistema de biodigestión anaeróbica de 10 m³, capaz de recibir 100 kg/día de excretas animales de campo. El principal gasto es en el biodigestor mismo, las tuberías y la estufa para cocinar. No se incluyen los costos de mano de obra para mantenimiento, los cuales son considerables, pues se asume que ésta proviene de los productores mismos. Se consideran dos días de capacitación sobre el funcionamiento y mantenimiento adecuado del sistema.

Biodigestor de 10 m³ para 5 cabezas de ganado vacuno

USD

Mano de obra	90
Materiales	960
Capacitación	120
Total	1170

Beneficios ecosistémicos y económicos:

En condiciones óptimas se producen ~3-4 L de fertilizante por kg de excretas y su aplicación sistemática restaura suelos pobres e infértiles e incrementa la producción. Por ejemplo, en un experimento controlado en Brasil se observó que una dosis de 60 m³/ha de efluente sobre cultivos de lechuga superaba a la fertilización mineral en altura, número de hojas, diámetro y masa fresca de las lechugas (Chiconato, 2013). Para un sistema de 10 m³, si se asume una sustitución total de fertilizantes químicos por la aplicación del efluente, así como el uso del biogás para cocinar, se obtiene un ahorro potencial de 350 USD/mes. El aprovechamiento del biogás diversifica o reemplaza el consumo energético (1 m³ de biogás sustituye 0,5 kg de gas LP). Ferrer *et al.* (2009) reportan que con el biogás producido en un sistema de 5 m³ se puede cocinar durante 3-4 horas al día, lo cual tiene efectos positivos en la salud de los usuarios y el ecosistema al sustituir la quema de estiércol o leña.

Limitantes:

Para un correcto funcionamiento se requiere una temperatura media superior

a 15°C. En zonas con temperaturas menores a este valor se requerirá la construcción de un invernadero o sistema de aislamiento térmico, ya que la producción de biogás disminuye en temperaturas frías (Poggio, 2009). La distancia entre el sitio de utilización del biogás y el biodigestor no debe exceder 150 metros pues, a mayor distancia, la presión del gas disminuye.

Lecciones aprendidas:

Es necesario usar el biodigestor de manera constante, de lo contrario comienza un proceso de putrefacción dentro del contenedor y, en tal caso, deberá vaciarse y realizar una limpieza del sistema. La eficiencia del sistema aumenta mediante la integración del biodigestor en las granjas y conectándolo con las letrinas. Es importante no sobrepasar la capacidad máxima de materia orgánica recomendada, de acuerdo con el diseño del biodigestor, para garantizar que el estiércol permanezca suficiente tiempo y se eliminen patógenos.

Consideraciones adicionales:

La excretas deben diluirse en una relación de 1:3 y para ello se pueden emplear

orines y agua. Cualquier sólido debe removerse antes de ingresar al biodigestor, así como cualquier material inorgánico. En caso de aplicar antibióticos a los animales, el estiércol deberá ingresar por lo menos 4 días después de la aplicación, ya que puede dañar a las bacterias dentro del reactor. El biogás se utiliza para parrillas con válvulas de paso convencionales conectadas a la manguera o tubería, sin ningún tipo de regulador de presión.

Unidad de seguimiento:

Biodigestores instalados (#).

Unidad de impacto:

Superficie fertilizada (ha). Metano aprovechado (m³/año). Fertilizante y biogás producidos (L/mes).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Chiconato, D. *et al.* (2013) "Resposta da alface à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação". *Bioscience Journal*, vol. 29, no. 2. | Ferrer, I. *et al.* (2009) *Producción de biogás a partir de residuos orgánicos en biodigestores de bajo costo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya. | Poggio, D. *et al.* (2009) "Adaptación de biodigestores tubulares de plástico a climas fríos". *Livestock Research for Rural Development*, vol. 21, no. 9.



10

CAPTADORES DE NIEBLA

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Sistema para interceptar, con bastidores de malla plástica, los bancos de niebla formados por las nubes que se internan en valles y mesetas de la cordillera andina. Las gotas de agua contenidas en la niebla chocan contra los hilos de la malla, se acumulan y caen, por efecto de la gravedad, a un canal que lleva el agua a un depósito. La niebla es una fuente alternativa de abastecimiento de agua a bajo costo para un amplio sector de la población en los Andes. Estas comunidades generalmente pagan más por el recurso que los usuarios con servicios urbanos. Los sistemas comunitarios consisten de varios captadores instalados en serie.

Lugar de aplicación:

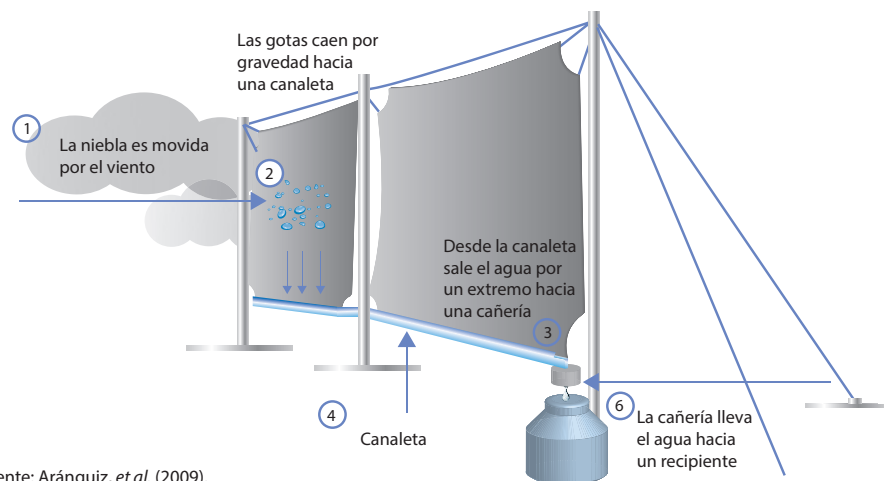
Estos sistemas son utilizados en sitios agrícolas o poblaciones que no tengan fuentes alternas de agua y cuyo clima sea propicio para la formación de niebla. En los Andes estas condiciones se dan, principalmente, en la cordillera occidental. Las cimas y laderas altas son ideales para establecer la red de abastecimiento por gravedad. Un captador individual requiere de unos 15 m² y para un sistema colectivo se necesita alrededor de 0,5 ha.

Amenazas e impactos que atiene:

Esta medida aumenta la seguridad hídrica de poblaciones altamente vulnerables al cambio climático, atenuando impactos de sequía y extremos de calor en personas, cultivos o animales. Al tener una fuente segura de abastecimiento se puede aumentar la productividad del suelo y disminuir el efecto de cambios en patrones de lluvias. Se debe tomar en cuenta, sin embargo, que en ciertas regiones el cambio climático puede alterar las condiciones que propician la formación de niebla.

Metodología de implementación:

1) Seleccionar los sitios con mayor capacidad de captación de niebla y facilidad para la distribución del agua. 2) Fijar con tensores dos pilares de 6 m de altura, a 12 m de distancia entre ellos, de forma perpendicular al viento predominante, de manera que puedan soportar fuertes ráfagas. 3) Fijar la pantalla doble (idealmente de malla sombra tipo Raschel de 35%) de 4 m de altura. 4) Fijar un canal de captación en la parte inferior de la pantalla. 5) Instalar el sistema de almacenamiento y distribución. 6) Instalar un sistema simple de tratamiento en caso de ser necesario.



Fuente: Aránguiz, et al. (2009).



Insumos y costos:

Se calculan los costos de construcción e instalación de un captador de niebla de 48 m² con capacidad de almacenamiento de 500 L. Los principales gastos provienen de la compra de materiales (postes, malla, tuberías, tanque) y de la mano de obra para instalar el sistema. Se consideran dos días de capacitación para su adecuado uso y mantenimiento.

Captador de niebla de 48 m ²	USD
Mano de obra	135
Materiales	320
Capacitación	120
Total	575

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Un estudio comparativo de la eficiencia de captadores de niebla en nueve regiones en Chile reporta volúmenes mensuales de entre 51 y 184 L por m² de malla Raschel. En el mismo estudio se estima una disminución de 34% en los costos de abastecimiento por captadores de niebla, comparados con los de abastecimiento por camión aljibe (FAO, 2000). La neblina es una fuente alternativa de agua que no afecta o explota abastecimientos tradicionales como pozos, ríos o lagos, lo cual promueve el equilibrio ecológico de cuerpos de agua superficial o subterránea. El agua almacenada se puede usar para programas de reforestación y control de incendios forestales, o para pequeños huertos con subsecuentes beneficios al ecosistema o la economía familiar.

Limitantes:

Para dimensionar el sistema correctamente es necesario contar con estadísticas confiables sobre el volumen de niebla estable. Puesto que los captadores de niebla son una medida extensiva de recolección de agua, requieren espacio

para obtener volúmenes significativos. En caso de no involucrar a la comunidad en el diseño y construcción de sistemas comunitarios pueden surgir problemas por falta de mantenimiento o uso inadecuado de las instalaciones. El costo de conducción puede ser alto si los captadores de niebla están lejos del poblado.

Lecciones aprendidas:

El agua captada es potable en su origen; sin embargo se puede contaminar en las diferentes etapas de abastecimiento, por lo que resulta necesario tratarla antes de ser ingerida. Si el objetivo es obtener agua para riego, se recomienda incorporar sistemas por goteo para maximizar el aprovechamiento del recurso y remover los sólidos suspendidos con un tratamiento previo para evitar la obstrucción de los goteros.

Consideraciones adicionales:

Actualmente se busca mejorar la eficiencia de captación, así como la durabilidad de las mallas y los postes de soporte. Existen casos de acumulación en el agua de minerales tóxicos que se desplazan con el viento, por lo cual es importante hacer un estudio previo a la construcción. El

éxito de la implementación comunitaria de este sistema depende del grado de empoderamiento y apropiación que los usuarios tengan del mismo.

Unidad de seguimiento:

Unidades instaladas (#).

Unidad de impacto:

Volumen de agua captada (L/mes).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

FAO (2000). *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia*. "Captación de agua de las nieblas costeras (Camanchaca), Chile". Serie: Zonas áridas y semiáridas No. 13. Santiago. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai128s/ai128s00.pdf> | Aránguiz, G. et al. (2009). *Diseño generativo: Aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile*. Universidad de Chile.

11

DESHIDRATADORES SOLARES

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

Sistemas de flujo pasivo que disminuyen la cantidad de agua contenida en frutas, verduras, semillas o carne mediante la concentración de calor proveniente del sol y la circulación continua de aire. La función principal es preservar y agregar valor a los productos agropecuarios al mantener sus propiedades nutritivas o genéticas, inhibir la proliferación de microorganismos que provocan su descomposición y procesarlos para una comercialización más rentable. Como la fuente de calor es el sol y el agente deshidratante es el viento, la eficiencia de secado depende de factores de diseño (orientación y capacidad) así como de condiciones climáticas (temperatura, humedad, exposición solar y velocidad del viento).

Lugar de aplicación:

La utilidad de estos sistemas destaca en fincas con excedentes de producción o cuyos productos requieren un procesamiento adicional, como el café. Es necesario contar con exposición solar constante, de por lo menos seis horas diarias, y baja humedad relativa. Los sitios que reciben vientos continuos de intensidad moderada, además de buena irradiación solar, son ideales para implementar los deshidratadores solares.

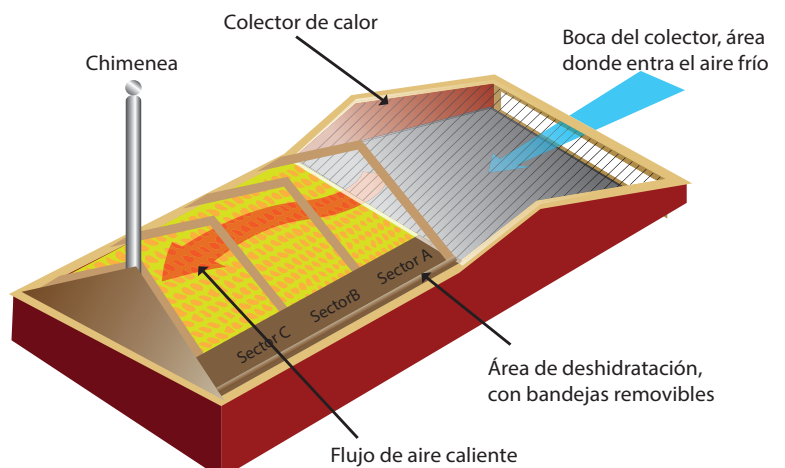
Amenazas e impactos que atiende:

Esta medida se enfoca principalmente en proveer mayor seguridad alimentaria y diversificar ingresos, aumentando la resiliencia general de los productores. La conservación de alimentos y semillas ayuda a contrarrestar la pérdida de productividad y los cambios fenológicos que se generen con cambios en el clima.

Metodología de implementación:

1) Elaborar un diseño del sistema con base en: el tipo de productos a deshidratar, el volumen de producción y las

condiciones climáticas y físicas del sitio (temperatura y humedad). 2) Orientar la ubicación del deshidratador de forma a que reciba el mayor grado de incidencia solar diaria, con la entrada de aire en dirección perpendicular al viento. 3) Construir el deshidratador. 4) Seleccionar los productos en buen estado. 5) Cortar el producto según la presentación deseada (no deberá sobrepasar un centímetro de grosor). 6) Realizar un pre-tratamiento según el producto (blanqueado, salado, almibarado). 7) Colocar los productos en bandejas. 8) Monitorear el procedimiento de deshidratación (medición del peso esperado). 9) Envasar. 10) Almacenar.



Fuente: Adaptado de INTI (2007).

Insumos y costos:

Se presentan los costos para construir e instalar un deshidratador solar de 19 m² de construcción con una superficie de secado de 6 m² capaz de deshidratar, en condiciones óptimas, 48 kg de tomate por día. Los principales costos resultan de materiales para la construcción (madera, cubierta plástica) y de la mano de obra para su instalación. Se consideran dos días de capacitación técnica para su uso.

Deshidratador solar con área de secado de 6 m²

USD

Mano de obra	195
Materiales	424
Capacitación	120
Total	739

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los deshidratadores permiten aprovechar toda la cosecha, diversificar ingresos y contar con alimentos e ingresos en tiempos de escasez, al satisfacer la demanda fuera de temporada. Brindan al productor la posibilidad de agregar valor a sus productos, darles una mejor presentación y no estar sujetos a condiciones de pérdidas por volatilidad en el mercado. Por ejemplo, al comparar el precio reportado en los Ministerios de Agricultura y de la Producción del Perú para el durazno deshidratado y fresco, se encuentra una relación de 9 a 1. La deshidratación reduce el peso de alimentos, lo cual facilita su manejo y disminuye el consumo de combustible para la distribución. El funcionamiento de los deshidratadores no requiere energía externa (gas o electricidad) por lo que los costos de operación son nulos y se evita generar emisiones de gases de efecto invernadero.

Limitantes:

Si bien aumentan la resiliencia económica de los productores, el funcionamiento de los deshidratadores depende de las condiciones climáticas del sitio. En días nublados, cuando la humedad relativa

es mayor a 95% o la temperatura menor a 5°C el tiempo de secado se prolonga y se favorece la descomposición del producto. Para mejorar la velocidad de secado en condiciones adversas es necesario utilizar ventiladores como mecanismo de circulación forzada, lo cual requiere de una fuente adicional de energía.

Lecciones aprendidas:

Cuando la velocidad de secado es muy alta, se forma en los alimentos una indeseable capa dura. Para evitar esta situación se debe disminuir el flujo de aire o aumentar la cantidad de producto en las bandejas. Se sugiere evitar mezclar frutas con hierbas de olor o carne, pues se impregna el olor de un producto en el otro. En sitios donde se presenten vientos extremos o granizo de forma recurrente, el plástico de la cubierta puede dañarse o perderse, así que se debe contemplar el uso de otros materiales más resistentes y caros, como el vidrio.

Consideraciones adicionales:

En ambientes muy húmedos se puede dividir el área de secado, colocando únicamente productos en la parte posterior para que la zona frontal actúe como un calentador adicional. Las condiciones óptimas de deshidratación varían para

cada producto, pero, en general, se busca un rango de 55 a 65°C ya que a mayor temperatura la calidad de nutrientes tiende a disminuir. Se recomienda realizar un pre-tratamiento del producto con ácido cítrico en frutas, hortalizas y carne para evitar su oscurecimiento, o con azúcar (frutas) o sal (carne) para prevenir su descomposición.

Unidad de seguimiento:

Unidades construidas (#).

Unidad de impacto:

Ingresos adicionales (\$). Producto deshidratado (kg).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2007). *Manual de construcción del deshidratador solar Aureliano Buendía*. Argentina. Disponible en: <http://www.inti.gov.ar/pdf/deshidratador.pdf>. | "Frutas deshidratadas" en *Crea tu empresa: documento ampliado para la ficha 18*. Perú: Universidad del Pacífico-Ministerio de la Producción. | *Información del mercado mayorista no. 2 de Frutas*. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego, 2013.

12

DIVERSIFICACIÓN DE CULTIVOS

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

La diversificación de cultivos es la siembra de varias especies agrícolas en una finca, destacándose la producción de dos o más cultivos de manera intercalada. En la diversificación se pueden encontrar diferentes modelos: asociaciones múltiples, mezcla de cultivos anuales, árboles frutales y forestales y siembra de diferentes hortalizas. Los objetivos pueden ser variados como el de reducir insectos herbívoros, realizar un control biológico a través de la siembra de especies antagonistas, utilizar eficientemente los espacios horizontales y verticales de las parcelas o aumentar los ingresos del agricultor. Los sistemas diversificados son, en general, más resilientes que el monocultivo.

Lugar de aplicación:

Puede implementarse en cualquier parcela dentro de la finca, siempre y cuando la selección de los cultivos sea la más apropiada a las condiciones físicas y químicas del suelo. Es de particular utilidad en lugares donde hay poco espacio y se quiere maximizar el uso del terreno, así como donde se pretende incrementar la agrobiodiversidad.

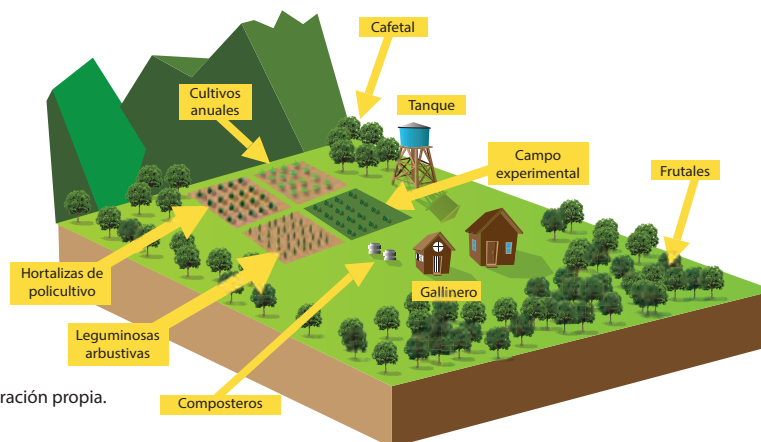
Amenazas e impactos que atende:

Al proveer una variedad de cultivos, la diversificación aumenta la seguridad alimentaria y disminuye la necesidad de insumos agrícolas. Los sistemas mixtos son más resistentes a plagas, cambios extremos de temperatura, sequía y cambios en patrones de lluvia. La diversificación es una alternativa para distribuir pérdidas en caso de daños a cultivos o menor productividad en las cosechas.

Metodología de implementación:

1) Seleccionar los cultivos más adecuados a las condiciones climáticas y ambienta-

les de la finca teniendo en cuenta las preferencias del mercado. 2) Establecer un plan de manejo y monitoreo de las prácticas de cultivo (p. ej. control de plagas y malezas, manejo de nutrientes, riego) y determinar los costos de producción. 3) Realizar una adecuada selección de cultivos acompañantes. En la diversificación es importante buscar sinergias positivas en las relaciones entre los cultivos, evitando aquellos que requieran los mismos nutrientes del suelo. 4) Sembrar las variedades de acuerdo con el plan establecido y los tiempos de cosecha. 5) Incorporar prácticas de producción y aplicación de abonos orgánicos, conservación de suelo, rotación de cultivos y manejo integrado de plagas, entre otras).



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se presentan los costos para diversificar una hectárea de cultivos. Los principales gastos resultan de la compra de semillas, la preparación de abonos orgánicos y pesticidas ecológicos, así como de las labores de siembra y abonado de cultivos. Se contemplan dos días de capacitación para el manejo del sistema diversificado.

Diversificación de cultivos (zanahoria/lechuga/frijol) en 1 ha	USD
Mano de obra	675
Materiales	360
Capacitación	180
Total	1215

Beneficios ecosistémicos y económicos:

La diversificación de cultivos en las parcelas presenta una serie de beneficios como el reciclaje de nutrientes, el establecimiento de microclimas, la regulación de procesos hidrológicos locales, así como la regulación y el control de plagas y enfermedades de las plantas (Altieri, 2002). El mismo autor menciona que los policultivos han demostrado aumentos en el rendimiento de 20% hasta 60%, y describe que en México una hectárea sembrada con una mezcla de maíz, zapallo y frijol produce tanto alimento como una superficie de 1,73 ha con solo maíz. Otra de las ventajas de los sistemas mixtos es la mayor estabilidad en el rendimiento cuando se dan variaciones climáticas, con un coeficiente de variabilidad 30% menor, en promedio, que en el monocultivo.

Limitantes:

Se debe tomar en cuenta la adaptabilidad de las diferentes asociaciones empleadas en la diversificación. Para esto

es necesario conocer las condiciones agroecológicas de la zona y los requerimientos de las diferentes especies que se piensa sembrar en el sistema mixto. La principal limitante no tiene que ver con aspectos físicos de los cultivos sino con el diseño de estrategias altamente integradas en la planificación para lograr interacciones benéficas en la diversificación.

Lecciones aprendidas:

Generalmente, en los sistemas mixtos el producto de la cosecha por cultivo es de menor cantidad que el de un monocultivo. Sin embargo, la producción total tiende a ser mayor. Los sistemas diversificados pueden recuperar buenas prácticas ancestrales como la milpa tradicional (siembra de maíz, zapallo y frijol). En la zona andina se pueden desarrollar cultivos mixtos de tubérculos como papa, oca, olluco, mashwa; raíces como la arracacha, yacon, achira; granos como el maíz, quinua, qañiwa, y frutales como el tomate de árbol, sauco y pasifloras.

Consideraciones adicionales:

En la diversificación se pueden considerar otras especies diferentes a las hortalizas, legumbres o frutales; por ejemplo, plantas medicinales, aromáticas o silvestres. Se recomienda complementar esta medida con otras prácticas agrícolas como el arropo o cobertura de suelo, la integración de animales menores o el establecimiento de invernaderos para zonas con heladas recurrentes.

Unidad de seguimiento:

Superficie sembrada en esquemas mixtos (ha). Variedades asociadas sembradas por unidad de cultivo (#).

Unidad de impacto:

Ingresos (\$). Variedades producidas (#, t).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. (2002). *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. | Quiroz, G. et al. (2009). "Alternativas de diversificación en áreas cafetaleras". *INIAHOY*, no. 6, Septiembre-Diciembre, Venezuela. | Altieri, M. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. New York: Sustainable Agriculture Networking and Extension, SANE. United Nations Development Programme, UNDP.



13

DRENAJE AGRÍCOLA

Escala

Individual
Colectiva

Enfoque

Inversión
Soporte

Descripción:

El drenaje agrícola es un conjunto de sistemas que desalojan, interceptan, dan cauce y disponen el agua excedente de una parcela a un lugar seguro. Esto se hace por gravedad, de forma no erosiva, por canales superficiales o subterráneos. La finalidad es controlar el contenido de humedad específica para cada tipo de cultivo y evitar pérdidas por exceso de agua en situaciones extremas. Sus dimensiones dependen de la profundidad del nivel freático y del volumen máximo que se pretenda evacuar, pero en general oscilan entre 0,4 y 1,5 m de profundidad y de 0,5 a 1,2 m de ancho.

Lugar de aplicación:

El drenaje agrícola se implementa en parcelas con pendientes entre 1 y 25%, que requieran controlar el nivel freático del suelo o sufran de inundaciones periódicas. Son de particular utilidad en zonas anegables como valles aluviales o predios con baja permeabilidad y suelos de arcilla o limo.

Amenazas e impactos que atiende:

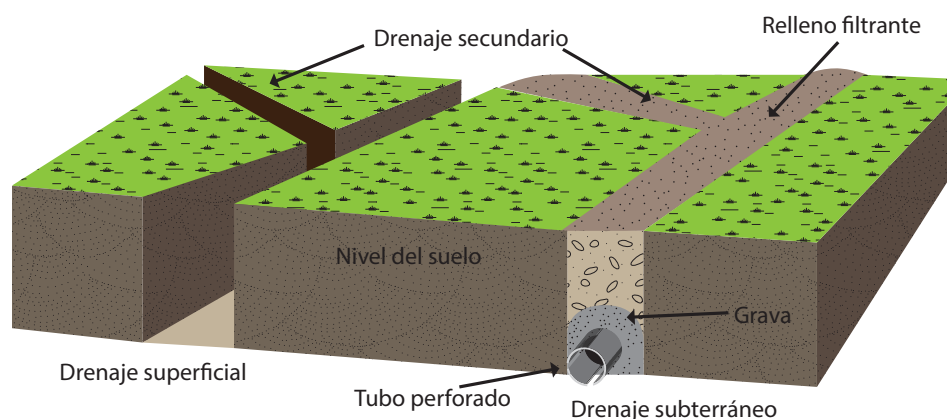
Evita daños a cultivos por lluvias intensas e inundaciones al evacuar excesos de agua. También controla el contenido de

humedad en el suelo para el desarrollo adecuado de los cultivos, lo cual incrementa la producción y con ello la seguridad alimentaria. La humedad retenida en época de lluvias puede ser benéfica durante los tiempos de sequía.

Metodología de implementación:

1) Identificar las áreas donde naturalmente se encauzan los excedentes de agua dentro de un terreno. 2) Identificar el tipo de drenaje a usar (superficial o subterráneo). 3) Calcular profundidad,

anchura y longitud de los drenajes dependiendo del origen y cantidad de agua que se quiere desplazar; del problema que ocasiona; de la permeabilidad del suelo, y del tipo de cultivo que se busca beneficiar. 4) Excavar las zanjas con declive de forma a no acumular sedimentos y obtener una velocidad mínima de 0,25 m/s. 5) Complementar los drenajes superficiales con bordos de contención compactados o los subterráneos con rellenos de material (grava, piedra) y con tubos de evacuación.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se presentan los costos para la construcción de un drenaje superficial de 0,5 m de ancho, 0,8 m de profundidad y 1000 m de largo, distribuido en una superficie media de 5 ha. Los insumos mayores provienen de la mano de obra para excavación y acomodo de material, así como de los análisis de suelo, precipitación y escurrimiento. Se consideran dos días de capacitación sobre construcción y funcionamiento.

Drenaje superficial de 0,5 m x 0,8 m x 1000 m	USD
Mano de obra	2325
Materiales	1000
Capacitación	120
Total	3445

Beneficios económicos y ecosistémicos:

Esta medida incide en el ahorro energético en riego porque controla la humedad del suelo. Evita la pérdida de cosechas por inundaciones y mantiene las condiciones agrícolas de suelo adecuadas para maximizar rendimientos. Elimina el exceso de agua en tierras agrícolas y controla el nivel freático de tal forma que el balance de agua y sales sea óptimo en la zona de las raíces del cultivo (Pizarro, 1985). Polón *et al.* (2011) reportan que en suelos pesados, mejorados mediante drenaje, se registraron rangos de aumento en la producción de 50-100% en cereales y 90-200% en tubérculos. El beneficio de esta medida se observa al término de un ciclo anual.

Limitantes:

Los drenajes agrícolas no se pueden implementar en tierras sin pendiente y en lugares donde no se pueda disponer el agua excedente de forma segura. El costo de drenajes subterráneos es órdenes

de magnitud mayor al de drenajes superficiales. Los drenajes seccionan las áreas agrícolas, lo cual dificulta el uso de maquinaria y el acceso en general.

Lecciones aprendidas:

Es importante comenzar construyendo el menor número posible de drenajes y complementar la obra hidráulica de infiltración y escorrentías excedentes con medidas más sencillas, como zanjas bordo y arado *keyline*. El dimensionamiento correcto es importante ya que un drenaje mal diseñado puede desecar el terreno.

Consideraciones adicionales:

Los drenajes requieren mantenimiento y monitoreo constante; se pueden complementar con pozos de absorción, almacenamiento de agua y sistemas de bombeo. Muchos de los problemas del suelo agrícola podrían atenuarse con sistemas adecuados de drenaje, pero es necesario garantizar un buen funcionamiento y conocer sus limitaciones.

Unidad de seguimiento:

Longitud de drenajes construidos (m).

Unidad de impacto:

Incremento en productividad (t/ha). Superficie protegida con drenaje agrícola (ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Pizarro, F. (1985). *Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos*. Madrid: 2ª ed., Editorial Agrícola Española, S.A. | Polón Pérez, R., *et al.* (2011). "Principales beneficios que se alcanzan con la práctica adecuada del drenaje agrícola". *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 2, pp. 52-60. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193222422010.pdf> | Ayers, R. y Westcot, D. (1985) *Water Quality for Agriculture*. Rome: FAO Irrigation and Drainage Papers, no. 29.



14

ECOTURISMO

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

Es una herramienta de desarrollo económico basada en la existencia, conservación y aprovechamiento sustentable de bienes y servicios ecosistémicos, haciéndolos disponibles a visitantes. Se enfoca en el turismo local a pequeña escala hacia áreas conservadas o zonas de producción agropecuaria (agroturismo) con la finalidad de apreciar la naturaleza, los valores y tradiciones culturales asociados y los productos sustentables que se pueden obtener. Como objetivo se busca propiciar un intercambio entre visitantes y comunidad para estimular la educación ambiental y el comercio justo. Este tipo de turismo se basa en los recursos locales, tiene bajo impacto y provee beneficios socioeconómicos a las poblaciones encargadas de conservar el bien o servicio promovido.

Lugar de aplicación:

El ecoturismo se puede implementar en áreas naturales que posean atractivos paisajísticos, culturales o ecológicos particulares y, de preferencia, accesibilidad a mercados o un público meta. Es recomendable contar con organizaciones comunitarias para proveer una variedad de servicios relacionados con el sitio en cuestión (hospedaje, alimentación, visitas guiadas). El agroturismo puede realizarse en fincas o zonas agropecuarias

que cuenten con procesos de producción atractivos (agricultura orgánica, cultivo bajo sombra, restauración, conservación), alojamiento y servicios.

Amenazas e impactos que atiende:

El principal objetivo del ecoturismo es diversificar los ingresos de los productores de modo que, al complementar sus actividades, se puede disminuir la presión ejercida por ciertos impactos del cambio climático como pérdida de productividad agrícola, daños a cultivos, necesidad de mayores insumos, e incluso menor disponibilidad de agua. Si bien el ecoturismo no atiende amenazas de manera directa, se tiene una menor dependencia de factores climáticos para la generación de ingresos.

Metodología de implementación:

1) Identificar los atractivos paisajísticos, ecológicos y culturales del sitio con base en bienes y servicios ecosistémicos. 2) Evaluar la capacidad de carga del sistema. 3) Evaluar la viabilidad del proyecto y establecer un plan de negocios. 4) Vincular a organizaciones comunitarias locales, autoridades de gobierno y demás actores clave para acordar responsabilidades y beneficios. 5) Gestionar permisos y trámites para cumplimiento

de la normatividad. 6) Capacitarse sobre administración de negocios y servicio a clientes. 7) Proveer capacitación a los trabajadores sobre conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de recursos. 8) Acondicionar el área. 9) Realizar actividades de mercadeo. 10) Aplicar prácticas de conservación, manejo de residuos, gestión de agua y demás medidas necesarias para minimizar el impacto ambiental de la actividad.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se asume el desarrollo de un proyecto ecoturístico en 5 ha. Los principales costos resultan de los materiales necesarios para la adecuación del espacio, la asesoría sobre diseño del proyecto y la capacitación sobre negocios y servicio al cliente. Se incluye la construcción de instalaciones para servicios básicos, pero no de habitaciones u otras estructuras. Se asume una capacitación integral de 15 días.

Ecoturismo, 5 ha	USD
Mano de obra	735
Materiales	2650
Capacitación	900
Total	4285

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Se promueve la conservación del área natural salvaguardando su diversidad biológica y cultural. Gracias a los incentivos económicos del turismo, en Costa Rica se ha logrado conservar el 21% de territorio en forma de parques nacionales (Dasenbrock, 2002). Al analizar diversos proyectos de ecoturismo en Belice, presentados por Lindberg *et al.* (1994), se estima que aproximadamente el 30% de la población local se ha visto beneficiada con los nuevos empleos generados. En un proyecto comunitario de pequeña escala en Río Blanco, Ecuador, basado en alojamiento en cabañas dentro de las áreas naturales y apreciación de danzas tradicionales quechuas, los participantes obtuvieron por lo menos el 20% de su ingreso anual con sólo cuatro horas de trabajo al día durante la época de visitantes (Schaller, 1995).

Limitantes:

La correcta implementación del ecoturismo requiere de planificación, capacitación y manejo adecuado del ecosistema, además del fomento de procesos de consulta y consenso para contar con la aprobación de la comunidad, lo cual lleva tiempo. Generalmente los proyectos ecoturísticos deben financiarse por un periodo mínimo de 3 a 5 años para

alcanzar su tasa interna de retorno. Los costos de construcción para alojamiento son significativos; para cubrirlos generalmente se requiere de fuentes adicionales de financiamiento y reinversión en el proyecto. El número máximo de visitantes debe establecerse con base en la capacidad de carga del ecosistema para prevenir daños al área que se desea conservar y promover (Weaver, 1998).

Lecciones aprendidas:

La probabilidad de éxito se incrementa vinculando distintos actores clave (gobiernos locales, ONG, comisiones de áreas protegidas) para obtener apoyo en la planificación o en la obtención de incentivos económicos; conociendo la normatividad ambiental (categorías de conservación, lineamientos de ordenamiento territorial) para saber lo que es posible realizar en el área, e integrando negocios locales para diversificar los servicios ofrecidos. Una capacitación adecuada sobre la importancia de manejar correctamente los recursos del área garantiza su conservación y la permanencia del proyecto.

Consideraciones adicionales:

La comunidad debe tener claros los beneficios y responsabilidades relacionados con un desarrollo turístico de este tipo y contar con un proceso transparen-

te para distribuirlos de manera equitativa. La prevención de daños al entorno se puede lograr teniendo un reglamento de conducta ecológica para visitantes y empleados, así como responsables de su cumplimiento. La presión de los visitantes sobre el ecosistema disminuye cuando se emplean ecotecnologías para la provisión de servicios (agua y saneamiento, manejo de residuos). Las instituciones de investigación y enseñanza pueden ser un socio clave para proveer información científica del sitio y ayudar a estimar su capacidad de carga.

Unidad de seguimiento:

Proyectos de ecoturismo o agroturismo realizados (#).

Unidad de impacto:

Ingresos generados (\$).
Áreas conservadas (#, ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Lindberg, K. *et al.* (1994). *An Analysis of Ecotourism's Economic Contribution to Conservation and Development in Belize*, vol. 1. World Wildlife Fund. | Schaller, D. (1995). "Indigenous Ecotourism and Sustainable Development: The Case of Río Blanco, Ecuador" en *Ecotourism Research and Other Adventures* | Weaver, D. B. (1998) *Ecotourism in the Less Developed World*. Wallingford/New York: Cab International. | SEMARNAT (2006). *Introducción al turismo comunitario*. México: 2ª ed. | Dasenbrock, J. (2002). "The Pros and Cons of Ecotourism in Costa Rica". *TED Case Studies*, no. 648, enero.



15

ESTUFAS EFICIENTES

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

El gasificador es una estufa eficiente que utiliza distintos tipos de biomasa y ofrece una alternativa a los fogones tradicionales y estufas de leña de baja eficiencia. La biomasa se dispone en una cámara de combustión que controla el oxígeno para propiciar un proceso llamado pirólisis y producir carbón. El gas liberado entra en combustión en la hornilla, generando una flama azul. Al realizar una combustión en condiciones óptimas no produce humo y ahorra 60% del combustible que se usaría en un fogón. El 25% de la biomasa queda reducida a carbón negro, el cual se aplica para acondicionar suelos.

Lugar de aplicación:

Las estufas eficientes pueden instalarse en ámbitos rurales, urbanos y periurbanos, donde los hogares usen leña para cocinar alimentos y sufran de daños a la salud asociados a la mala combustión (humo, hollín, partículas). En zonas con recursos forestales escasos los gasificadores se pueden combinar con acciones de reforestación, manejo forestal o producción sustentable de leña para constituir una medida robusta tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático.

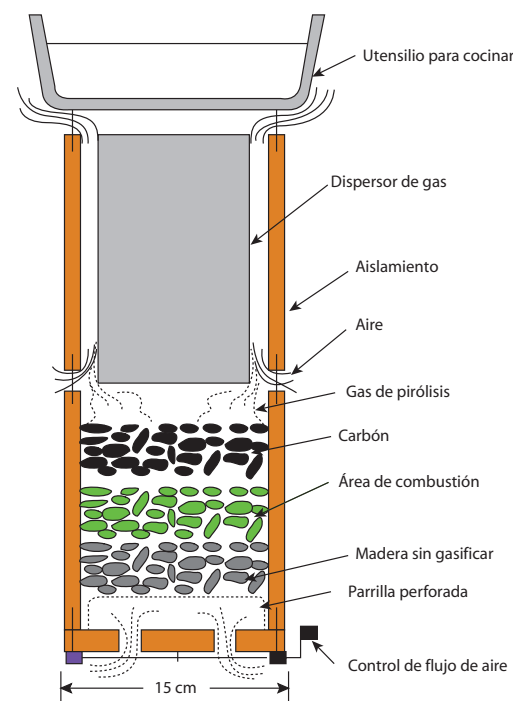
Amenazas e impactos que atiende:

Las estufas eficientes producen carbón que se usa para mejorar la estructura del suelo y así reducir tanto el impacto de lluvias intensas y sequías como la necesidad de mayores insumos agrícolas. Los suelos mejorados son más resistentes a la erosión. Este método de combustión conserva recursos forestales y disminuye significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes del uso de biomasa como combustible. De esta forma mitiga el cambio climático desde dos frentes: menor deforestación y menor producción de GEI.

Metodología de implementación:

El gasificador se compra, no se construye. A continuación se presentan los pasos de instalación y operación: 1) Analizar las fuentes existentes de biomasa viable para evitar deforestación y degradación. 2) Instalar el gasificador y el tiro para extracción. 3) Recibir capacitación sobre su uso adecuado y método de combustión. 4) Después de la combustión, triturar el carbón negro residual, inocularlo con bacterias regeneradores de suelo y mez-

clarlo con tierra. 5) Aplicar el carbón como sustrato en cultivos o para restaurar suelos degradados. 6) Llevar un registro de producción, proceso y aplicación del carbón, así como del consumo y fuente de biomasa de los gasificadores.



Fuente: <http://energy-without-carbon.org>.



Insumos y costos:

Se calculan los costos de compra e instalación de un gasificador de 1,4 kg de leña por carga, con una duración promedio de 1,5 a 3 horas de cocción por carga. Se asume un día de capacitación, cuyo costo puede bajar al aumentar el número de gasificadores instalados.

Gasificador de 1,4 kg de leña por carga	USD
Mano de obra	30
Materiales	500
Capacitación*	60
Total	590

* Este costo de capacitación individual se obtiene a condición de instalar, por lo menos, 10 gasificadores.

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Con base en datos de un proyecto de estufas eficientes en México, Díaz (2011) afirma que los mayores beneficios económicos se derivan del ahorro de leña y de la reducción de impactos en la salud (53% y 28% del beneficio total, respectivamente). El consumo diario aproximado de leña en una familia de 4,5 personas es de 21 kg. Una reducción de 60% en el consumo de madera para cocinar implica un ahorro anual de 45 t de leña por familia, lo que promueve la conservación de recursos forestales. La combustión eficiente del gasificador reduce 3 t de CO₂ a la atmósfera por unidad familiar al año. El carbón obtenido sirve para restaurar y acondicionar suelos, lo cual mejora su fertilidad y propiedades físicas.

Limitantes:

El gasificador requiere de una inversión inicial y no puede construirse de forma artesanal como otros sistemas. El principal reto es lograr cerrar el ciclo e incorporar el carbón al suelo como parte del proceso de implementación. Como es una tecnología que precisa algunos

cambios de prácticas, se requiere de capacitación y apropiación por parte de los usuarios. En caso de no realizar este paso previo se corre el riesgo de que se vuelva al uso de los fogones tradicionales.

Lecciones aprendidas:

El desempeño del gasificador depende de las prácticas de uso, el mantenimiento adecuado y las condiciones de instalación, entre otros factores. No todas las estufas eficientes se adaptan a las costumbres de los usuarios, lo cual incide en su grado de aceptación. Es recomendable realizar un estudio de percepción de uso antes de promover el gasificador de forma masiva.

Consideraciones adicionales:

Dada la necesidad de contar con estufas eficientes que consuman menos madera y, sobre todo, evacuen el humo del hogar, se han diseñado e instalado muchos tipos de estufas que afirman ser eficientes sin estudios previos que lo confirmen. En un estudio que comparó el consumo de leña y tiempo de cocción del fogón tradicio-

nal con algunos modelos promovidos en América Latina, se encontró que el fogón es más eficiente para hervir agua, pero es superado por las estufas eficientes cuando se trata de cocer maíz o frijol. Todos los modelos probados tienen la ventaja de reducir significativamente la cantidad de partículas dañinas para la salud (Blanco *et al.* 2009).

Unidad de seguimiento:

Unidades instaladas (#).

Unidad de impacto:

Ahorro de leña (kg/año). Carbón incorporado al suelo (kg).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Blanco, S., Cárdenas, B., Berruta, V., Masera, O. y Cruz, J. (2009). *Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un programa de intervención masiva en México*. México, D. F.: Informe final. Instituto Nacional de Ecología. Versión actualizada Septiembre 2012. | Clesla, W. M. (1995). *Climate Change, Forests and Forest Management: An Overview*. Roma: FAO Forestry Paper 126. | Delinat-Institut. (2011). *El biocarbón como material orgánico para la mejora del suelo*. Arbaz: Delinat-Institut für Ökologie und Klimafarming. | Díaz, J. *et al.* (2011). *Estufas de leña*. Red Mexicana de Bioenergía, A.C. disponible en: <http://www.rembio.org.mx/2011/Documentos/Cuadernos/CT3.pdf>.



16

FRANJAS CORTAFUEGO

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Las franjas cortafuego se construyen para prevenir la propagación de incendios forestales antes de que éstos tengan efectos negativos sobre el ecosistema, las unidades de cultivo o los bienes materiales de la población. Esta medida se realiza despejando una franja de vegetación de entre 4 y 6 m, y raspando el terreno hasta el suelo mineral. Generalmente inician y terminan en sitios donde el fuego no puede avanzar por falta de combustible. El material extraído se dispone en el lado contrario de donde podría avanzar el fuego.

Lugar de aplicación:

Es útil en sitios donde existe una alta incidencia o riesgo de incendios forestales debido a sequías estacionales prolongadas y la consecuente acumulación de combustible vegetal. El riesgo de incendios se incrementa con temperaturas altas, humedad relativa baja, viento y sequedad de los combustibles inmediatos del entorno.

Amenazas e impactos que atiende:

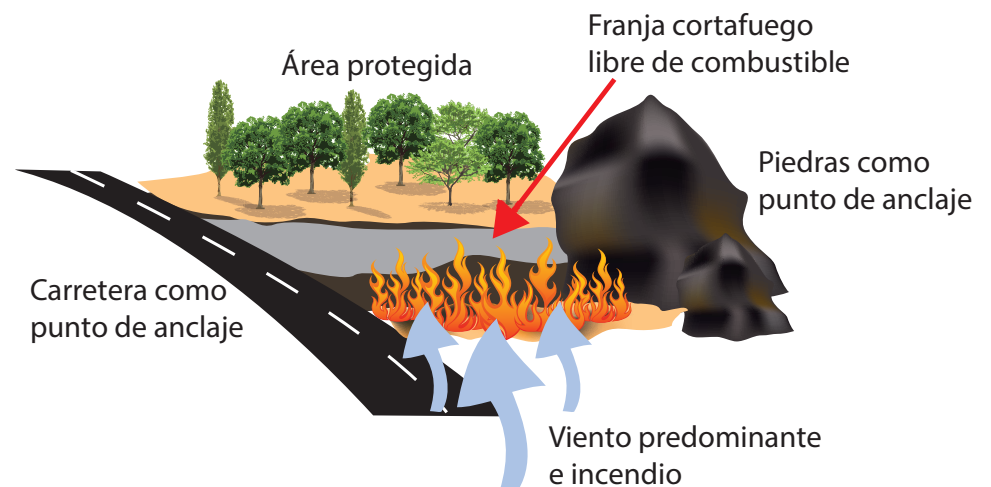
Esta medida atenúa el impacto del aumento de incendios forestales debido al incremento global de temperatura y dé-

ficit estacional de precipitación. Al proteger a los bosques, ayuda a que mantengan sus servicios de regulación hídrica y climática, lo cual disminuye el efecto de extremos de calor y lluvias intensas.

Metodología de implementación:

1) Despejar áreas de entre 4 y 6 m. Entre más alta sea la vegetación y más fuertes los vientos predominantes, la anchura de la franja debe incrementarse. 2) Las fran-

jas se comienzan y terminan en lugares donde no pueda transitar el fuego (rocas, arenales, ríos o caminos). Estos espacios seguros se denominan “puntos de anclaje”. 3) El trazo tiene que ser lo más recto posible, evitando líneas sinuosas. 4) Es importante construir caminos o veredas alternas para usarlos como ruta de escape. 5) Dar mantenimiento por lo menos una vez al año.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se calculan los costos de construcción de 1000 m lineales de franjas cortafuego, de 6 m de ancho, equivalente al perímetro de una superficie máxima de 6,25 ha. Los insumos principales son herramienta de mano, costos de excavación y equipos de seguridad personal. Se consideran 2 días para capacitación.

Franja cortafuego de 1000 m lineales (6000 m ²)	USD
Mano de obra	555
Materiales*	150
Capacitación	120
Total	825
* Total más equipo de protección y atención a incendios	3585

Beneficios ecosistémicos y económicos:

En Colombia, de acuerdo con los registros parciales del periodo 1986-2002, se han reportado 14 492 eventos de incendios forestales, afectando un área de 400 788 ha, más de 135 mil de ellas en la región altoandina del centro del país (MINAM, 2002). El impacto ambiental de incendios en zonas altas es de mayor importancia por situarse en la cabecera de la cuenca hidrográfica. Las franjas cortafuego protegen los recursos materiales, agrícolas y ecosistémicos así que el beneficio está relacionado con su efectividad en dicha protección. Por ejemplo, 400 m lineales de franja cortafuego serían suficientes para proteger 1 ha de bosque. Los servicios ecosistémicos y biodiversidad de los bosques tropicales han sido valorados de forma preliminar en 6120 USD/ha al año (TEEB, 2009).

Limitantes:

La construcción de franjas se dificulta en zonas urbanas por falta de espacio, así como en áreas altamente anegadas o pantanosas. Para determinar correctamente el ancho con base en la altura de la vegetación y la velocidad de los vientos dominantes se requiere de asistencia técnica calificada. De no construirse de manera adecuada pueden propiciar la erosión del suelo.

Lecciones aprendidas:

Las franjas cortafuego y los equipos complementarios requieren mantenimiento para que sean eficaces. Es importante no esperar a que el peligro sea eminente para hacer reparaciones al equipo o limpiar el material vegetal acumulado en las franjas cortafuego. El mantenimiento debe hacerse por lo menos una vez al año, al iniciar la temporada de secas.

Consideraciones adicionales:

Se recomienda considerar una segunda franja y sistemas de agua a presión en caso de ser un sitio con alto riesgo de incendios. Estas franjas también pueden ser utilizadas como rutas de observación y como senderos interpretativos.

Unidad de seguimiento:

Longitud de franjas cortafuego construidas (m).

Unidad de impacto:

Área protegida con franjas cortafuego (ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2002). *Plan nacional de prevención, control de incendios forestales y restauración de áreas afectadas*. Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales. | The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2009). *TEEB Climate Issues Update*. September. Disponible en <http://www.teebweb.org>.

17

HIDROPONÍA SOLAR

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Sistema de producción de hortalizas que utiliza agua en flujo continuo como medio de transporte de nutrientes. Consta de un invernadero y un almacén de agua en toda su base para la recirculación de nutrientes en un sistema cerrado. Utiliza un equipo de bombeo fotovoltaico con baterías para alimentar al sistema de riego de baja presión por goteo. Su capacidad de producción es altamente eficiente y su mantenimiento es de dos horas semanales. Estos sistemas pueden dirigirse al autoconsumo o la producción para venta en el mercado. Las plantas crecen sobre un sustrato de abono orgánico y el reservorio de agua puede usarse como estanque para piscicultura.

Lugar de aplicación:

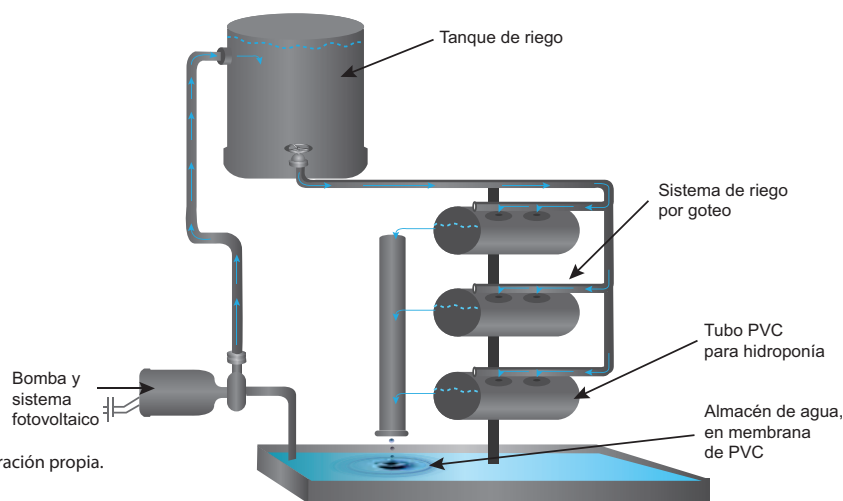
Un sistema de hidroponía solar se puede instalar en cualquier rango altitudinal, particularmente en la ladera poniente de la cordillera andina, donde las condiciones de suelo son pobres. Puede aplicarse en zonas con alta densidad poblacional y al interior de propiedades pues requiere de poco espacio. No necesita suelo fértil, pero sí una fuente de agua cercana.

Amenazas e impactos que atiende:

Al ser un sistema controlado, protegido por un invernadero y que no depende del suelo, la producción bajo hidroponía solar no se ve afectada por lluvias intensas, granizo cambios bruscos de temperatura, sequía o cambios en los patrones de lluvia. Con ello se aumenta considerablemente la productividad local, la seguridad alimentaria y el ingreso de las familias.

Metodología de implementación:

1) Diseñar el sistema (capacidad, variedades a cultivar) con base en las características del sitio y los objetivos de producción. 2) Preparar el terreno. 3) Armar el invernadero. 4) Colocar la membrana o tina de agua en su base. 5) Armar y preparar los tubos de hidroponía. 6) Instalar el equipo de bombeo. 7) Instalar el sistema de riego. 8) Colocar la malla-sombra. 9) Sembrar las variedades de hortalizas seleccionadas en un sustrato de abono orgánico sobre los tubos de hidroponía. 10) Dar cuidado a las plantas y mantenimiento al sistema. El agua del depósito inferior se cambia de tres a cuatro veces por año para evitar acidez y que la falta de nutrientes afecte el desarrollo de los cultivos. El agua residual del proceso se puede utilizar como fuente de nutrientes para riego de áreas de cultivo o jardines.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se presenta el cálculo para construir un sistema de hidroponía de 5 m de largo y 1,2 m de alto que incluye: invernadero, malla-sombra, riego por goteo y conexiones, bomba con un panel fotovoltaico de 40 W y un acumulador, tanque de 100 L, geomembranas y plásticos de invernadero. Se contemplan 3 días para capacitación.

Hidroponía solar de 1,2 x 5 m con bombeo fotovoltaico de 6 a 9 L/s	USD
Mano de obra	225
Materiales	1891
Capacitación	180
Total	2296

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Reduce el impacto de la agricultura en áreas naturales al producir con altos rendimientos en un espacio reducido. Ayuda a la conservación de suelos y estimula tanto la producción como el mercado local de alimentos. Tiene una productividad mayor a 300 plantas de hortaliza al mes o 30 plantas maduras por metro cuadrado (PNUD, 2003). Por ejemplo, el sistema propuesto arriba (de doble nivel) podría producir un promedio conservador de 60 plantas por metro cuadrado al mes. La economía familiar se beneficiaría por la producción de alimentos de auto-consumo y un ingreso extra aproximado de 105 USD mensuales.

Limitantes:

Su construcción debe realizarse forzosamente en terrenos de pendientes bajas y con acceso a una fuente de agua. El lugar debe tener incidencia de luz solar directa mayor a 4 horas por día. El sistema produce aproximadamente 5 mil L de aguas residuales al año que no pueden verterse a cauces naturales por la cantidad de

nutrientes que contienen. Lo recomendable es aplicarlas en jardines o huertos familiares, pero para ello se necesita espacio.

Lecciones aprendidas:

Se recomienda ubicar el sistema en un lugar de fácil acceso para realizar el mantenimiento con frecuencia. Los equipos de bombeo y fotovoltaico son de bajo mantenimiento, pero su instalación requiere de un técnico especializado. Es importante cuidar que la red de riego no se obstruya con sólidos presentes en el agua.

Consideraciones adicionales:

Se debe estudiar la incidencia solar del sitio donde estará ubicado el sistema para determinar la sombra y calibre de las mallas. Para seleccionar las especies a cultivar es necesario conocer las condiciones climáticas locales y las preferencias del mercado meta. Dos parámetros a tener en cuenta durante la operación del sistema son el pH y la concentración de nutrientes en el agua, lo cual se logra con capacitación y práctica.

Unidad de seguimiento:

Sistemas en operación (#). Hortalizas producidas al mes (kg).

Unidad de impacto:

Familias con sistemas hidropónicos (#). Ingresos adicionales obtenidos (\$/mes).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

PNUD (2003). *Hidroponía familiar: cultivo de esperanzas con rendimientos de paz*. Armenia, Colombia: FUDESCO Armenia. | FAO (2003). *La Huerta Hidropónica Popular: Curso audiovisual*. Santiago, Chile: Manual Técnico, 3ª ed.

18

HUERTOS FAMILIARES

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

El huerto familiar es un sistema de cultivo intensivo a pequeña escala, donde se aprovechan al máximo el espacio, los estratos productivos y la mano de obra disponible en la familia. En estos sistemas se producen principalmente hortalizas, condimentos y hierbas medicinales, pero también se pueden sembrar frutales y tubérculos. Gracias a la diversificación de cultivos se pueden obtener alimentos durante todo el año. En general, el 70% de los productos se puede dirigir al autoconsumo y el 30% restante a la generación de ingresos adicionales.

Lugar de aplicación:

El huerto familiar se ubica en las áreas aledañas al hogar, donde exista buena exposición solar, disponibilidad de agua y un área plana de por lo menos 42 m². Esta medida se puede implementar en medios urbanos, peri-urbanos y rurales, haciendo uso de espacios comunes, patios y azoteas. Es aplicable a todos los pisos ecológicos.

Amenazas e impactos que atiende:

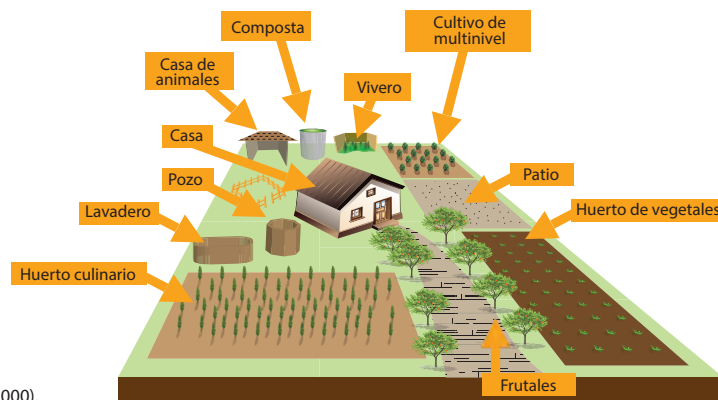
La diversidad encontrada en el huerto familiar propicia un sistema resiliente que distribuye las pérdidas en caso de even-

tos extremos por lluvia o calor, o ante la incidencia de plagas. Cuando se plantan frutales, los eventos lentos como la sequía tienen menor impacto en el suelo y los cultivos por el microclima que los árboles ayudan a establecer. Esta medida aporta en el incremento de la seguridad alimentaria de las familias y reduce la necesidad de insumos agrícolas para la producción. También garantiza la preservación de semillas endémicas y resilientes a cambios fenológicos.

Metodología de implementación:

1) Determinar el área de implementación tomando en cuenta el tamaño de la unidad familiar, el espacio disponible

y los hábitos de consumo. El tamaño estándar mínimo es de 42 m², en los cuales se pueden cultivar más de 25 variedades de plantas para un núcleo familiar de 6 personas. 2) Elaborar una lista de las hortalizas, frutales, tubérculos condimentos y plantas medicinales a cultivar. 3) Con esta lista realizar un diseño integrado, tomando en cuenta la distancia entre plantas, la asociación de cultivos, el acceso, el riego, el área de almácigos y el área de abonos. 4) Preparar el sustrato con una mezcla de abono (30%), tierra fértil (50%) y arena (20%) para lograr la humedad, el drenaje y la fertilidad requeridos. 5) Sembrar las hortalizas y demás cultivos, y darles cuidado y mantenimiento. La primera cosecha se obtiene en 3 meses.



Fuente: Adaptado de FAO (2000).



Insumos y costos:

Se calculan los costos para acondicionar y sembrar un huerto diversificado de 42 m². Los principales insumos son tierra fértil, almácigos, un sistema simple de riego, abonos orgánicos y herbicidas ecológicos. También se consideran cuatro días de capacitación para su correcta implementación.

Huerto familiar de 42 m ²	USD
Mano de obra	90
Materiales	1235
Capacitación	240
Total	1565

Beneficios económicos y ecosistémicos:

La FAO (2009) reporta que en Colombia, en un proyecto para producción de hortalizas en medios urbanos, fue posible lograr una cosecha promedio mensual de 20 kg en 10 metros cuadrados. Esto se tradujo en un ahorro de 42 USD al mes en la compra de alimentos. Por su parte, Altieri y Nicholls (2000) mencionan que huertos familiares observados en México y el Amazonas usan la tierra de manera altamente eficiente e incorporan una variedad de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento, cuya estructura y configuración en estratos se asemeja a la de un bosque tropical. Al satisfacer parte de los requerimientos de alimentación en sistemas intensivos como los huertos, se reduce la expansión de la frontera agrícola.

Limitantes:

Esta medida requiere de espacio cerca del hogar, exposición solar y fácil acceso. La familia debe estar motivada para instalar y dar mantenimiento al huerto, ya que requiere de mano de obra constante. Cuando la intención es generar ingresos adicionales, es necesario contar con acceso a mercados pues los productos son perecederos. La selección de es-

pecies debe realizarse con apoyo de un técnico o de un agricultor local con experiencia para establecer las rotaciones y los cultivos mixtos.

Lecciones aprendidas:

Se recomienda llevar una bitácora para registrar los problemas y soluciones puntuales que se presentan para cada cultivo, los insumos necesarios, los ciclos de siembra y cosecha, así como la relación de la producción y los precios de venta. Los sistemas diversificados aumentan su resistencia a plagas por medio del manejo de la fertilidad del suelo, la asociación de cultivos, la integración de malezas antagonistas de insectos y otras medidas preventivas.

Consideraciones adicionales:

Se ha observado un mayor éxito de esta medida cuando está a cargo de mujeres y jóvenes, quienes normalmente pasan mayor tiempo en el hogar. También se ha aplicado con buenos resultados en escuelas y en el contexto urbano, como en huertos de traspatio o azoteas verdes. Esta medida está estrechamente relacionada con prácticas para el control de plagas, el manejo del suelo y la producción de abonos orgánicos.

Unidad de seguimiento:

Huertos instalados (#). Área cultivada en huertos familiares (m²).

Unidad de impacto:

Ahorro económico o ingresos adicionales (\$/familia). Productividad (t/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

FAO (2009). *Agricultura urbana y peri-urbana da frutos: Huertas para autoconsumo generan ahorros para familias de bajos recursos*. Comunicado de prensa del 1 de julio de 2009. Santiago de Chile. Disponible en: www.fao.org/co/comunicado_huertas_lac.pdf. | ADRA Perú (2009). *Producción de hortalizas en biohuertos familiares* | FAO (2000). *Mejorando la nutrición a través de huertos familiares*. Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe. | Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

19

INVERNADEROS

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Un invernadero es una estructura cerrada, cubierta con materiales translúcidos, dentro del cual se crean las condiciones óptimas de clima, riego, control de plagas, suelo fértil y ventilación apropiada que permiten alcanzar una alta productividad en menos tiempo, a un bajo costo y con menor impacto ambiental. Las variables climáticas dentro del invernadero se controlan por medio de diversos dispositivos y materiales como malla-sombra, ventanas y aperturas, ventilación forzada, humidificadores, entre otros. La forma de la estructura y el material con que se cubre pueden variar según los fines específicos a los que se destina el invernadero (por ejemplo, germinación).

Lugar de aplicación:

Se deben considerar los siguientes aspectos en el terreno para la instalación de un invernadero: la fertilidad (valorar condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo); la capacidad de drenaje; la disponibilidad de agua para riego y cercanía de la fuente; las vías de acceso; la adecuada ventilación, tomando en cuenta la dirección de los vientos; la luminosidad (evitar ubicarlo cerca de árboles altos); la pendiente del terreno (es ideal una topografía plana) y la orientación (buena radiación solar).

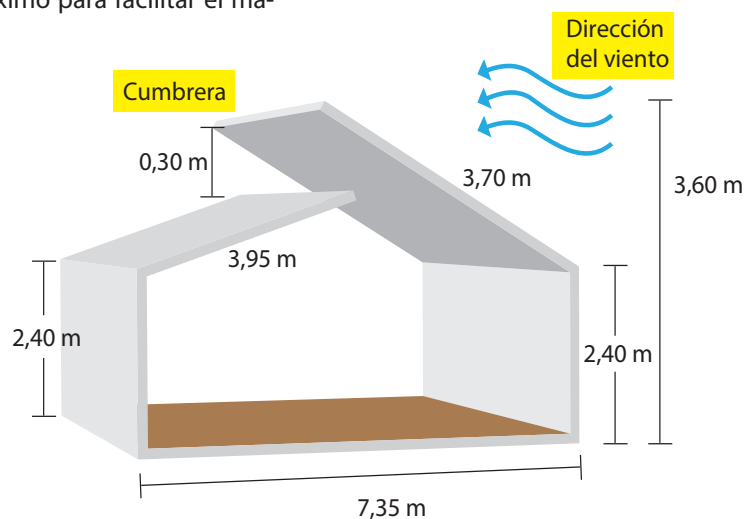
Amenazas e impactos que atende:

Dado que generan un espacio con el microclima adecuado al cultivo, los invernaderos disminuyen el efecto de cambios en patrones de lluvia, vientos fuertes, granizo, heladas y calor extremo. Con ello se incrementa la productividad, se evitan pérdidas de cosechas y daños a cultivos y se mejora la seguridad alimentaria.

Metodología de implementación:

1) Ubicar el invernadero de acuerdo con las consideraciones descritas arriba y las características del cultivo. 2) Dimensionar con anchura de 10 a 12 m y longitud de 60 m como máximo para facilitar el ma-

nejo del cultivo. La apertura fija mínima en la cumbre debe ser de 30 a 40 cm de forma que permita la ventilación adecuada. 3) Armar la estructura y forrarla con la cubierta. Para la estructura se puede usar madera, guadua, hierro, acero galvanizado, aluminio, PVC o una mezcla de estos materiales. 4) Instalar cortinas móviles en las fachadas frontales y laterales para regular la humedad relativa con base en un monitoreo constante de las condiciones climáticas. 5) Preparar las camas de cultivo y sembrar.



Fuente: Barrios (2004).



Insumos y costos:

Construcción de 500 m² de invernadero para tomate. El principal gasto es en la compra de materiales, particularmente los rollos de polietileno para la cubierta y las tablas y postes para la estructura. La mano de obra para la instalación también es un rubro que demanda recursos económicos. Se consideran tres días de capacitación para la operación y mantenimiento del invernadero.

Invernadero de 500 m ²	USD
Mano de obra	240
Materiales	3023
Capacitación	180
Total	3443

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Un invernadero permite aumentar los rendimientos de los cultivos a través de ciclos vegetativos más cortos y mejorar su calidad mediante una atmósfera interior controlada. En cultivos de tomate se ha logrado triplicar los rendimientos al pasar de 40 t/ha, en terrenos a libre exposición en áreas tecnificadas, a 120 t/ha bajo invernadero (Jaramillo, 2006). Con base en estos rendimientos, el sistema cotizado arriba podría producir 6 toneladas de tomate en cada ciclo de cultivo. Otros beneficios son la preservación de la estructura y de los nutrientes del suelo. Al estar en un ambiente protegido, el suelo permanece firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias o el viento.

Limitantes:

Requiere una alta inversión inicial, altos costos de operación y personal calificado. Es necesario el monitoreo constante de las condiciones ambientales internas para un mejor control de plagas y enfermedades. La expansión de una plaga o enfermedad dentro del invernadero puede dañar toda la producción en 24 horas, lo que usualmente no sucede en

cultivos a cielo abierto. Las lluvias y vientos fuertes, así como el granizo, pueden dañar el material de la cubierta.

Lecciones aprendidas:

Los cultivos bajo invernadero generalmente tienen mayor valor en el mercado por su mejor apariencia, peso y tamaño ya que crecen bajo condiciones óptimas de desarrollo. Se piensa que los cultivos en invernadero no son afectados por insectos o enfermedades, lo cual es falso. El ambiente interno es altamente propicio para la propagación de plagas. La forma y el modelo del invernadero deben ajustarse a las condiciones económicas de cada productor; los materiales deben ser durables y de fácil mantenimiento.

Consideraciones adicionales:

El calentamiento global ha causado que en los invernaderos se presenten temperaturas muy elevadas, haciendo necesaria la creación de nuevos modelos, más amplios en su interior, con mayor área de ventilación y la necesidad de mayores controles fitosanitarios del cultivo. Es importante dar mantenimiento a la estructura y cubierta regularmente e inspeccionar el invernadero antes de la temporada de lluvias o vientos. Para ser

considerados como opción de adaptación basada en ecosistemas, los invernaderos deben implementarse junto con otras medidas como abonos orgánicos, riego por goteo o manejo integrado de nutrientes.

Unidad de seguimiento:

Área de invernaderos construidos (m²).

Unidad de impacto:

Producción (t/ha). Costo de operación (\$/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Escobar, H. y Lee, R. (2002). *Producción de tomate bajo invernadero*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, Colciencias. | Jaramillo, N., J. E., et al. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero*. Boletín técnico no. 21. Corpoica. Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. | Barrios, O. (2004). *Construcción de un Invernadero*. Fundación de Comunicaciones, Capacitación y Cultura del Agro FUCOA. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.



20

LOMBRICOMPOSTA

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

La lombricomposta resulta del proceso de degradación de material orgánico bajo condiciones controladas que, mediante la acción conjunta de lombrices del género *Eisenia* (generalmente lombriz californiana *Eisenia fetida*) y microorganismos, produce un abono natural rico en nutrientes. Las lombrices actúan sobre un sustrato compuesto por residuos orgánicos, estiércol, tierra pobre y paja. El objetivo es satisfacer la proporción requerida de carbono y nitrógeno (relación C:N) para su correcta descomposición. Además de aportar nutrientes al suelo, la lombricomposta agrega materia orgánica y mejora su estructura, lo que tiene efectos en fertilidad, capacidad de infiltración y retención de humedad.

Lugar de aplicación:

Se puede producir lombricomposta en cualquier zona rural, urbana o periurbana que genere una cantidad considerable de desechos orgánicos domésticos o agrícolas. El estiércol es un insumo óptimo así que el proceso puede asociarse a prácticas agropecuarias. Se puede establecer en cualquier rango altitudinal, pero necesita adecuaciones en lugares con temperatura media inferior a 15°C. Se requiere un escaso acceso al agua.

Amenazas e impactos que atiende:

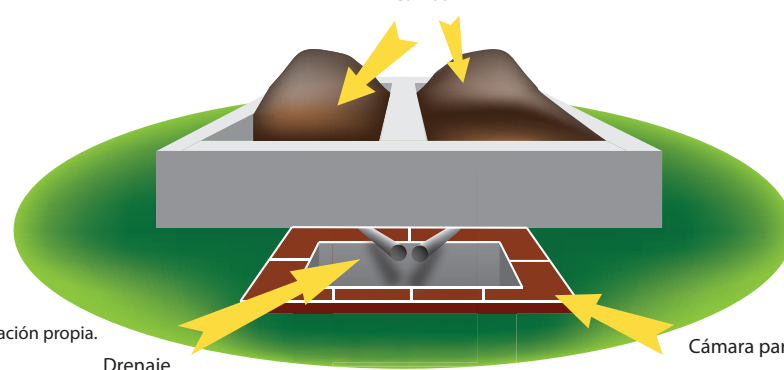
La aplicación de lombricomposta a suelos pobres frena su proceso de deterioro y aumenta considerablemente su productividad. Esto minimiza la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas y aumenta la seguridad alimentaria. La lombricomposta atenúa el efecto de cambios bruscos de temperatura en cultivos y acondiciona el suelo para ser más resiliente a sequías y cambios en patrones de lluvias. La mejora en la estructura del suelo por el uso de lombricomposta lo hace también menos propenso a la erosión.

Metodología de implementación:

1) Calcular el tamaño y número de camas necesarias según la producción de es-

tiércol y residuos. 2) Construir las camas de cultivo (paredes de ladrillo y piso de concreto armado) con una pendiente del 3% y un sistema de canalización al fondo. Armar un invernadero sobre las camas en caso de ser necesario. 3) Agregar a la cama una mezcla de 2/3 de sustrato y 1/3 de lombricomposta madura. Añadirlo al extremo de la cama contrario a la ubicación del registro. 4) Agregar 1 kg de lombriz por cada 50 kg de mezcla al iniciar el proceso. 5) Humedecer a "prueba de puño". 6) Airear mediante volteo. 7) Añadir paulatinamente la mezcla de sustrato al mismo extremo del contenedor, empujando la lombricomposta madura hacia el extremo opuesto. 8) Repetir el proceso. 9) A los 45 días retirar la lombricomposta madura. 10) Cribar la lombricomposta y aplicarla o empaclarla para su venta.

Camas



Fuente: Elaboración propia.

Drenaje

Cámara para lixiviados



Insumos y costos:

Se presentan los costos para construir un sistema de producción de lombricomposta de dos camas, cada una de 6 m de largo, 1,2 m de ancho y 0,5 m de alto. Las camas se construyen de mampostería e incluyen una tapa. Los principales insumos se relacionan con el material de construcción, tierra fértil para inoculación, lombricomposta madura, lombrices y un recipiente para lixiviados. Se incluye el costo del invernadero por si es necesario. Sólo se considera la mano de obra para construcción, no la del mantenimiento y operación. Se consideran dos días para capacitación. Este sistema requiere como mínimo un promedio de 6 m³ de residuos orgánicos al mes y produce aproximadamente 4 m³ de composta en el mismo periodo, lo cual equivale a 3 t de abono seco para aplicación.

Dos camas de lombricomposta de 7 m² cada una

	USD
Mano de obra	255
Materiales *	1567
Capacitación	120
Total	1942
* Total más construcción de invernadero	3442

Beneficios ecosistémicos y económicos:

La aplicación sistemática de lombricomposta restaura suelos pobres e infértiles. La lombricomposta sólida y líquida producida es un abono orgánico de alta calidad y un sustituto al uso de fertilizantes químicos. Con datos de Maccio (2011) se estima que para sustituir la aplicación de 180 kg de urea por hectárea de cultivo se necesita un rango de 3-5 t/ha de lombricomposta. Si la composta se produce en la finca, dicha sustitución resultaría en un ahorro mensual de aproximadamente 30 USD/ha. Si el objetivo es la venta, la producción estándar mensual de 1 tonelada de lombricomposta sólida y 20 kg de lombriz por cama puede generar un ingreso aproximado de 450 USD en dicho periodo. Esto pone en evidencia que no es rentable reemplazar los fertilizantes sintéticos por orgánicos si se compran en vez de producirlos *in situ*.

Limitantes:

La lombricomposta requiere de una humedad constante cercana al 80% y una temperatura de entre 15 y 25°C. Es ne-

cesario contar con sesiones de capacitación previas a la ejecución de la medida para saber controlar las condiciones del proceso y garantizar un producto de calidad constante. Se requiere de un periodo de tres meses antes de que las lombrices estabilicen la producción. En climas tropicales las hormigas rojas pueden disminuir o incluso anular la producción al atacar a las lombrices.

Lecciones aprendidas:

Para sistemas comunitarios de lombricomposta es necesario designar un grupo responsable que se encargue de la operación y mantenimiento. Los residuos deben inspeccionarse antes de ser añadidos y evitar aquellos de origen animal o con demasiados cítricos. No pueden usarse estiércoles de animales enfermos o en tratamiento con antibióticos.

Consideraciones adicionales:

El tamaño y número de camas se diseña para el volumen de residuos generados por mes, considerando que se requieren 20 000 lombrices por m³ de sustrato, que

cada lombriz consume 1 g de compuesto al día y que el volumen se reduce a 60% del inicial (López Torres, 2012). En el caso de lombricomposta para desechos orgánicos domiciliarios debe cuidarse que éstos guarden una relación C:N de 17:33.

Unidad de seguimiento:

Lombricomposta sólida y líquida producida (kg/mes y L/mes, respectivamente).

Unidad de impacto:

Superficie de suelo restaurado o de cultivo abonado (ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

López Torres, A. (2012). *Evaluación de cinco densidades poblacionales y dos fuentes de alimentación en la producción de lombricomposta y carne de lombriz roja californiana (Eisenia fetida)*. Tesis (Ingeniería Agronómica), Universidad de El Salvador. | Maccio, M. et al. (2011). *Aprovechamiento de un fertilizante Alternativo para la Caña de Azúcar en Predios de Superficie Reducida*. Tucumán: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA.



21

MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

El manejo forestal sostenible promueve el desarrollo de las comunidades locales, al mismo tiempo que conserva la biodiversidad, captura carbono y puede incluso eliminar la deforestación y restaurar la cobertura forestal. Esto se logra a través de prácticas como extracciones de impacto reducido, respeto a las áreas de conservación, protección de árboles semilleros, censo y mapeo de árboles comerciales, protección contra incendios y promoción de la regeneración natural del bosque (podas selectivas y aclareos). Se basa en el reconocimiento de la tenencia de la tierra, el buen uso y manejo de los recursos, así como la participación y el compromiso de las comunidades (CCMSS, 2010).

Lugar de aplicación:

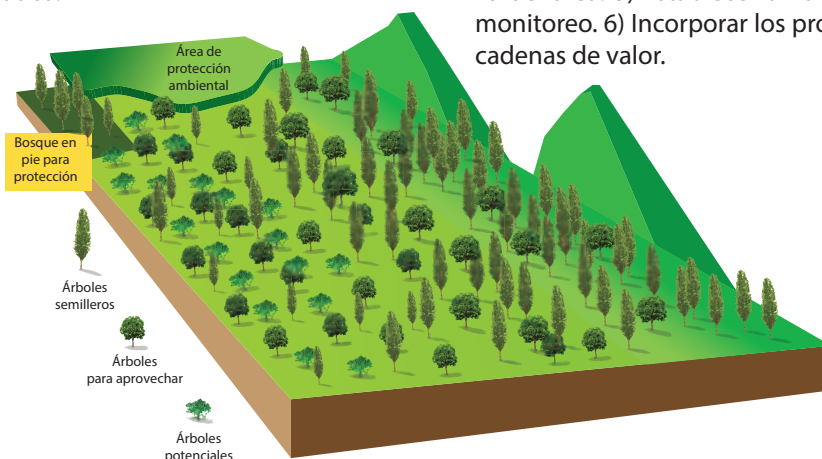
Es de particular interés en comunidades y regiones forestales donde se pueda implementar e impulsar el uso sostenible y la conservación comunitaria de los bosques. En especial, aplica a zonas con pequeños bosques degradados y regiones con tasas altas de deforestación donde se pretenda revalorizar el recurso forestal.

Amenazas e impactos que atiende:

El manejo forestal sostenible reduce el impacto en personas, cultivos y ecosistemas de heladas, sequías, vientos fuertes, inundaciones, deslizamientos, lluvias intensas, cambios en patrones de lluvias, extremos de calor e incendios forestales, debido a la variedad de servicios ecosistémicos que prestan los bosques conservados. Entre ellos destacan la regulación climática e hídrica, la generación de suelo, prevención de erosión y el reciclaje de nutrientes. Además, la captura y el almacenamiento de CO₂ en los bosques apoyan en la mitigación del cambio climático.

Metodología de implementación:

1) Identificar el área a manejar y establecer los derechos de uso entre la comunidad. 2) Hacer un mapeo del terreno y realizar un inventario forestal para determinar las áreas productivas (bosque alto y medio), las de protección (ríos, caminos) y las de regeneración (zonas degradadas). 3) Determinar las existencias maderables actuales y potenciales (existencia de regeneración natural). 4) Diseñar el plan de manejo forestal con base en la clasificación de especies por grupo comercial, las especies a aprovechar, el ciclo de corta y la división administrativa del área. 5) Establecer un sistema de monitoreo. 6) Incorporar los productos a cadenas de valor.



Fuente: Adaptado de Guzmán (2012).



Insumos y costos:

Costo anual aproximado del mantenimiento y manejo de una superficie de 10 ha de bosque. Los principales gastos se relacionan con la mano de obra para realizar el mantenimiento, aclaramiento, limpieza y corte. Se contemplan 15 días de capacitación sobre mapeo e inventario, gestión comunitaria, cadenas productivas, prácticas de conservación y elaboración del plan de manejo.

Manejo forestal sostenible 10 ha/año	USD
Mano de obra	3225
Materiales	1610
Capacitación	900
Total	5735

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los beneficios de los servicios ecosistémicos y de biodiversidad como provisión (alimento, agua, energía, materias primas, recursos genéticos), regulación (climática, hídrica, prevención de la erosión) y culturales (recreación, turismo) generados por 1 ha de bosque tropical se han valorado económicamente en más de 16 mil dólares, con un valor promedio de 6120 dólares del 2007 (TEEB, 2009). En términos económicos los principales beneficios son la creación de empleo directo formal y la distribución de las ganancias del manejo forestal comunitario hacia los hogares. La extracción, el procesamiento y la comercialización de productos forestales resultan en ingresos anuales de entre 1000 y 2000 USD por socio en las empresas forestales comunitarias (Sabogal, 2008). Generalmente estos ingresos son adicionales a los obtenidos por las actividades productivas individuales.

Limitantes:

El manejo forestal sostenible requiere certidumbre en la tenencia de la tierra y capacidad de organización de las comunidades. Es necesario contar con apoyo de ingenieros forestales para elaborar los planes de manejo y de capacitación para

generar empresas productivas comunitarias. La falta de conocimiento sobre esta alternativa orienta a los dueños de tierras comunitarias hacia opciones poco rentables desde el punto de vista social y ambiental, lo cual da la falsa imagen de que del bosque no se puede vivir.

Lecciones aprendidas:

El manejo forestal sostenible crea las condiciones necesarias para desarrollar equidad económica, paz social y justicia, democratizar el poder y mejorar el manejo de ecosistemas forestales. La experiencia en México muestra que, con los apoyos pertinentes, las comunidades rurales pueden manejar complejos procesos industriales, administrativos y comerciales. Además, existen diversos productos no maderables que pueden ser aprovechados y comercializados como miel, resina, hongos y tierra, entre otros.

Consideraciones adicionales:

Algunos aspectos organizacionales que han permitido hacer más eficiente el manejo forestal sostenible son el establecimiento de consejos comunitarios de vigilancia forestal y la institucionalización de una administración profesional, con apoyo preferencial a gente joven para que adquiera la capacitación necesaria (Brady y

Merino, 2004). La certificación forestal del Forest Stewardship Council (FSC) es una herramienta útil de posicionamiento, diferenciación y valoración de productos en el mercado. La madera que porta su sello se produce bajo principios de sustentabilidad ambiental y equidad social, con criterios diferenciados para plantaciones y conservación de bosques naturales. El público objetivo es el de consumidores responsables.

Unidad de seguimiento:

Superficie bajo manejo forestal sostenible (ha).

Unidad de impacto:

Producción de madera (m³). Ingresos por trabajador (\$). Superficie conservada (ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (2010). *El Manejo Forestal Sostenible como Estrategia de Combate al Cambio Climático: Las Comunidades nos Muestran el Camino*. | Brady D. B. y Merino L. (2004). *La experiencia de las comunidades forestales en México: Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias*. México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). | Sabogal, C. et al. (ed.) (2008). *Manejo forestal comunitario en América Latina Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro*. Brasil: Centro para la Investigación Forestal Internacional, CIFOR. | The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2009). *TEEB Climate Issues Update*. September. Disponible en <http://www.teebweb.org>.



22

MANEJO INTEGRADO DE NUTRIENTES

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

El manejo integrado de nutrientes es una técnica que busca el aumento de la producción agrícola y la protección de los agroecosistemas. Consiste en incorporar a las plantas nutrientes y materia orgánica a través del uso balanceado de abonos orgánicos y verdes, así como fertilizantes minerales. De esta forma se evita la aplicación excesiva de fertilizantes sintéticos y la consecuente contaminación de cuerpos de agua, además del empobrecimiento del suelo.

Lugar de aplicación:

Esta medida es útil en lugares donde la capa fértil del suelo presente muestras de agotamiento o degradación, en especial por la aplicación excesiva de fertilizantes. Se recomienda ampliamente en sitios agrícolas aledaños a cuerpos de agua superficiales para reducir o eliminar el lixiviado de agroquímicos. También debe considerarse como alternativa en suelos con alta exposición a la erosión hídrica o eólica.

Amenazas e impactos que atiende:

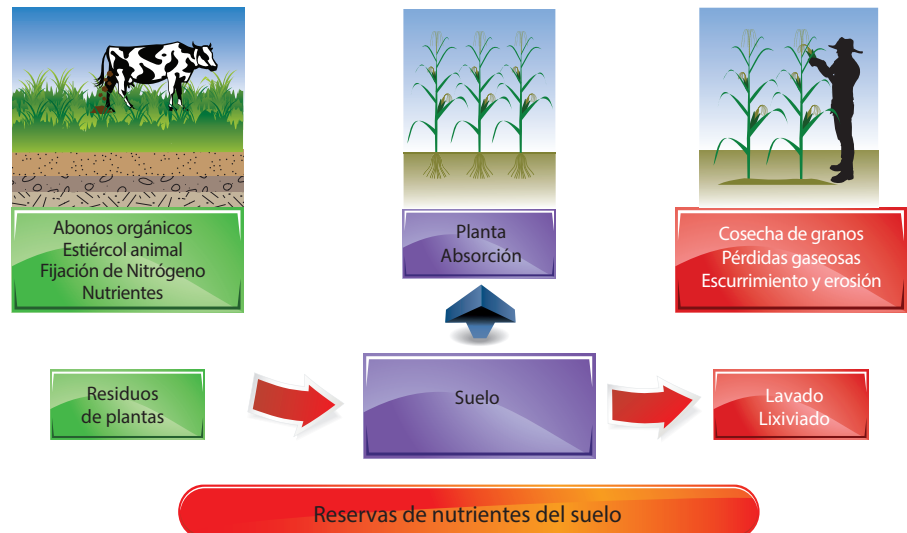
El aumento de la eficiencia en el consumo de nutrientes atenúa los impactos de cambios fenológicos e incrementa la productividad, lo cual aumenta la seguridad

alimentaria. Al mejorar la estructura del suelo, éste se vuelve más resiliente ante lluvias intensas, sequías y erosión. El uso de fertilizantes orgánicos, en lugar de los sintéticos que se producen con hidrocarburos, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático.

Metodología de implementación:

1) Hacer una valoración agronómica de la finca (cultivos adecuados a las caracte-

terísticas del suelo). 2) Identificar los factores limitantes en el balance de nutrientes. 3) Establecer las fuentes y selección de los tratamientos correctivos para la pérdida de nutrientes. Por ejemplo, para pérdidas por lixiviación se emplean cultivos de cobertura. 4) Aplicar enmiendas orgánicas (composta, humus, estiércol) y micronutrientes al suelo. 5) Establecer un plan de monitoreo del uso y aplicación de los abonos para evaluar resultados y equilibrar la fertilidad del suelo.



Insumos y costos:

Implementación del manejo integrado de nutrientes en 1 ha de terreno. Los costos incluyen abonos orgánicos y abonos verdes, además de fertilizantes minerales y labores culturales para su aplicación. Se asumen dos días de capacitación.

Manejo integrado de nutrientes, 1 ha	USD
Mano de obra	315
Materiales	1390
Capacitación	120
Total	1825

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Estudios sobre los beneficios de la fertilización balanceada y enmiendas orgánicas en maíz, trigo y soja encontraron incrementos del ingreso bruto en la producción del orden de 1293 USD/ha. Este aspecto no solo aumentó el rendimiento por unidad de área, sino que generó efectos residuales sobre las siguientes cosechas, hallándose producciones superiores, frente a un testigo, del orden de 2204, 559, y 1031 kg/ha para maíz, trigo y soja respectivamente (Fixen y García, 2006). El manejo integrado de nutrientes contribuye a la conservación del suelo y del agua, reduciendo las pérdidas de nutrientes causadas por lixiviación y escorrentías y evitando procesos de eutrofización. Por ejemplo, en el sistema lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio (Colombia) se promueven incentivos económicos del orden de 1300 USD/ha para mejorar el manejo de nutrientes y otras prácticas en el cultivo de la papa. Se busca revertir así la eutrofización en las lagunas, con un costo de inversión

del orden de 21 millones de USD para un total de 16 933 ha de cultivo de papa (Moreno, 2007).

Limitantes:

La evaluación eficiente de los requerimientos de nutrientes es indispensable para planificar el uso adecuado de las fuentes de abonos orgánicos y enmiendas al suelo. El manejo integrado de nutrientes requiere de conocimiento experto y capacitación para que sea efectivo. El cambio de prácticas hacia una agricultura con menor dependencia de productos químicos a menudo encuentra resistencia.

Lecciones aprendidas:

El manejo integrado de nutrientes precisa de sincronización entre la demanda nutricional del cultivo y la fertilización del suelo. Por ejemplo, el fraccionamiento de las aplicaciones de nitrógeno durante el ciclo de crecimiento en lugar de una sola aplicación de toda la dosis antes de la siembra es una práctica efectiva para incrementar la eficiencia de su uso.

Consideraciones adicionales:

No todo el fertilizante aplicado es absorbido por los cultivos. Los remanentes de nitrógeno y fósforo que llegan a cuerpos de agua, a través de escorrentías, provocan su eutrofización: las aguas claras se enturbian, el oxígeno disminuye, los peces mueren y el ecosistema se deteriora. Por ello, la conservación del suelo y el uso eficiente de los nutrientes reduce algunos impactos de la agricultura sobre el medio ambiente.

Unidad de seguimiento:

Superficie cultivada bajo esquemas de manejo integrado de nutrientes (ha).

Unidad de impacto:

Aumento de la producción (t/ha). Reducción de los costos de fertilización (\$/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Moreno Díaz, C. (2007). *Instrumentos de política diseñados de manera participativa y enfocados hacia la conservación de los servicios ambientales en la laguna de Fúquene con base en su valor económico*. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. | Fixen, P. y García, F. (2006). "Decisiones efectivas en el manejo de nutrientes... mirando más allá de la próxima cosecha". *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, no. 32, Argentina, diciembre, pp. 1-7. INPOFOS. | Gruhn, P., Goletti, F. y Yudelman, M. (2000). "Manejo integrado de nutrientes, fertilidad del suelo y agricultura sostenible: problemas actuales y futuros retos" en *Visión 2020* (Resumen 2020), no. 67, Washington, septiembre.



23

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

El manejo integrado de plagas se desarrolla combinando diferentes prácticas agrícolas: rotación de cultivos, control mecánico y control biológico, reemplazando de esta manera el uso de pesticidas, herbicidas y otros insumos químicos (Garming y Waibel, 2005). Se puede realizar en cualquier modelo de producción agrícola y su ámbito de aplicación es amplio pues puede ser implementado en toda clase de cultivos (hortalizas, frutales, cereales, legumbres y forestales, entre otros). Se utiliza información integral sobre los ciclos de vida de las plagas así como sobre su interacción con el medio ambiente para combatirlas con recursos disponibles en la finca.

Lugar de aplicación:

Se puede implementar en cualquier región productiva, pero es de mayor interés en sitios donde los cambios en temperatura y precipitación esperados incrementen la probabilidad de incidencia y aparición de diferentes tipos de plagas y enfermedades. Por ejemplo, el manejo integrado de plagas es una alternativa en las zonas cafetaleras de Perú y Colombia donde las afectaciones por la roya están provocando pérdidas significativas.

Amenazas e impactos que atiende:

El manejo integrado de plagas es una alternativa viable y eficaz para disminuir los potenciales daños a cultivos por especies oportunistas que aprovechan cambios en patrones de lluvia o temperatura para propagarse. Reduce la necesidad de mayores insumos agrícolas al usar métodos alternativos de control. Al combinarse con otras medidas ayuda a incrementar considerablemente la productividad.

Metodología de implementación:

1) Identificar y diagnosticar el problema a tratar (una o dos plagas). 2) Contar con información sobre la biología, dinámica poblacional, hospederos, daños a cultivos y enemigos naturales. 3) Establecer prácticas preventivas como plantas atrayentes y repelentes. 4) Preparar y aplicar herbicidas y pesticidas ecológicos. 5) Implementar control biológico y mecánico. 6) Llevar un monitoreo continuo de plagas y enfermedades que surgen, así como una bitácora de resultados de los métodos empleados.



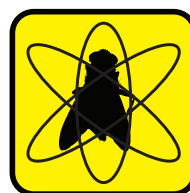
Control
mecánico-cultural



Control
ecológico



Control
orgánico



Control autocida
Técnica del
Insecto Estéril



Control biológico



Control
legal

Insumos y costos:

Costos para el manejo integrado de plagas en 1 ha de tomate en invernadero, con base en controles biológicos, mecánicos y ecológicos. Los principales insumos son la elaboración de herbicidas y pesticidas ecológicos, la siembra de plantas repelentes, compra de trampas y mano de obra para labores culturales. Se consideran tres días de capacitación.

Manejo integrado de plagas, 1 ha	USD
Mano de obra	345
Materiales	1000
Capacitación	180
Total	1525

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Con el manejo integrado de plagas se reduce la aplicación de pesticidas tóxicos, lo que beneficia la salud humana y el ambiente. En un estudio de la Universidad de Cornell se usó un índice de impacto ambiental para comparar la aplicación tradicional de pesticidas en mosca blanca con prácticas de manejo integrado de plagas en cultivos de tomate y papa. Para el tomate se encontró que el valor del índice se redujo de 73,4 a 7,21 y para la papa de 57,75 a 2,44, lo cual representa una disminución significativa del impacto ambiental en ambos casos. Otro estudio sobre el control de la mosca blanca en hortalizas describe una reducción en el número de aplicaciones de pesticidas del 36%. Así mismo, se ha reportado un beneficio económico adicional de 2402 USD/ha en tomate y 3168 USD/ha en ají, y una tasa interna de retorno de 47% y 45%, respectivamente (Ortiz y Pradel, 2009).

Limitantes:

Es importante que el agricultor conozca la biología y el comportamiento de la plaga para poder tomar decisiones apropiadas en el manejo, lo cual requiere capacitación y asistencia técnica. De igual manera, las medidas deben adaptarse a condiciones locales, ya que los controles biológicos se basan en el fomento de los enemigos naturales de las plagas. La introducción inapropiada de especies para control biológico puede tener severas consecuencias en el ecosistema. Por ejemplo, Zimmermann *et al.* (2007) muestran el caso de la palomilla del nopal, (*Cactoblastis cactorum*) que en Australia se usó como control biológico para erradicar el cactus exótico *Opuntia lasiocanta*, pero la palomilla llegó a México y está poniendo en riesgo la zona de mayor diversidad de opuntias en el mundo.

En el manejo integrado de plagas es esencial contar con evaluaciones periódicas (semanales) debido a que las poblaciones de insectos son dinámicas y distintos factores determinan su incremento o decremento. Por ejemplo, una plaga puede propagarse por su propia biología y reproducción o por cambios ambientales (clima, crecimiento del cultivo o disminución de enemigos naturales).

Lecciones aprendidas:

Es importante complementar las prácticas del manejo integrado de plagas con otros elementos como el manejo de la finca y conocimiento técnico del cultivo. Por ejemplo, en ciertas etapas de desarrollo las plantas son más vulnerables a cierto tipo de plagas y el conocimiento de estos ciclos permite identificar tratamientos específicos.

Consideraciones adicionales:

Superficie bajo manejo integrado de plagas (ha).

Unidad de seguimiento:

Incremento en rendimientos (t/ha). Reducción de gasto en pesticidas (\$/año).

Unidad de impacto:

Proyecto MEbA
Oficina de Coordinación
+507 305 3166
meba@pnuma.org
<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Garming, H. y Waibel, H. (2005). *Análisis económico del Programa CATIE-NORAD MIP/AF*. Germany: Pesticide Policy Project Publication Series, University of Hannover, Development and Agricultural Economics, Faculty of Economics and Management, Special Issue no. 10 | Ortiz, O.; Pradel, W. (2009). *Guía introductoria para la evaluación de impactos en programas de manejo integrado de plagas (MIP)*. Perú: Centro Internacional de la Papa, CIP, p. 60. | *¿Qué es manejo integrado de plagas?*, Granja Ecológica en línea. Disponible en: <http://granjaecologicaenlinea.com/que-es-manejo-integrado-de-plagas/> | Zimmermann H., Bloem S. y Klein H. (2007). *Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal Cactus cactorum*. México: FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture.

24

MUROS DE CONTENCIÓN NATURAL

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Los muros de contención natural son estructuras construidas con materiales locales y algunos otros elementos que proporcionan estabilidad al terreno e incrementan su capacidad de contener el desplazamiento de suelo al modificar su talud natural. Su construcción puede estar conformada por gaviones (en zonas de alto grado de infiltración) o por combinaciones de material rocoso y arcilloso, acomodado y compactado para ejercer una fuerza de empuje contraria a la de la tierra y de resistencia a la erosión. Con esto se logra estabilizar la ladera. Representa una alternativa al muro de hormigón, cuyos costos económicos y ambientales son significativos.

Lugar de aplicación:

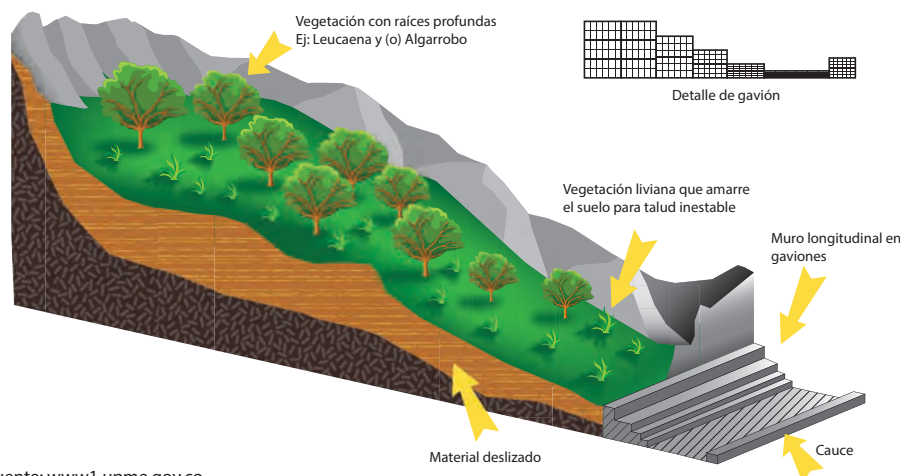
Esta medida es apta para sitios en donde las viviendas, áreas de trabajo y pastoreo se encuentren en riesgo de presentar deslizamientos: por ejemplo, laderas con pendientes mayores a 50%. Se construyen normalmente en sitios con suelos erosionados y riberas de cauces naturales en riesgo por el propio flujo del río o por grandes avenidas de agua pluvial.

Amenazas e impactos que atende:

La función principal de estas estructuras es evitar deslizamientos masivos y daños a infraestructura. La contención del suelo de laderas permite el establecimiento de una cubierta vegetal y con ello reduce la erosión por lluvia y viento. Al ser estructuras permeables, los muros de contención natural promueven la infiltración de agua y ayudan a conservar la humedad del suelo, lo que reduce el impacto de sequías.

Metodología de implementación:

- 1) Realizar el diseño del muro con el apoyo de un profesional calificado, tomando en cuenta pendiente, cantidad de suelo a retener, intensidad media de las lluvias, tipo de suelo y coeficiente de escurrimiento.
- 2) Proyectar la dimensión del muro de contención sobre la ladera.
- 3) Realizar los cortes necesarios al terreno para facilitar el ingreso de materiales ya sea en vehículo de carga o manualmente.
- 4) Armar los gaviones con piedra y malla ciclónica.
- 5) Construir el muro.
- 6) Dar mantenimiento anual para garantizar su correcto funcionamiento.





Insumos y costos:

Se estima el costo para construir un muro de gaviones de 200 m³. Los principales insumos son la mano de obra y los materiales de construcción como la malla ciclónica. Se asume que la piedra es comprada, pero este gasto puede disminuir significativamente si se usan materiales locales. Fueron considerados cinco días para el mantenimiento anual y dos días de capacitación sobre el método constructivo.

Muro de contención con gaviones de 25 m de largo (200 m³)

USD

Mano de obra	2370
Materiales	4675
Capacitación	120
Total	7165

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los muros de contención natural protegen de deslizamientos al suelo y su cobertura vegetal, los cuáles pueden ser considerados como dos pilares de los servicios ecosistémicos. Si se asume de manera conservadora que un muro de 25 m de largo puede contener al menos 3000 m² de terreno en riesgo y se usa la fracción correspondiente del valor reportado en el TEEB (2009) sobre servicios ecosistémicos de bosque, se concluye que el muro estaría protegiendo un valor cercano a 2 mil dólares al año. Si el terreno fuera para producción de hortalizas, la cifra podría ascender a 45 mil dólares anuales de acuerdo con rendimientos típicos y el valor actual en el mercado. Los muros favorecen, además, el establecimiento de especies vegetales, mejorando la supervivencia de plántulas y evitando así la erosión.

Limitantes:

No se pueden construir sobre laderas de suelo arenoso. Para muros de contención de piedra deben utilizarse piedras de tamaños mayores a 30 cm. En caso de que el muro se vaya a construir en un lecho rocoso, es conveniente realizar un anclaje con varilla corrugada. Los costos de cons-

trucción son altos y se requiere de conocimiento técnico especializado para su diseño.

Lecciones aprendidas:

Una medida como la construcción de muros de contención generalmente va acompañada de prácticas de conservación de suelos, restauración y reforestación como parte de una estrategia amplia de reducción de riesgos y recuperación de funcionalidad ecológica. Se recomienda remover la vegetación asentada sobre el muro por lo menos una vez al año para garantizar su integridad. Al construir el muro se debe considerar la instalación de tubos y canales de drenaje para permitir el desalajo de escorrentías que pongan en riesgo su estabilidad.

Consideraciones adicionales:

Para minimizar costos de construcción se sugiere utilizar material natural (rocas, tierra) del sitio. En zonas húmedas, con precipitaciones superiores a 700 mm y cuyo suelo es altamente permeable, es necesario construir los muros a base de gaviones. En caso de ser posible, se recomienda construir estacados sobre la ladera para distribuir el peso sobre la estructura.

Unidad de seguimiento:

Distancia lineal de muros construidos (m).

Unidad de impacto:

Área de producción y viviendas protegidas (m² y #, respectivamente).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Acuña, M. et al. (2012). *Informe-Exposición: Estructuras de Contención*: Ficha 258055. Centro de Desarrollo Empresarial y Agroindustrial. | Fernández Reynoso, D. et al. (2009) *Catálogo de Obras y Prácticas de Conservación de Suelo y Agua*. Estado de México: Colegio de Postgraduados, CP/ SAGARPA. | UPME. Unidad de Planeación Minero Energética: <http://www1.upme.gov.co/>.



25

PERMACULTURA

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

La permacultura, o agricultura permanente, promueve sistemas de producción y vivienda sustentables con tres fundamentos básicos: cuidado de la Tierra, cuidado de las personas y retorno de excedentes. Se implementan técnicas productivas alternativas (agricultura orgánica, cultivos diversificados con animales, conservación de recursos) de manejo del paisaje (reservorios de agua, terrazas, restauración) y de vivienda ecológica (captación de agua pluvial, filtros de aguas residuales, energía renovable). El manejo del espacio y los sistemas considera los insumos y excedentes de cada componente, en relación con los demás elementos del diseño, para establecer sinergias.

Lugar de aplicación:

El conjunto de técnicas de la permacultura es útil en fincas que buscan integrar componentes productivos y de vivienda en un proyecto de negocio sustentable; por ejemplo para granjas orgánicas o agroturismo. Se puede implementar en todo tipo de suelos, particularmente en aquellos que hayan perdido fertilidad o estén erosionados. Es recomendable tener acceso a mercados cercanos o un público meta identificado para comercializar los productos.

Amenazas e impactos que atiende:

Con la permacultura se pueden atender, en conjunto, diversas amenazas e impactos del cambio climático, ya que incrementa la resiliencia de manera integral. Las medidas de implementación ecológica aumentan la productividad y la seguridad alimentaria, diversifican la producción y el ingreso, ahorran agua, reducen la necesidad de insumos agrícolas, evitan erosión, además de aumentar suelo y cobertura vegetal. Todo ello disminuye el impacto de extremos de calor, cambios en patrones de lluvia, sequía y lluvias intensas, entre otros.

Metodología de implementación:

1) Con el apoyo de un experto, desarrollar el diseño y plan de implementación, basados en las características del sitio (topografía, suelo, clima, cultivos viables,

acceso a mercados, recursos disponibles). 2) Realizar las prácticas seleccionadas y las adecuaciones de paisaje conforme al plan. 3) Dar seguimiento a las medidas implementadas. Como el diseño de permacultura incorpora distintas prácticas y técnicas a largo plazo, se presenta un ejemplo de medidas asociadas, en este caso, para maximizar el aspecto productivo y económico. En la práctica se establecerían en conjunto con manejo de paisaje y vivienda sustentable.

Año 1: Restauración de suelos, agricultura orgánica y lombricomposta

Año 2: Apicultura y banco de semillas resilientes

Año 3: Invernadero con sistema de riego





Insumos y costos:

Se calcula la integración de distintas técnicas bajo un diseño de permacultura en una hectárea por un periodo de tres años. Los costos de cada componente en la tabla se obtuvieron sumando los montos del material y la mano de obra de la ficha respectiva (p.ej. acondicionamiento de suelos) ajustados en proporción al área ocupada o número de unidades en el sistema. La capacitación se cotiza por separado de forma integral.

Componentes de un proyecto de permacultura de tres años en 1 ha	Año	USD
Acondicionamiento de suelos 0,5 ha	1	603
Agricultura orgánica 0,5 ha	1	885
Construcción de una cama de lombricomposta de 7 m ²	1	911
Banco de semillas de 100 kg	2	937
Apicultura 10 colmenas	2	1229
Invernadero de 500 m ² con sistema de riego	3	4795
Capacitación	1-3	3600
Total	1-3	12960

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Reduce el riesgo de pérdida de cosechas y productividad ante cambios fenológicos al obtener más de 25 productos comercializables por hectárea. La incidencia de plagas en los sistemas con policultivos es menor que en los monocultivos. Por ejemplo, en una recopilación de 209 estudios sobre los efectos de la agrobiodiversidad en la incidencia de insectos herbívoros, se encontró que, de las 287 especies analizadas, el 52% era menos abundante en sistemas diversificados que en monocultivos (Andow, 1991). En un artículo sobre la posibilidad del pico mundial del fósforo y sus consecuencias en la agricultura convencional, Rhodes (2013) destaca el papel de la permacultura en ayudar a equilibrar el ciclo de este elemento esencial. Por su parte, King (2008) identifica que estos sistemas contribuyen a incrementar la resiliencia ecológica y comunitaria por sus características de aumento de biodiversidad, autosuficiencia, establecimiento de redes de intercambio y oportunidades de nichos de mercado. En experiencias de implementación se ha observado una reducción de 30% en el gasto de fertilizantes y pesticidas por hectárea.

Limitantes:

El cambio de enfoque para hacer sistemas resilientes con producción sustentable no es fácil de lograr. Por ejemplo, técnicas como la restauración de suelos son generalmente vistas como una inversión que no se recupera en el corto plazo, aunque sus efectos sean significativos en la estabilidad general del sistema. La implementación deficiente de técnicas por falta de conocimiento sobre su adecuado desarrollo, o la omisión de considerar todo el sistema en conjunto, puede resultar en pérdidas en vez de beneficios.

Lecciones aprendidas:

Los sistemas son más eficientes cuando se enfocan en implementar soluciones a escala humana, con el uso de recursos locales y modificando el paisaje sólo para recuperar funciones de soporte. Los conceptos de autorregulación y retoolimentación propuestos por la permacultura pueden resultar valiosos en las estrategias de adaptación basada en ecosistemas. Se recomienda contar con el apoyo de un experto durante el diseño y la construcción de las intervenciones, así como asesoría puntual para garantizar su correcto funcionamiento.

Consideraciones adicionales:

En América Latina y el Caribe existe una amplia red de fincas desarrollando sistemas agrícolas y de vivienda con principios de permacultura. Éstas sirven como modelos adaptativos para replicar experiencias en condiciones climáticas y sociales distintas. La creación de sistemas productivos sustentables precisa que sus componentes estén estrechamente ligados, lo cual sólo se logra mediante la correcta ubicación de plantas, animales, movimientos de suelo, infraestructura y caminos, entre otros.

Unidad de seguimiento:

Proyectos con diseño de permacultura (#, ha).

Unidad de impacto:

Aumento en la productividad (% , t/ha). Ecosistemas conservados o regenerados (#, ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

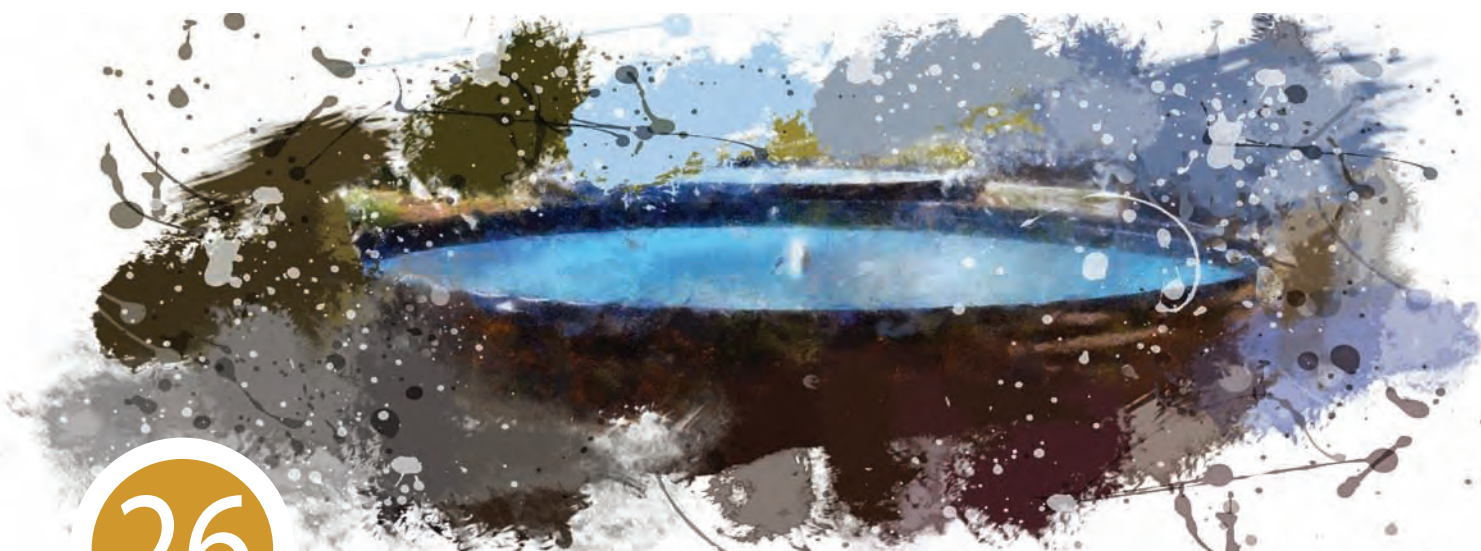
+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Mollison, B. y Holmgren, D. (1978). *Permaculture One: A Perennial Agriculture for Human Settlements*. Melbourne: Transworld. | Mollison, B. (1988) *Permaculture: A designers' Manual*. Canada: Tagari publications. | Rhodes, C. (2013). "Peak phosphorus - peak food? The need to close the phosphorus cycle". *Science progress*, vol. 96, no. 2. | King, C. (2008). "Community Resilience and Contemporary Agri-Ecological Systems: Reconnecting People and Food, and People with People". *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 25, no. 1, pp. 111-124. | Andow, D. (1991). "Vegetational Diversity and Arthropod Population Response". *Annual Review of Entomology*, vol. 36, pp. 561-586. | Altieri, M. (1999). "The Ecological Role of Biodiversity in Agroecosystems". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, no. 74, pp. 19-31.



26

PISCICULTURA

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

La piscicultura es un sistema de producción de especies acuáticas, generalmente peces Tilapia del género *Oreochromis*, en tanques superficiales de agua que pueden ser construidos con diferentes técnicas y materiales según la región. Los sistemas son de sencilla construcción y operación, y representan una fuente de ingresos y alimentos nutritivos. Los tanques pueden, o no, incluir sistemas de aireación mecánica y bombeo. Otra especie cotizada por su alto valor nutricional y comercial es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), pero su manejo requiere de mayor espacio y una fuente constante de agua corriente de buena calidad para mantener las cantidades óptimas de oxígeno disuelto para su crecimiento. Para su cría se construyen tanques rectangulares y alargados para recibir flujo continuo de ríos vecinos.

Lugar de aplicación:

Los sistemas de piscicultura se implementan preferentemente en sitios cuya altitud sea menor a 2800 m, con temperaturas medias anuales superiores a los 12°C y buena disponibilidad de agua. Pueden instalarse en espacios de 35 m² en adelante. Son ideales para regiones con baja concentración de proteína y

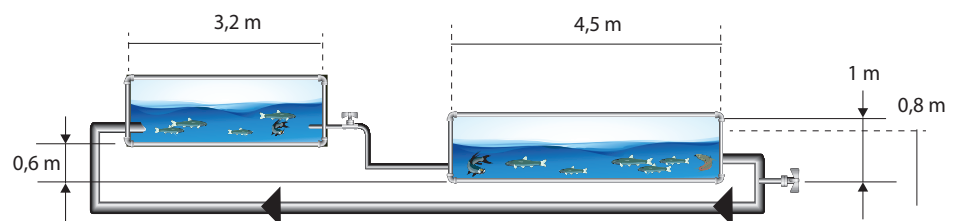
fósforo en la dieta diaria, proyectos de agroturismo o ecoturismo o donde se busque diversificar ingresos y producción. Se recomienda tener acceso a mercados o un público meta identificado.

Amenazas e impactos que atiende:

Esta medida contribuye al mejoramiento de la dieta diaria de las familias, lo cual incrementa la seguridad alimentaria. Los tanques funcionan como reservorios para riego en tiempo de estiaje y los nutrientes contenidos en el agua ayudan a fertilizar cultivos, disminuyendo la necesidad de insumos agrícolas. La diversificación hacia productos piscícolas representa una alternativa ante eventuales pérdidas de productividad agrícola.

Metodología de implementación:

1) Contar con asesoría para determinar la especie a cultivar y calcular requerimientos de consumo y potencial de producción. 2) Excavar o colocar tanques, según sea el caso. 3) Definir el sistema de bombeo de recirculación de agua o de oxigenación en caso de ser necesario. 4) Construir el sistema. Se deben construir o colocar dos tanques para el crecimiento de las especies seleccionadas. Para tilapia, uno de ellos (de 3,2 m de diámetro por 1 m de altura) se destina a los pies de cría y el otro (de 4,5 m de diámetro por 1 m de altura) se orienta a la engorda. 5) Aprovechar el agua residual para cultivo por flujo continuo. Es decir, ingresar nueva agua al sistema y drenar el agua de la base del tanque continuamente, procurando reutilizar el agua y evitar así la contaminación de cuerpos de agua cercanos.



Fuente: Elaboración propia.

Insumos y costos:

Construcción de dos tanques de agua de geomembrana y acero a cielo abierto de 4 y 8 m³ de capacidad, para una producción máxima de 300 kg/m³ anuales. Los principales costos provienen de materiales para la instalación como el sistema de bombeo solar, la geomembrana, una lámina de acero y tuberías. Los costos del alimento orgánico para los peces y la mano de obra para la construcción del sistema también son significativos. Se consideran tres días de capacitación sobre la operación y mantenimiento del sistema.

Piscicultura, dos tanques de 4 y 8 m ³	USD
Mano de obra	255
Materiales	2024
Capacitación	180
Total	2459

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Esta medida evita la introducción de especies exóticas para piscicultura extensiva en cuerpos de agua superficial y los subsecuentes impactos, tanto en la estructura trófica del ecosistema lacustre como en el contenido de nutrientes del agua. Por ejemplo, Figueredo y Gianni (2005) reportan aumentos de hasta 260% y 540% en las concentraciones de nitrógeno y fósforo, respectivamente, en un reservorio después de la introducción de tilapia. En cambio, ese aumento es benéfico en los sistemas cerrados si el agua residual del proceso se utiliza como abono para el campo y ayuda a disminuir el consumo de agroquímicos (1 m³ sustituye aproximadamente 1 kg de fertilizantes sintéticos). La piscicultura ofrece una alternativa de diversificación de ingresos: con datos de Saavedra-Martínez (2006) se estima que el sistema cotizado arriba puede producir 3600 peces o 3,5 toneladas anuales, que si se venden a un precio promedio de 1,47 USD generarían una utilidad de 0,37 USD/pez y un ingreso adicional de por lo menos 140 USD mensuales.

Limitantes:

Se requiere acceso a pie de cría de calidad y alimento orgánico, además de contar con una superficie regular. La incidencia solar debe ser mayor a cuatro horas por día. Los cambios bruscos de temperatura pueden influir en el desarrollo de los peces y por lo tanto en la producción total. En zonas en donde se alcanzan temperaturas de congelación es necesario construir invernaderos de protección.

Lecciones aprendidas:

Se debe tener cuidado de que el agua residual de las tinas no contamine cuerpos de agua superficial. En particular, para la cría de truchas es importante monitorear la calidad del agua al salir del sistema, antes de incorporarla al flujo de ríos o arroyos. Por ello se recomienda que el volumen de alimento utilizado en los tanques sea consumido en su totalidad por los peces en cría y tratar el agua en caso de ser necesario.

Consideraciones adicionales:

Es indispensable contar con la asistencia de un especialista en piscicultura para evaluar la sostenibilidad del proyecto así

como seleccionar las especies y el diseño más conveniente. El consumo de energía por bombeo disminuyen si existe una diferencia de altura mínima de 35 cm entre los tanques. La tilapia puede alcanzar un rango de peso de 0,4 a 0,6 kg en un periodo de 6 a 9 meses, mientras que la trucha alcanza 0,3 kg en un periodo de 7 a 12 meses.

Unidad de seguimiento:

Sistemas en operación (#). Capacidad de producción instalada (kg/mes).

Unidad de impacto:

Aumento en ingresos obtenidos (\$/mes). Familias con tanques de piscicultura (#).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Saavedra-Martínez, M. (2006). *Manejo del cultivo de Tilapia*. Nicaragua. Disponible en: http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf. | Martínez-Pardo, X. (2009). *Evaluación del cultivo de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus) y tilapia roja (Oreochromis sp.) en diferentes sistemas intensivos de cultivo en Colombia*. CENIACUA. Disponible en: http://www.ceniagua.org/archivos/may_15_08/Ximena_Martinez_Pardo.pdf. | Figueredo, C. y Gianni, A. (2005). "Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil)". *Freshwater Biology* vol. 50, n. 8 pp. 1391–1403. | FAO (2005). Programa de información de especies acuáticas. *Oncorhynchus mykiss*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es#tcNA008C.

27

PRESAS FILTRANTES

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Las presas filtrantes son obras permeables de contención que se construyen en cárcavas, de forma perpendicular al flujo de agua, para disminuir la velocidad del escurrimiento; reducir la erosión hídrica; retener sedimentos, y favorecer la infiltración. Pueden construirse con troncos, piedras acomodadas o gaviones (celdas de malla de 5x7cm rellenas de piedra y amarradas entre sí). El material a utilizar depende de la disponibilidad local y del tamaño de la cárcava. Los sedimentos deben extraerse regularmente y pueden usarse en obras de estabilización de laderas o, si tienen alto contenido de materia orgánica, para mejorar tierras de cultivo.

Lugar de aplicación:

Se construyen en zonas con cualquier tipo de clima y vegetación que presenten problemas de erosión hídrica. Son particularmente útiles en sitios áridos y semiáridos en estado avanzado de erosión, en los que se distingan cárcavas y se pretenda recuperar el potencial productivo. Se recomiendan cuando el arrastre de materiales de la parte alta de la cuenca es elevado y pone en riesgo viviendas, cultivos o infraestructura. Es importante ubicar las presas lo más cerca posible de la fuente de sedimentos.

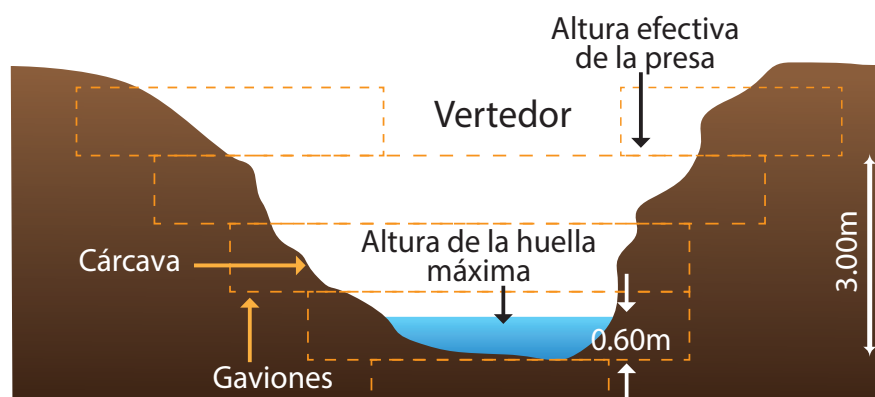
Amenazas e impactos que atiende:

Al aminorar la velocidad de la escorrentía y retener sedimentos, las presas filtrantes controlan la erosión y reducen el potencial de inundaciones o aludes aguas abajo, y los consecuentes daños a cultivos. La mayor infiltración que se logra aumenta la humedad del suelo y recarga acuíferos, disminuyendo el efecto de sequías y extremos de calor. La aplicación de materia orgánica retenida ayuda a incrementar la fertilidad de suelos agrícolas, mejorando su productividad.

Metodología de implementación:

1) Con apoyo de un especialista, elegir la cárcava a controlar, tomando en cuenta

el potencial productivo de los terrenos aguas abajo, la ubicación de estructuras hidráulicas y las condiciones físicas de la cuenca. 2) Seleccionar el material de construcción de la presa de acuerdo con las características de la cárcava (piedra o troncos para cárcavas pequeñas y gaviones para las grandes). 3) Dimensionar la presa y el vertedor de acuerdo con el tamaño de la cárcava, la pendiente y el volumen de escorrentía anual. 4) Limpiar, trazar y nivelar. 5) Excavar para realizar el desplante y empotramiento. 6) Compactar el terreno en la base y paredes. 7) Armar y colocar el material. 8) Extraer los sedimentos dos veces al año y aplicarlos en suelos pobres o laderas inestables.



Fuente: SAGARPA (2010).



Insumos y costos:

Construcción de tres represas pequeñas de gaviones (con volumen total de 90 m³) a 500 m de distancia entre sí, sobre una cárcava de 5 m de ancho y 2 m de profundidad. Los principales costos provienen de la compra de piedra y malla ciclónica para los gaviones, además de la mano de obra para construcción. Se consideran dos días de capacitación sobre el método constructivo, operación y mantenimiento de la estructura.

Presas filtrantes de gaviones (90 m³)

USD

Mano de obra	1215
Materiales	2040
Capacitación	120
Total	3375

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Un estudio del Banco Mundial (2006) estima que los costos anuales promediopor erosión y salinización de suelos agrícolas en Perú se encuentran entre 1200 y 1300 soles por hectárea (un promedio de aproximadamente 450 USD/ha). Las presas filtrantes pueden contribuir significativamente a la reducción de estos costos, pero aún se requieren más datos. Una presa filtrante de 1 m de altura puede retener hasta 21,5 m³ de material (SAGARPA, 2010). Los depósitos de materia orgánica pueden usarse para mejorar suelos, lo cual contribuye a mayor productividad, seguridad alimentaria e ingresos. Por ejemplo, con la aplicación del volumen de materia orgánica citado, se podrían sostener tres huertos familiares con ahorros en compra de alimentos del orden de 1440 dólares anuales. Esta medida favorece la infiltración del agua al subsuelo, que en suelos restaurados llega a ser de 5 mm/hr (FAO, 1988).

Limitantes:

En regiones altas, donde no hay accesos vehiculares o veredas para subir el material, se deberán construir presas de mate-

rial acomodado. Las presas filtrantes de gaviones son costosas y no se recomiendan para cárcavas pequeñas. La construcción de presas de gaviones requiere de asesoramiento técnico para garantizar un dimensionamiento adecuado y la estabilidad de la estructura. Las presas de otros materiales son más baratas, pero no se pueden emplear en cárcavas grandes y son de menor durabilidad.

Lecciones aprendidas:

Para garantizar el control de la erosión se recomienda implementar obras complementarias de conservación de laderas como zanjas bordo, drenajes, terrazas de absorción y restauración de suelos, pastos y bosques nativos. Se debe dar mantenimiento y desazolve al menos dos veces por año, justo antes y al término de la temporada de lluvias.

Consideraciones adicionales:

Las presas de troncos o piedra acomodada se recomiendan para cárcavas tipo V y de flujos menores a 1 m/s. Las de troncos se recomiendan para el control de cárcavas pequeñas y angostas (de profundidad menor a 1 m) y su altura efectiva no debe exceder 1,5 m. Las de piedra se recomiendan para cárcavas pequeñas o

medianas (de profundidad entre 1 y 5 m), con una pendiente moderada y no deben exceder los 3 m de altura efectiva. Las presas de gaviones se usan para cárcavas mayores a 2 m de profundidad.

Unidad de seguimiento:

Presas filtrantes construidas (#). Superficie de erosión atendida (m²).

Unidad de impacto:

Áreas de aprovechamiento productivo generadas (m²). Volumen de sedimentos recuperado (m³).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

SAGARPA (2012). "Presas Filtrantes" en *Fichas Técnicas sobre Actividades del Componente de Conservación y Uso Sustentable del Suelo y Agua (COUSSA)*. México. | FAO (1988). "Irrigation Water Management: Irrigation Methods" en *Irrigation Water Management (Training Manual No. 5)*. Roma. | FAO (2000). "Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos" en *Boletín de Tierras y Aguas de la FAO No. 8*, Roma. | World Bank (2006). *Republic of Peru. Environmental Sustainability: A Key To Poverty Reduction in Peru. Country Environmental Analysis vol. 2 (Full Report)*.



28

RESERVORIOS PARA AGUA DE LLUVIA

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

Son pequeñas presas y depósitos artificiales construidos con el objetivo de almacenar agua. Estos estanques reciben el aporte de escorrentías superficiales de cuencas con algunas decenas de hectáreas. Normalmente los reservorios se ubican en terraplenes y se usan para riego y como abrevaderos para el ganado, pero también pueden ser utilizados por fauna silvestre o para combatir incendios forestales. La construcción se realiza de preferencia con materiales del sitio, y el horizonte impermeable se puede establecer con arcilla compactada o instalando una geomembrana de polietileno de alta densidad. Se dimensionan con base en el área de siembra, los requerimientos del cultivo, la cantidad de lluvia anual, la superficie de la cuenca y la duración de la temporada seca.

Lugar de aplicación:

Son útiles en zonas con temporadas largas de sequía estacional e ideales en suelos limosos y arcillosos de baja productividad o suelos con un horizonte impermeable. Se pueden instalar en terrenos degradados o erosionados por escorrentías pluviales, en lomeríos con pendientes menores a 30° o terrenos sin productividad agrícola.

Amenazas e impactos que atiende

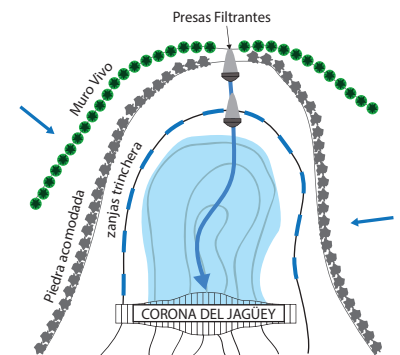
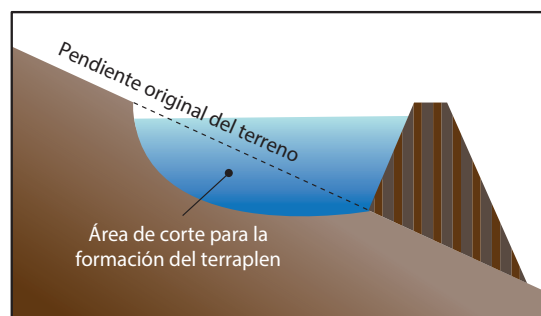
Disminuyen el impacto de sequías y ondas de calor en los cultivos y el ganado. Aumentan la disponibilidad de agua y prolongan los periodos de cultivo, lo cual se traduce en una mayor productividad local y seguridad alimentaria.

Metodología de implementación:

Se trata de construir muros para contener el agua en cuencas o terrenos con poca pendiente. Los muros o bordos de tierra del reservorio se construyen con el material extraído del sitio para formar la cuenca superficial. Si no se tiene un horizonte impermeable se debe contemplar

la instalación de una membrana plástica.

- 1) Calcular la demanda de agua requerida durante el tiempo de sequía estacional, tomando en cuenta al ganado, los requerimientos de riego y un excedente para atención a incendios o contingencias hídricas.
- 2) Seleccionar terrenos de baja productividad agrícola con poca pendiente.
- 3) Obtener información sobre precipitación y escurrimiento para determinar la capacidad de almacenamiento y captación, además de aspectos de seguridad.
- 4) Realizar obras de excavación y compactación y demás trabajos adicionales (presas filtrantes, toma, descarga de fondo y vertedero).
- 5) Dar mantenimiento anual removiendo el material azolvado.



Insumos y costos:

Cálculo para un reservorio superficial de 500 m³, asumiendo uso de materiales locales y un horizonte impermeable. Los principales gastos surgen de la compra de malla ciclónica y piedra, de los análisis de suelo, escurrimiento y precipitación, así como de la renta de maquinaria. La mano de obra para construir las obras adicionales también tiene un costo significativo. Se considera la compra de plantas para retener el suelo circundante. Se contemplan cinco días de mantenimiento anual y tres días de capacitación.

Reservorio para agua de lluvia de 500 m ³	USD
Mano de obra	1850
Materiales	2560
Capacitación	180
Total	4590

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los reservorios funcionan como fuente de agua para especies locales y apoyan la restitución de ciclos biológicos por el aumento en la humedad relativa y el mayor acceso al agua. También favorecen el establecimiento de un microclima, sobre todo si las obras se acompañan con acciones de revegetación. Ayudan a incrementar la productividad en los terrenos cercanos al permitir el riego de cultivos. Un reservorio de 500 m³ puede atender la necesidad de agua de 80 animales de ganado vacuno o hasta 2500 m² de cultivo de hortalizas durante el tiempo de estiaje. En tal periodo y superficie se pueden cosechar 60 000 plantas, cuya venta en el mercado a 0,6 USD por unidad equivaldría a un ingreso anual de 3000 a 5000 USD. El costo de la inversión se recupera en uno o dos años (SAGARPA2009).

Limitantes:

Los suelos con alta permeabilidad pueden encarecer la construcción. En zonas donde el arrastre del material por la escorrentía es alto, deberá combinarse con otra medida de manejo hidráulico como

presas filtrantes, lo cual incrementa el costo de la obra. En casos particulares se requiere bombeo, por ejemplo cuando los terrenos de cultivo están lejos o en una cota superior a la del reservorio. Su implementación necesita de una superficie considerable para coleccionar el agua así como para formar el reservorio. El diseño y construcción requieren de supervisión técnica especializada para garantizar el buen funcionamiento hidráulico.

Lecciones aprendidas:

La calidad del agua almacenada mejora si se realizan obras adicionales para filtrar las escorrentías y disminuir el aporte de sedimentos (p. ej. presas filtrantes y restauración de suelos). La cuenca de captación para el llenado del reservorio se determina de forma que maximice el aporte de agua y minimice el arrastre de material. El material azolvado debe extraerse por lo menos una vez al año.

Consideraciones adicionales:

Generalmente se busca tener una relación mínima de 10:1 entre el volumen de aporte de la cuenca y el del reservorio para que la construcción sea costeable y

no se impacte a los ecosistemas aguas abajo. En zonas de alta irradiación solar y fuertes vientos los reservorios deberán ser más profundos para disminuir la evaporación. Es necesario realizar acciones de control de mosquitos y vectores, sobre todo cuando el nivel del agua es bajo.

Unidad de seguimiento:

Reservorios construidos (#). Capacidad instalada de almacenamiento (m³).

Unidad de impacto:

Área irrigada (ha). Animales atendidos (#).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2011). *Manual de diseño y construcción de pequeñas presas*. Uruguay | SAGARPA. (2009). *Catálogo de Obras: Ollas de Agua, Jagüeyes, Cajas de Agua o Aljibes*. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos Para el Desarrollo Rural.



29

RESTAURACIÓN DE SUELOS

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Acciones de regeneración de los ciclos naturales del suelo mediante revegetación con especies rastreras y arbustivas, reforestación con especies arbóreas nativas, así como trabajos de contención con estacados. El objetivo es dar estabilidad al suelo e incrementar los aportes de materia orgánica que ayudan a su restablecimiento. Cuando el suelo presenta altos grados de erosión y degradación, y la pendiente es mayor a 25%, se utilizan también geomallas. La restauración de suelos se desarrolla de acuerdo con las condiciones biológicas y edafológicas particulares del sitio, lo cual también determina la selección de especies a utilizar. Estas plantas se obtienen de viveros locales para asegurar su adaptabilidad y salvaguardar la diversidad genética endémica.

Lugar de aplicación:

Esta medida es específica para la recuperación de suelos pobres, degradados o con baja permeabilidad. Se utiliza en zonas deforestadas o erosionadas, con riesgo de deslave, pero también es útil en los límites de áreas conservadas para amortiguar los impactos de la expansión de la frontera agropecuaria. Puede aplicarse en fincas ganaderas con suelos

compactados para mejorar su estructura y fertilidad.

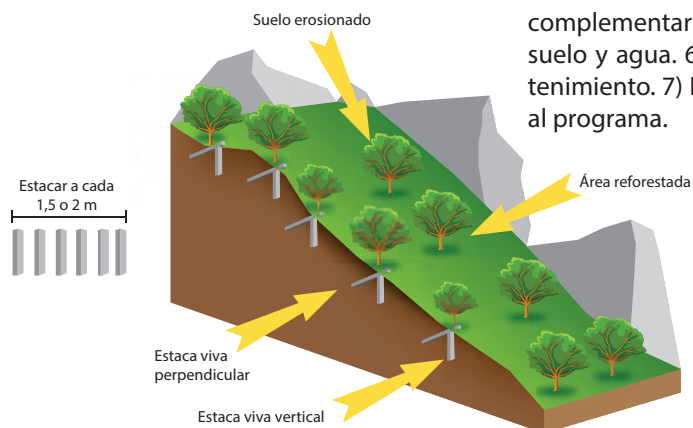
Amenazas e impactos que atiende:

Al reconstituir el suelo se aumenta su capacidad de infiltración, lo que recarga mantos acuíferos y aumenta la disponibilidad de agua. El mayor contenido de humedad ayuda a establecer especies arbustivas y arbóreas que con sus raíces retienen suelo y evitan erosión y deslizamientos. Los árboles generan un microclima que disminuye los efectos de heladas, cambios bruscos de temperatura, vientos fuertes, extremos de calor, granizo y lluvias intensas sobre cultivos o ecosistemas. El conjunto de procesos de regulación de temperatura y humedad

en el suelo y el aire reduce el potencial de sequías.

Metodología de implementación:

- 1) Hacer un diagnóstico del estado del suelo y formular el programa de restauración con apoyo de un técnico.
- 2) Establecer especies pioneras para incrementar la estabilidad y contenido de materia orgánica del suelo.
- 3) Clavar estacas vivas de especies nativas arbóreas, de alrededor de 1.2 m, en los taludes con erosión severa y reforzarlas con estacas perpendiculares a la pendiente del terreno.
- 4) Reforestar con especies nativas de viveros locales o trasplantar retoños de áreas forestales aledañas cuando sea viable. Considerar una densidad media de 1200 árboles/ha.
- 5) Realizar acciones complementarias para la retención de suelo y agua.
- 6) Realizar tareas de mantenimiento.
- 7) Evaluar y dar seguimiento al programa.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Se presentan los costos para la restauración de 1 ha de terreno. Los principales gastos provienen de la mano de obra para los trabajos forestales, la compra de árboles de vivero, semillas, herramienta y geomalla, en caso de erosión extrema. Se asumen tres días de capacitación y cinco días de mantenimiento anual.

Restauración de suelos, 1 ha	USD
Mano de obra	1440
Materiales	1266
Capacitación	180
Total	2886

Beneficios ecosistémicos y económicos:

La pérdida de suelo por erosión en los ecosistemas terrestres en el mundo asciende a 75 mil millones de toneladas al año y la mayoría ocurre en tierras agrícolas (Pimentel y Kounang, 1998). Al proteger el suelo con plantas se obtienen múltiples beneficios: mejora de su calidad, humedad y fertilidad; incremento en flora y fauna; control de la erosión; captura de carbono; regulación de temperatura y agua, y mejora de la biodiversidad y productividad agrícola (Durán y Rodríguez, 2009). En un proyecto en Brasil establecieron viveros para la restauración de bosques tropicales degradados a un costo aproximado de 3500 USD/ha con varios de los beneficios citados arriba. El TEEB (2009) proyecta el valor presente neto a 40 años de los bosques restaurados en cerca de 105 000 USD/ha con una tasa de descuento del 1%. A corto plazo, las áreas restauradas ofrecen a las comunidades vecinas recursos naturales que apoyan su sostenibilidad.

Limitantes:

Existe poca información que valore de forma cuantitativa los beneficios de la restauración a corto plazo, lo cual puede

dar la falsa impresión de que no es importante, necesaria o rentable. Las especies seleccionadas deben surgir de un análisis previo del sitio, estar adaptadas a las condiciones climáticas locales y tener la calidad genética requerida. De no ser así, se puede perder la inversión o romper el equilibrio del ecosistema.

Lecciones aprendidas:

La reforestación debe llevar mantenimiento y seguimiento por al menos dos años para asegurar la supervivencia de los individuos plantados. Es un proceso a largo plazo con beneficios integrales para toda una comunidad así que se requiere participación y apropiación de los beneficiarios. Se debe cuidar que durante el proceso de restauración el área no sea colonizada por especies oportunistas de sitios degradados para permitir el desarrollo de especies locales y propias de zonas forestales saludables.

Consideraciones adicionales:

Se recomienda combinar esta técnica con obras complementarias como tinajas ciegas, zanjas-bordo, drenajes pluviales y terrazas para favorecer un buen manejo y control del agua y suelo, así como la supervivencia de la vegetación. Esta

medida idealmente se aplica de forma colectiva, pues, al tratarse de amplias extensiones de terreno, se realiza sin diferenciar límites de propiedad. El mantenimiento de los árboles reforestados disminuye dos años después de la siembra, pero se recomienda mantener los cuidados del área hasta que se establezcan los ciclos ecológicos propios de un bosque saludable.

Unidad de seguimiento:

Superficie de suelo restaurada (ha).

Unidad de impacto:

Habitantes beneficiados por acciones de restauración (#).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Rivera, J. y Sinisterra, J. (2005). *Restauración Social de Suelos Degradados por Erosión y Remociones Masales en Laderas Andinas del Valle del Cauca Colombia con la utilización de obras de Bioingeniería*. V Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas. Cali. | Vargas, O. (2007). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino*. 2ª ed. Universidad Nacional de Colombia | Durán, V. y Rodríguez, C. (2008). "Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review". *Agronomy for Sustainable Development* 28: 65–86. | Pimentel, D. y Kounang, N. (1998). "Ecology and soil erosion in ecosystems". *Ecosystems* 1, 416–426. | TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers (2009). Chapter 9: Investing in ecological infrastructure.

30

RIEGO POR GOTEO

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

El riego por goteo permite la utilización óptima de agua y abonos al localizar su aplicación en la zona de raíces de los cultivos. Esto se logra mediante un número variable de puntos de emisión, llamados goteros, y una alta frecuencia de aplicación, a través de caudales pequeños, a baja presión, lo que permite el ahorro de agua. Dicho ahorro se logra de dos maneras: al hacer que el agua percole en el suelo sin que se evapore o escurra y al proveer agua en la zona de raíces, justo donde las plantas la requieren. El sistema es de fácil diseño e instalación y generalmente está compuesto por la fuente de agua, la unidad de bombeo, la unidad de fertilización, filtros, la red de distribución y los goteros.

Lugar de aplicación:

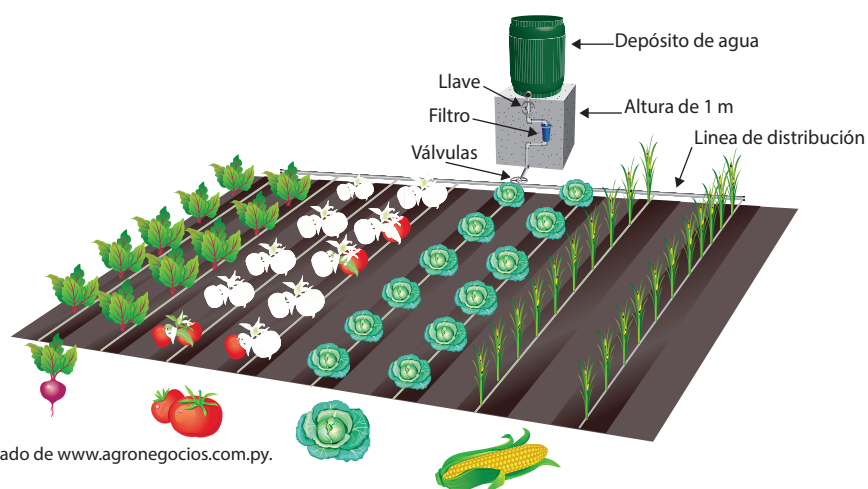
Este sistema de riego puede adaptarse a terrenos planos o con pendientes ya que no causa erosión. Es de particular interés en zonas con sequías estacionales prolongadas, en las que se construyan reservorios o que cuenten con fuentes de agua, y se busque incrementar la productividad o alargar los periodos de cultivo. En caso de existir suficiente diferencia de altura entre la fuente y el terreno, la distribución puede hacerse por gravedad en lugar de bombeo.

Amenazas e impactos que atiende:

Los efectos de las sequías, el calor extremo y los cambios en patrones de lluvia pueden ser aminorados por el sistema de riego por goteo debido al aprovechamiento eficiente que se hace del agua durante su distribución y aplicación. El ahorro de agua permite producir incluso en condiciones de menor disponibilidad, lo cual aumenta la seguridad alimentaria.

Metodología de implementación:

1) Identificar el cultivo y el área de la finca donde se va a implementar. 2) Analizar las características del suelo y la cantidad de agua requerida por el cultivo en cuestión. 3) Diseñar el sistema con ayuda de un técnico. 4) Realizar el montaje, que comprende la excavación de zanjas y tendido de la tubería, la construcción de casetas para los diferentes elementos (bombas, filtros, tanques de agua) e instalación de los goteros en los puntos de riego de la red. 5) Dar mantenimiento al sistema, teniendo especial cuidado en que los goteros no se obstruyan por sólidos suspendidos o disueltos en el agua.



Fuente: Adaptado de www.agronegocios.com.py.



Insumos y costos:

Se presentan los costos para la adecuación de una hectárea de terreno con riego por goteo. Los insumos principales son los materiales para la red de distribución, como la bomba, los sistemas de filtración y fertilización y la cintilla para riego. La mano de obra para instalación también es un rubro importante. Se asumen tres días de capacitación para la correcta operación y mantenimiento del sistema.

Riego por goteo, 1 ha	USD
Mano de obra	525
Materiales	4320
Capacitación	180
Total	5025

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Entre los beneficios ecosistémicos destaca la utilización eficiente del recurso hídrico. En los sistemas de goteo se ha logrado disminuir el consumo de agua hasta en un 70% frente a los sistemas de riego convencionales, debido a que las plantas reciben el requerimiento de agua exacto para un crecimiento óptimo (Fintrac, 2001). También se presenta un aumento en ingresos de hasta 35% por mejoras en la productividad debido a la utilización eficiente de los abonos o "fertirrigación"; es decir, el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego. Otro ejemplo es un estudio comparativo en cultivo de algodón donde encontraron que el margen bruto por hectárea era cerca de 60 USD mayor en el riego por goteo que la irrigación por aspersión, usando la misma dosis de fertilizante. El mismo estudio reporta que el riego por goteo aplicó efectivamente 27% más agua a las plantas que la aspersión convencional (Dippenaar *et al.*, 1997).

Limitantes:

La inversión inicial es alta debido a la cantidad de materiales que se deben adquirir, y si se requiere de un sistema

automatizado el precio se incrementa aún más. Una instalación inadecuada del sistema puede resultar en deficiencias de agua y un mal desarrollo de las raíces y las plantas, así que es importante contar con la asesoría de un técnico calificado. Existe un alto riesgo de obturación de los emisores y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Por ello es necesario incluir un sistema de filtración que dependerá de las características del agua utilizada.

Lecciones aprendidas:

Algunos productores han diseñado filtros a base de arena de bajo costo, hechos con materiales disponibles localmente. La cobertura del suelo con materia orgánica (restos de cosecha o abonos verdes) ayuda a conservar humedad además de proveer nutrientes adicionales al suelo, incrementando así la eficiencia del riego. Los mejores casos de éxito se dan cuando los agricultores tienen un conocimiento claro sobre las características técnicas del sistema y los requerimientos de agua del cultivo.

Consideraciones adicionales:

El sistema de riego por goteo puede complementarse con otras medidas

agrícolas como manejo integrado de plagas, manejo integrado de nutrientes, hidroponía y agricultura orgánica para incrementar la producción y el valor de los cultivos en el mercado. En particular, cuando se combina con la instalación de un invernadero, se obtiene un sistema productivo de alta eficiencia y competitividad en el mercado.

Unidad de seguimiento:

Sistemas instalados (#). Superficie con riego por goteo (ha).

Unidad de impacto:

Aumento en productividad (% t/ha). Reducción en consumo de agua (% m³).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Karmeli, D., Peri, G. y Todes, M. (1983). *Irrigation Systems. Design and Operation*. Oxford: Oxford University Press. | Keller, J. y Bliesner, R. (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. New York: Nostrand Reinhold. | FINTRAC (2001). *Programa de Riego por Goteo: resultados reales para personas reales*. Programa de riego por goteo del Centro de Desarrollo de Agronegocios, CDA. Honduras: FINTRAC, marzo. | Dippenaar, M., Barnard, C., Pretorius, M. (1997). "Yield and gross margin of cotton under drip and sprinkle irrigation". *Applied Plant Science* vol. 11, no. 1, pp. 7-12.

31

ROTACIÓN DE CULTIVOS

Escala	Individual
	Colectiva
Enfoque	Inversión
	Soporte

Descripción:

La rotación de cultivos consiste en producir especies vegetales en secuencia en un mismo lugar, alternando los productos de manera anual, bianual o trianual. Este sistema diversificado de producción evita la acumulación potencial de plagas, las enfermedades, y el agotamiento del suelo que suele ocurrir cuando se produce en cada ciclo agrícola el mismo cultivo (o cultivos de la misma familia). La secuencia de rotación se realiza de forma que los requerimientos de un cultivo sean complementarios a los del siguiente para mantener el balance de nutrientes en el suelo. Esta técnica se utiliza, en particular, para la siembra y cosecha de abonos verdes en complemento de los productos comerciales o de autoconsumo que se desean obtener.

Lugar de aplicación:

La rotación de cultivos puede hacerse en diversos tipos de suelo, rangos altitudinales y condiciones climáticas, pero se deben considerar las características particulares del sitio con respecto a los requerimientos nutrimentales de los cultivos y su interacción a la hora de alternarlos. Es de particular interés en suelos pobres, erosionados o agotados, que hayan perdido su fertilidad por el

mal manejo de fertilizantes sintéticos, la siembra recurrente del mismo cultivo o el incremento en intensidad de eventos climáticos.

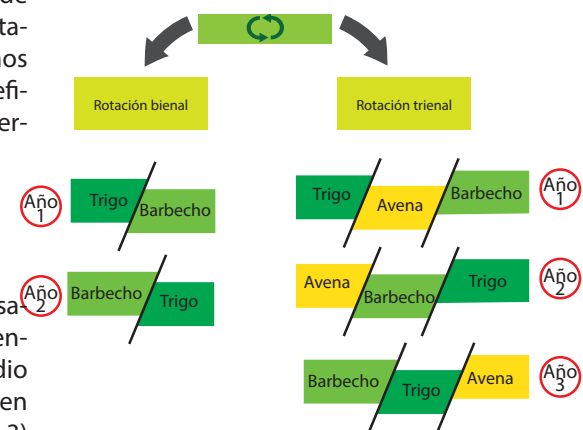
Amenazas e impactos que atiende:

Los cambios en patrones de lluvia, la sequía, las heladas y las lluvias intensas son amenazas que pueden ser manejadas en el mismo lugar de siembra, pero en diferentes momentos del año, con la rotación de cultivos resistentes a condiciones climáticas adversas. La rotación de cultivos aumenta la seguridad alimentaria y disminuye la necesidad de insumos agrícolas, además de ser una medida eficiente para el control de plagas y enfermedades.

Metodología de implementación:

- 1) Seleccionar la parcela donde se desarrollará la siembra de manera recurrente y sistemática.
- 2) Realizar un estudio que permita conocer la demanda en el mercado de cultivos potenciales.
- 3) Considerar la adaptación de los cultivos seleccionados a las condiciones de la finca, particularmente clima y suelos.
- 4) Evaluar la disponibilidad de recursos

económicos y tecnológicos (mano de obra, semillas, maquinaria). 5) Establecer rotaciones que permitan aprovechar al máximo los recursos de la finca, evitando sembrar plantas de la misma familia para romper ciclos de plagas y complementar requerimientos nutrimentales. 6) Sembrar cultivos de diferente sistema radicular para que hagan un uso eficiente de todas las capas del suelo en las diferentes rotaciones.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Sistema de rotación de maíz y frijol para 1 ha, incluyendo los insumos necesarios para fertilización y control de plagas. Los principales costos provienen de la mano de obra para labores culturales y de la producción de abonos orgánicos y pesticidas ecológicos. Se consideran tres días de capacitación para aprender cómo establecer rotaciones benéficas.

Rotación de cultivos (maíz y frijol) en 1 ha

USD

Mano de obra	1200
Materiales	600
Capacitación	180
Total	1980

Beneficios ecosistémicos y económicos:

La rotación de cultivos mantiene el suelo cubierto, promueve el equilibrio biológico, disminuye ciclos de plagas y enfermedades, incorpora nutrientes y conserva energía. Por ejemplo, Altieri (1999) cita un estudio de 1978 en el que las rotaciones de cultivos basadas en maíz que incorporaron leguminosas de forraje y granos redujeron la demanda de energía fósil hasta en 45% comparado con el cultivo continuo. También cita otro estudio de 1983 en el que la leguminosa nativa *Lupinus mutabilis* aportó hasta 200 kg de nitrógeno por hectárea para el cultivo subsecuente de papa. En términos económicos los beneficios se relacionan con el aumento de la producción y la distribución de pérdidas en caso de enfermedades o eventos climáticos (Sauca y Urabayen, 2005; Altieri y Nicholls, 2004). También se derivan del menor requerimiento de pesticidas y fertilizantes por la mayor disponibilidad de nutrientes, el rompimiento de los ciclos de vida de plagas y la intensificación de la actividad biológica del suelo.

Limitantes:

En el momento de la rotación se deben considerar variables técnicas y económi-

cas como el tiempo disponible para la siembra y recolección del siguiente cultivo, o la demanda de los productos en las diferentes épocas del año. Por lo tanto, los calendarios de cultivo son de suma importancia a la hora de implementar una rotación. Las estrategias de rotación incluyen periodos de barbecho o reposo de la tierra, lo que se podría interpretar como un desaprovechamiento de superficie bajo el esquema convencional.

Lecciones aprendidas:

La selección de una secuencia adecuada de cultivos es fundamental para el éxito de la medida, pues la producción de un cultivo depende de los nutrientes requeridos por su antecesor. Por ejemplo, experiencias en Centroamérica muestran que la rotación continua de maíz con frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) se puede mantener por hasta 15 años con un nivel razonable de productividad (2-4 t/ha) sin un declive aparente en el recurso suelo (Altieri y Nicholls, 2004).

Consideraciones adicionales:

Las rotaciones también ayudan a combatir insectos, malezas y enfermedades quebrando de forma efectiva el ciclo de vida de las plagas. Los cultivos de «quiebre», por ejemplo el ajo y algunas

plantas aromáticas, son de carácter repelente, por lo que se rotan con hortalizas otorgando un control eficaz de plagas y enfermedades (Nuñez y Vatovac, 2006; FEDEARROZ, 2011).

Unidad de seguimiento:

Superficie bajo esquemas de rotación (ha).

Unidad de impacto:

Gasto en insumos agrícolas (\$/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Sauca, E. y Urabayen, D. (2005). "Rotaciones y Asociaciones de Cultivos". Navarra: Bio Lur, Biharko Lurraren Elkartea (B.L.E.). *Monográficos Ekonekazaritza* no. 7. Gobierno de Navarra. | FEDEARROZ (2011). *Boletín informativo de la Federación Nacional de Arroceros*, Fondo Nacional de Arroz. FEDEARROZ, no. 256, Abril. | Nuñez, R. y Vatovac A. (2006). *La Huerta Orgánica*. Bolivia: Editorial Fundación Amigos de la Naturaleza, FAN. | Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. New York: Sustainable Agriculture Networking and Extension (SANE), United Nations Development Programme, UNDP. | Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2004). "An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics" en *Dimensions in Agroecology*. D. R. Clements and A. Shrestha (Eds). New Haworth Press, N. Y.

32

SISTEMA AGROSILVOPASTORIL

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

El sistema agrosilvopastoril agrupa un conjunto de técnicas para asociar especies arbóreas (forestales o frutales) con ganadería y cultivos en el mismo terreno, con el fin de lograr interacciones ecológicas y económicas significativas. Estas combinaciones pueden ser simultáneas o secuenciales en el tiempo y en el espacio y su objetivo es optimizar la producción y procurar un rendimiento sostenido con menor impacto ambiental. Cada elemento del sistema contribuye a los otros; por ejemplo, los árboles brindan sombra a los animales y cultivos, los animales fertilizan el suelo y propagan semillas, mientras que los cultivos proveen alimento para los animales.

Lugar de aplicación:

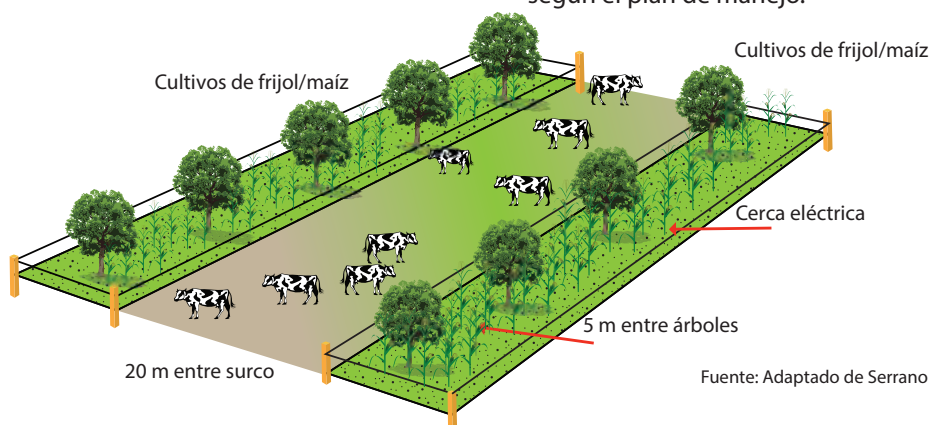
Estos sistemas son ideales para fincas pequeñas en las que se busque tener una producción diversificada, con un enfoque de conservación de recursos naturales. En particular, se recomienda para zonas degradadas por el pastoreo extensivo donde se pretenda iniciar un proceso de restauración de suelos y revegetación forestal. En caso de implementarse en laderas es necesario complementar el sistema agrosilvopastoril con medidas adicionales para retener el suelo y evitar compactación.

Amenazas e impactos que atiende:

La regeneración de la cubierta forestal establece un microclima que ayuda a amortiguar los impactos de cambios bruscos de temperatura, cambios en patrones de lluvia, extremos de calor, lluvias intensas y vientos fuertes sobre los cultivos. Los árboles generan materia orgánica que reconstituye el suelo, aumentando su capacidad de infiltración y retención de humedad, lo que disminuye el efecto de sequías. El estiércol de los animales aumenta el contenido de nutrientes en el suelo, reduce la necesidad de insumos agrícolas y tiene efectos positivos sobre la productividad. También se aumenta la captura de carbono y el potencial de mitigación del cambio climático.

Metodología de implementación:

- 1) Con ayuda de un experto, identificar las características físicas del terreno (topografía, suelos, drenaje) que ayuden a determinar la selección, manejo y productividad potencial de los elementos del sistema.
- 2) Realizar un plan de manejo que establezca las áreas destinadas a ganadería, producción agrícola y vegetación arbórea con base en la capacidad de carga del sitio y el consumo de forraje requerido.
- 3) Seleccionar las especies leñosas, arbustivas, rastreras y herbáceas a sembrar, incluyendo pastos para ganado y cultivos anuales.
- 4) Limpiar, trazar, sembrar y trasplantar los estratos de acuerdo con el plan establecido y cuidando de proteger de los animales las áreas productivas.
- 5) Dar mantenimiento general según el plan de manejo.



Fuente: Adaptado de Serrano (2013).



Insumos y costos:

Se presentan los costos para el establecimiento de un sistema agrosilvopastoril, cuyos insumos principales son las plantas, semillas y árboles; la producción y aplicación de abonos orgánicos y pesticidas ecológicos; la mano de obra para la siembra de cultivos y trasplante de árboles, y la compra e instalación de la cerca eléctrica para proteger el área productiva. Se asumen cuatro días de capacitación para aprender a establecer sinergias positivas entre los elementos del sistema.

Sistema agrosilvopastoril, 1 ha	USD
Mano de obra	585
Materiales	1350
Capacitación	240
Total	2175

Beneficios ecosistémicos y económicos:

La producción diversificada y asociada al restablecimiento de vegetación arbórea en zonas ganaderas es el principal beneficio de este sistema. Con ello, los pequeños productores, además de mejorar las condiciones de su entorno, reducen el riesgo de pérdidas económicas a las que frecuentemente están sujetos. Iglesias *et al.* (2011) describen que entre el 60% y 70% de la biomasa vegetal puede usarse en la alimentación del ganado sin causar competencia a la alimentación humana. En particular, mencionan que si se usan árboles fijadores de nitrógeno, la fertilidad del suelo mejora y se obtiene un suplemento alimenticio para los animales. En cuestiones económicas, Chaparro (2005) hizo la evaluación costo-beneficio de un sistema agrosilvopastoril de 1 ha, conformado por guayaba, maíz y naranjillo (*Trichantera gigantea*), reportando una tasa interna de retorno del 21% y un valor actual neto de 1087 USD/ha. También destacó que dicho sistema fue 7% más rentable que un sistema silvoagrícola conformado por guayaba, plátano y maíz.

Limitantes:

Existe una falta de conocimiento general sobre los modelos agrosilvopastoriles y para implementarlos se requiere de capacitación y asesoría técnica especializada. Por ejemplo, una mala planificación del componente forestal puede obstaculizar la cosecha mecanizada y dificultar la preparación de forrajes. Estos sistemas se centran en modificar prácticas actuales de manejo y explorar alternativas, lo cual requiere de convencimiento y apropiación por parte del productor. También exigen un compromiso a largo plazo tanto en la inversión como en el monitoreo de resultados.

Lecciones aprendidas:

La presencia de animales ayuda a controlar malezas en cultivos, pero si se alimentan de ciertas especies de forma selectiva también puede afectar la composición forestal. El ganado acelera el reciclaje de nutrientes en el suelo al abonarlo con heces y orina, pero también da lugar a su compactación por efectos del pisoteo, lo cual limita el crecimiento de cultivos y árboles. El suelo compactado y desprovisto de cobertura herbácea por el ramoneo es altamente propenso a la erosión. Por lo tanto, es indispensable regular la carga animal.

Consideraciones adicionales:

Un sombrero muy denso puede reducir la productividad de los cultivos. Las raíces de los árboles pueden competir con los cultivos por humedad durante épocas secas y por oxígeno durante épocas húmedas. La apicultura puede ser una medida adicional de diversificación de productos en estos sistemas si se cuida de no establecer las colmenas cerca del ganado.

Unidad de seguimiento:

Superficie con sistemas agrosilvopastoriles (ha). Productos asociados por sistema (#).

Unidad de impacto:

Valor de la producción (\$/ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Chaparro G., L.A. (2005). *Viabilidad financiera de sistemas agrosilvopastoriles multiestrata y agroforestales, en fincas ganaderas convencionales del departamento de Santander, Colombia* (tesis). Colombia: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. | Iglesias, J., Funes-Monzote, F. Toral, O, Simón, L. y Milera, M. (2011). "Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. Apuntes para el conocimiento". *Pastos y Forrajes* vol. 34, n. 3, julio-septiembre, 241-258. | Ruiz, M. (1983). *Avances en la investigación de sistemas silvopastoriles*. Citado en Iglesias *et al.* (2011). | Serrano, J. (2013). *Silvopastoreo en Colombia*. Disponible en: <http://jairoherrero.com/2011/02/silvopastoreo-en-colombia>.

33

SISTEMA SILVOAGRÍCOLA

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

El sistema silvoagrícola se compone de un conjunto de técnicas de producción agroforestal diseñadas e implementadas de forma que se aprovechen múltiples estratos de un ecosistema: desde árboles maderables, frutales y cultivos anuales, hasta arbustos, hierbas, especies rastreras y tubérculos. El objetivo es incrementar la productividad en un sistema diversificado cuyo impacto ambiental es menor al de las técnicas convencionales. En el proceso el sistema se vuelve más resiliente y se promueve el aprovechamiento sustentable de productos agrícolas y forestales. La siembra y trasplante de especies leñosas se realiza con variedades nativas, en su mayoría criadas en viveros.

Lugar de aplicación:

Los sistemas silvoagrícolas se pueden implementar en sitios con vocación agrícola o forestal en estado degradado para recuperar zonas boscosas sin sacrificar la producción. En particular, la combinación de técnicas empleadas ayuda a restablecer suelos pobres, con fertilidad limitada y bajo contenido de materia orgánica. Son especialmente útiles donde se requiera incrementar la agrobiodiversidad. Se recomienda para un rango altitudinal de entre 1000 y 2800 metros

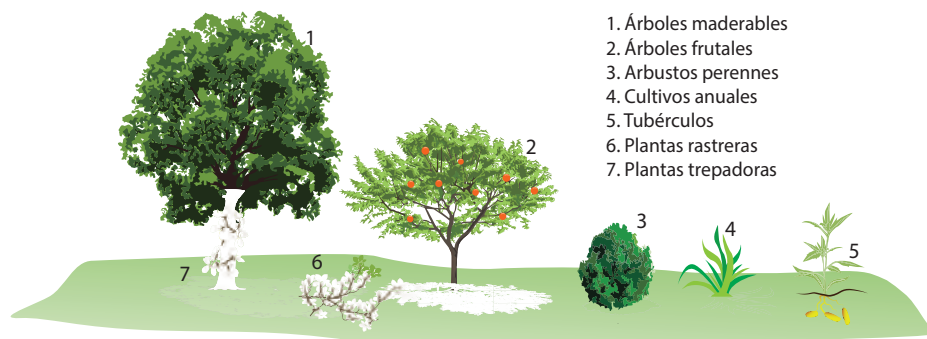
sobre el nivel del mar y en áreas con pendientes menores al 40% (SAGARPA, 2012).

Amenazas e impactos que atiende:

La presencia de árboles reduce la exposición al sol, viento y lluvia y regula la humedad del aire y el suelo. Estos factores propician el establecimiento de un microclima y atenúan los efectos de extremos de calor, vientos y lluvias intensas, así como de sequías y heladas en los cultivos. Este sistema diversificado incrementa la seguridad alimentaria, disminuye el potencial de erosión del suelo por viento y agua y reduce la necesidad de mayores insumos agrícolas, gracias a las interacciones benéficas entre especies de distintos estratos.

Metodología de implementación:

1) Diseñar el sistema con apoyo de un técnico y de acuerdo con las características particulares del sitio (suelo, clima, topografía, cultivos y especies potenciales, acceso a mercados). 2) Seleccionar las especies a incluir en el sistema (arbóreas maderables y comestibles; arbustivas y rastreras comestibles y medicinales; herbáceas comestibles, para abonos verdes y control de plagas). 3) Limpiar y trazar tomando en cuenta curvas de nivel y elementos topográficos distintivos. 4) Obtener especies leñosas en viveros y trasplantar. 5) Sembrar en los estratos establecidos en el diseño. 6) Dar mantenimiento general según el plan de manejo.



1. Árboles maderables
2. Árboles frutales
3. Arbustos perennes
4. Cultivos anuales
5. Tubérculos
6. Plantas rastreras
7. Plantas trepadoras



Insumos y costos:

Se presentan los costos de implementación de un sistema silvoagrícola con árboles maderables, comestibles y plantas arbustivas y rastreras en una extensión de 1 ha. Los principales costos resultan de la mano de obra para el acondicionamiento del terreno y las labores culturales, así como de la compra de especies a sembrar. Se consideran cuatro días de capacitación sobre el sistema productivo.

Sistema silvoagrícola, 1ha	USD
Mano de obra	450
Materiales	2700
Capacitación	240
Total	3390

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Con estos sistemas se revierte la pérdida de productividad por degradación ambiental asociada con prácticas convencionales de cultivo. Por ejemplo, se ha observado que los rendimientos de sistemas silvoagrícolas pueden ser 100% mayores a los de prácticas de roza-tumba-quema. En una evaluación de sistemas silvoagrícolas de café bajo sombra en Perú se encontró que se lograba una productividad casi cinco veces mayor (2,3 ton/ha) en comparación con parcelas sin dicho sistema (Brack, 2004). Con datos de SAGARPA (2012) se infirió que un sistema mixto de milpa (maíz, zapallo y frijol) y frutales puede generar un ingreso neto anual de 3000 USD/ha. En cuanto a mitigación del cambio climático, Etchevers *et al.* (2005) reportan que en este tipo de sistemas se puede lograr una acumulación anual de carbono de entre 0,87 y 1,85 t/ha.

Limitantes:

Se requiere de una alta inversión inicial y de cuidados de las especies sembradas hasta que queden debidamente establecidas. Los agricultores deben contemplar que es un sistema de producción a

largo plazo y contar con la capacitación adecuada para el manejo del mismo. Por ejemplo, el retorno de la inversión en especies maderables y frutales es de mediano a largo plazo (alrededor de 5 años para frutales y 15 para maderables).

Lecciones aprendidas:

En caso de plantar herbáceas anuales, se recomienda establecer especies de autogerminación (cilantro, caléndula) para disminuir los requerimientos de mano de obra. En la siembra de especies maderables o frutales se recomienda usar variedades provistas por un vivero cercano y cuidar que el diámetro del tallo sea superior a 1,5 cm para incrementar la tasa de supervivencia. Para proteger la plantación contra disturbios como pisoteo y ramoneo por parte del ganado, se recomienda colocar una cerca en el perímetro de la plantación. Se debe evitar sembrar especies exóticas con potencial invasor o con propiedades alelopáticas como el roble andino y el eucalipto.

Consideraciones adicionales:

La selección de especies debe realizarse con apoyo de técnicos especializados que conozcan la zona, ajustarse a los usos y costumbres de la comunidad y

fundamentarse en principios de agricultura ecológica o permacultura. La plantación de especies arbóreas debe hacerse en las primeras semanas de la temporada de lluvia. En las zonas de cultivos pueden proliferar enfermedades y plagas adaptadas a condiciones de humedad y sombra por lo que se requiere un manejo integrado de plagas.

Unidad de seguimiento:

Superficie bajo sistema silvoagrícola (ha).

Unidad de impacto:

Variedades y volumen producido (#/ha, t/ha). Ingresos generados (\$/año).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

SAGARPA (2012). Milpa intercalada con árboles frutales. México. | Etchevers, B., *et al.* (2005). Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción de laderas. Colegio de Posgraduados. México. | Brack, A. (2004) "Perú: Biodiversidad, pobreza y bionegocios", citado en: Gómez, R. *et al.* (2012). *La agricultura orgánica: los beneficios de un sistema de producción sostenible*. Documento de discusión del Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Perú.

34

SISTEMA SILVOPASTORIL

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Es una técnica de producción agroforestal en la que se establece la presencia de animales interactuando con especies leñosas ya sea de manera directa, a través del ramoneo, o indirecta con el corte y transporte de forrajes. El objetivo es obtener productos diversificados como madera, frutas, leche, carne o forrajes. Los árboles y arbustos pueden establecerse naturalmente o ser plantados por el productor dentro de las zonas de pastoreo con fines maderables, de producción industrial y frutal o multipropósito, en apoyo específico a la producción animal (Ojeda *et al.*, 2003).

Lugar de aplicación:

Se recomienda implementar en sitios donde la ganadería sea de tipo extensivo, con suelos desprotegidos, con escasez o carencia de cobertura boscosa, dedicados a pasturas, con poca biodiversidad y susceptibles a erosión. En particular, es útil donde se busquen alternativas para diversificar ingresos o incrementar la agrobiodiversidad de fincas ganaderas.

Amenazas e impactos que atiende:

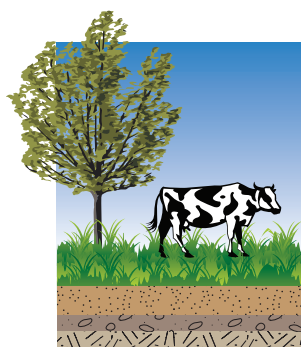
Esta medida disminuye el impacto de sequías, extremos de calor y vientos fuertes, ya que las especies arbóreas forraje-

ras, maderables y multipropósito ayudan a establecer un microclima y constituyen zonas de amortiguamiento ante eventos climáticos. También se incrementa la seguridad alimentaria por los productos diversificados que se pueden obtener, se reduce la necesidad de mayores insumos agrícolas y se contrarrestan eventuales pérdidas de productividad.

Metodología de implementación:

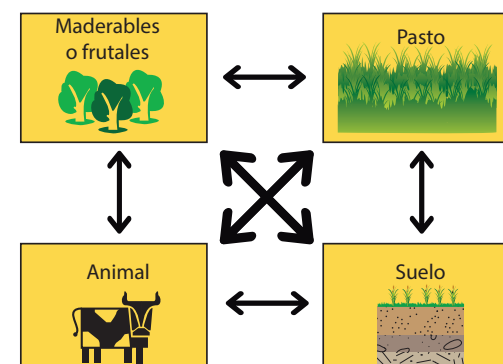
1) Establecer un plan para seleccionar, disponer y sembrar el material vegetal en los lotes seleccionados para los diferentes estratos; por ejemplo, porte bajo (gramíneas), porte medio (leucaena) y porte alto (algarrobo). 2) Establecer la

producción de forraje de las parcelas a través de un aforo para determinar el rendimiento de los pastos con base en el área de las parcelas. 3) Determinar el consumo de forraje, considerando que cada animal consume diariamente del 10 al 12% de su peso. 4) Determinar la capacidad de carga considerando el rendimiento de la pastura del potrero seleccionado y el peso del animal. 5) Planificar un esquema de pastoreo rotacional en las parcelas, estableciendo periodos de ocupación y reposo. Se debe tomar en cuenta que los periodos de ocupación son cortos, seguidos de largos periodos de descanso para la recuperación vegetal. 6) Aprovechar los distintos estratos productivos de acuerdo con la planificación inicial.



Fuente: Ojeda *et al.* (2003).

Estructura de un sistema silvopastoril





Insumos y costos:

Se presentan los costos de implementación de un sistema silvopastoril en una hectárea de terreno con combinación de pastos y especies leñosas. Los principales insumos son los árboles y pasto a sembrar, la cerca eléctrica, así como la elaboración de abono orgánico y pesticidas ecológicos. La mano de obra para establecer el sistema es una parte significativa del costo. No se incluye la compra de ganado. Se asumen tres días de capacitación para la correcta implementación del sistema.

Sistema silvopastoril, 1 ha	USD
Mano de obra	315
Materiales	822
Capacitación	180
Total	1317

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Con esta medida se recupera y mejora el suelo, además de fortalecer los ciclos locales de agua y nutrientes, conservar la diversidad biológica y capturar CO₂. Por ejemplo, después de cinco años de implementación del proyecto *Ganadería colombiana sostenible*, al monitorear los avistamientos de avifauna en los sistemas silvopastoriles se observó un aumento de 32,2% en el número total de especies y de 90% en especies migratorias. También se registraron 61 especies de interés para la conservación con los consecuentes servicios ecosistémicos en polinización que estos cambios representan (Zuluaga *et al.*, 2011). En cuestiones económicas, Murgueitio (2000) menciona que algunos modelos pueden generar una relación beneficio-costos de 1,31 y un valor presente neto anual de 213 USD por hectárea, si se ofrece un incentivo durante los dos primeros años, equivalente al costo de oportunidad de la tierra mientras crecen los árboles.

Limitantes:

Contrario al manejo de la ganadería extensiva convencional, el sistema sil-

vopastoril requiere de mayor cuidado y conocimiento sobre la interacción entre sus componentes, además de un cambio en la cultura y las prácticas del productor. Esto puede generar resistencia. El tiempo requerido para el desarrollo de especies leñosas es significativo, por lo que se requiere de una inversión a largo plazo. De no utilizar medidas preventivas como el cercado, los animales pueden acabar con la inversión en plantas por pisoteo o ramoneo.

Lecciones aprendidas:

Es necesario definir las áreas más propicias para los lotes en un plan de ordenamiento del uso del suelo de la finca, considerando factores como calidad del suelo, topografía, uso anterior y facilidad de acceso. Para promover el cambio en las prácticas ganaderas hacia sistemas mixtos, a menudo es necesario utilizar incentivos económicos que van desde la donación de árboles, arbustos y forrajes hasta el pago por servicios ambientales (Murgueitio, 2009).

Consideraciones adicionales:

Es importante considerar la adecuada selección de las especies vegetales a

utilizar. Éstas se deben destacar por una buena producción y calidad de biomasa (producción de forraje) debido a que el modelo silvopastoril presenta una alta capacidad de carga. Los costos de introducción de las especies leñosas (arbóreas y arbustivas) y el tiempo requerido para su desarrollo pueden ser significativos.

Unidad de seguimiento:

Superficie bajo manejo silvopastoril (ha).

Unidad de impacto:

Producción ganadera bajo el sistema silvopastoril (kg/animal). Densidad ganadera (# de animales/ha). Producción de madera o frutos (m³, t).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Murgueitio, E. (2000). "Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia" en *Pastos y Forrajes*, vol. 3, no. 1. | Ojeda, P., Restrepo, J., Villada, D. y Gallego, J. (2003). *Sistemas Silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la Ganadería*. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia: FIDAR. | Murgueitio, E. (2009). Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 13. (1): 3-19. | Zuluaga A., Giraldo C., Chará J. (2011). *Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad*. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36pp.



35

SOMBRA NATURAL

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Consiste en generar sombra mediante la plantación de árboles perennes con el fin de proteger animales, cultivos y otras especies vegetales de la exposición excesiva al sol, así como para aumentar el rendimiento de algunas cosechas. El procedimiento se realiza en dos fases: primero estableciendo vegetación pionera propia del ecosistema para proteger el suelo y regular la humedad, y después plantando las especies arbóreas que proporcionarán la sombra de manera natural. El establecimiento de árboles para sombra también apoya en la diversificación de la producción y los ingresos pues se pueden obtener productos adicionales como frutos, madera o forrajes.

Lugar de aplicación:

Es útil en zonas de cultivo que precisan sombra o tienen relieve quebrado con pendientes fuertes (50% o más). En particular, se recomienda para suelos susceptibles a la erosión, poco profundos y poco estructurados, con bajos contenidos de materia orgánica, baja fertilidad natural, mal drenaje, baja permeabilidad y baja retención de humedad. De igual manera, se usa en sitios perturbados en los que se desee restaurar suelos para

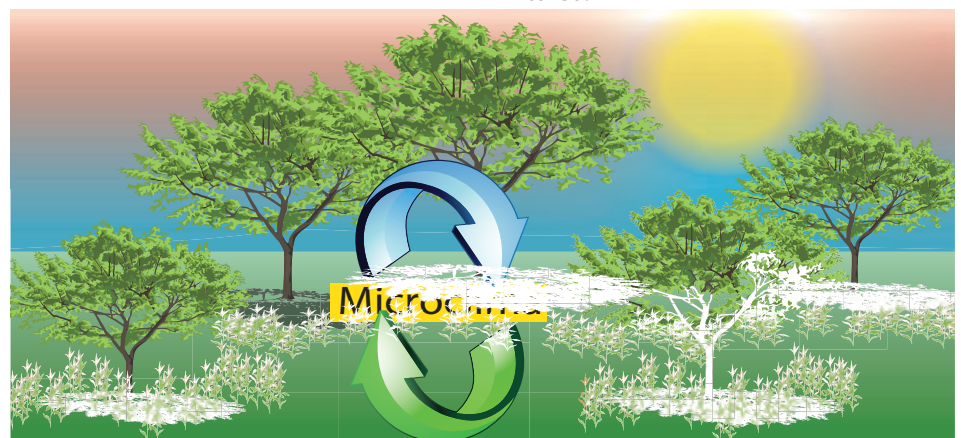
aumentar la productividad o tasa de recuperación del ecosistema.

Amenazas e impactos que atiende:

La presencia de sombra previene la exposición excesiva al sol y mantiene la humedad en el suelo y aire, generando microclimas que disminuyen el impacto de sequías, eventos extremos de calor y cambios bruscos de temperatura. Los árboles protegen los suelos de la erosión y los cultivos de daños por lluvias, granizo o vientos intensos. También ayudan a aumentar la productividad de ciertos cultivos, como el café y el cacao.

Metodología de implementación:

Para cultivos: 1) Análisis del sitio. 2) Diseño y planeación de la reforestación (selección de especies, sitios, tiempos de siembra y espaciamiento entre árboles) tomando en cuenta los servicios esperados por el sistema. 3) Planificación de las prácticas de manejo a los árboles seleccionados. 4) Obtención de semillas o retoños. 5) Limpieza de maleza. 6) Plantación. 7) Integración de cultivos y manejo de árboles. Para zonas con fines de restauración: 1) Evaluación del estado actual del ecosistema. 2) Diseño y planeación de la restauración. 3) Selección de especies. 4) Limpieza del terreno. 5) Plantación secuencial de especies de sucesión. 6) Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.



Insumos y costos:

Establecimiento de sombra natural en una superficie de 1 ha. El gasto principal proviene de la compra de árboles y de la mano de obra para sembrarlos y garantizar su supervivencia. Se asumen 25 días de mantenimiento anual y un periodo de capacitación de dos días. No se incluyen los costos para la siembra de cultivos.

Sombra natural, 1 ha	USD
Mano de obra	735
Materiales	1550
Capacitación	120
Total	2405

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Los árboles regulan la temperatura y promueven el reciclaje de nutrientes y materia orgánica, además de reducir el déficit hídrico en cultivos (Altieri, 1999). La sombra mantiene la estructura y humedad del suelo, mejorando su porosidad y fertilidad, por lo que disminuye la necesidad de uso de fertilizantes (Farfán y Mestre, 2004). Con datos de Farfán (2007) y de la Federación de cafeteros de Colombia se estima que un plantío de café bajo sombra puede producir más de 3500 kg/ha al año, lo que equivale a un valor aproximado en el mercado de 7300 USD. El uso de árboles frutales puede ser incluso más rentable que el cultivo bajo sombra. En un sistema agroforestal en Honduras, en el que se asoció cacao con rambután, se obtuvieron ingresos de 9165 y 16 389 USD/ha, respectivamente (FHIA, 2004).

Limitantes:

Es necesario utilizar árboles nativos de la región y compatibles con los cultivos, por lo que se recomienda contar con el

apoyo de un experto para seleccionar las especies y diseñar un plan de producción a largo plazo. La sombra puede favorecer enfermedades y plagas adaptadas a humedad alta o poca luz; por lo tanto se requiere establecer prácticas de manejo integrado de plagas.

Lecciones aprendidas:

Para plantíos de café, la sombra tiene mayores beneficios en zonas de estrés hídrico y suelos con limitantes físicas. Se recomienda establecer una cobertura de 30-35% y no sobrepasar el 45% para obtener rendimientos óptimos de café (Farfan y Urrego, 2004; Soto-Pinto, 2000). Estos valores pueden variar para otros cultivos, sobre todo en su etapa de desarrollo. Para sombra con fines de restauración es recomendable vincular a las comunidades para elegir las especies e implementar los trabajos ya que ello incrementa la apropiación de la medida.

Consideraciones adicionales:

Las medidas para regular la sombra (por ejemplo, podas) son fundamentales para obtener buenos rendimientos. Para ello

es esencial contar con registros anuales de producción y porcentajes de cobertura que permitan relacionar las dos variables y establecer las necesidades de manejo de sombra a inicios de cada ciclo. La restauración, por su parte, es un proceso de regeneración y establecimiento de capa forestal a largo plazo.

Unidad de seguimiento:

Área de cultivo bajo sombra (ha). Árboles perennes sembrados (#/ha).

Unidad de impacto:

Ingresos por cultivo bajo sombra (\$/ha). Área restaurada con sombra (ha).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. New York: Sustainable Agriculture Networking and Extension (SANE), United Nations Development Programme, UNDP. | Farfán, F. y Mestre, A. (2004) *Manejo del sombrero y fertilización del café en la zona central colombiana*. Avances Técnicos no. 330 Cenicafe. | Soto-Pinto, L., et al. (2000). "Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico". *Agriculture, Ecosystems and Environment*. No. 80, pp. 61-69. | Farfán, F. y Urrego, J. (2004). "Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* como sombrero e influencia en la productividad del café". *Cenicafe* vol. 55, no. 4, pp. 317-329. | Farfán, F. (2007) "Producción de café en sistemas agroforestales" en *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafe-FNC. | Fournier, L. (1980). *Fundamentos ecológicos del cultivo del café* IICA. Costa Rica. | Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (2004). *Guía técnica Cultivo de Cacao bajo sombra de maderables o frutales*. La Lima, Honduras.



36

TERRAZAS AGRÍCOLAS

Scale

Individual

Colectiva

Focus

Inversión

Soporte

Descripción:

Técnica ancestral de la región andina que consiste en hacer cortes a pendientes pronunciadas, siguiendo el contorno de las curvas de nivel, para establecer terraplenes de cultivo soportados con muros de piedra. Las terrazas resultantes quedan orientadas de forma perpendicular al flujo del agua por lo que disminuyen la erosión, retienen suelo y humedad, y con ello generan un microclima propicio para cultivos. Aunque su principal objetivo es contar con mayor superficie agrícola, también permiten reducir la pendiente de las laderas y con ello proteger de deslizamientos a estructuras, vivienda y zonas de cultivo aguas abajo. Las técnicas tradicionales de construcción y restauración de terrazas exigen una gran inversión en mano de obra, por lo que se realizan de forma comunitaria.

Lugar de aplicación:

Históricamente las terrazas se establecieron en la región altoandina para adaptar la producción agrícola a condiciones extremas, pero se pueden construir en cualquier rango altitudinal con pendientes entre 10 y 35%. Son de particular utilidad en laderas con suelos erosionados, donde se quiera aumentar el área agrícola y evitar deslizamientos. En el hemisferio sur, si

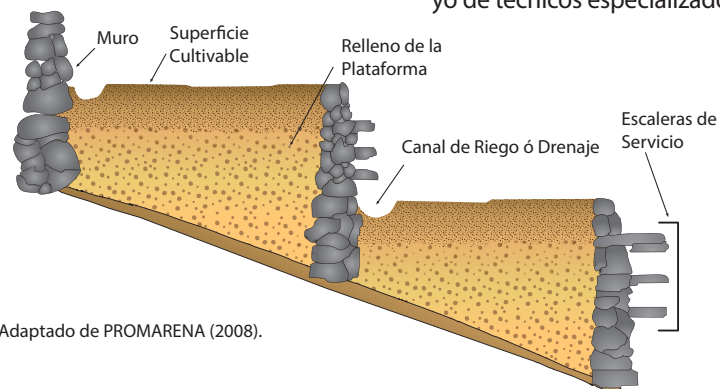
las terrazas se construyen de Este a Oeste, con el frente hacia el Norte, los muros absorben más calor, lo cual favorece a los cultivos.

Amenazas e impactos que atende:

La transformación del paisaje de laderas propensas a la erosión hacia terrazas de cultivo aumenta la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. Las terrazas evitan deslizamientos y erosión al reducir la velocidad de los escurrimientos de lluvias intensas. Con ello también reducen el riesgo de sequías porque aumentan el contenido de humedad en el suelo al infiltrar el agua lentamente. El calor del sol se absorbe a través de los muros, lo cual provee mayor regulación térmica y disminuye los efectos de cambios bruscos de temperatura y el potencial de heladas.

Metodología de implementación:

1) Estudiar las características del sitio como tipo de suelo, relieve, precipitación, escurrimientos, exposición solar y disponibilidad de materiales para la construcción de las terrazas. 2) Trazar curvas de nivel y calcular la pendiente de los desagües. 3) Hacer zanjas de 50 cm de profundidad siguiendo el contorno de las curvas de nivel. 4) Construir sobre las zanjas el muro de contención, iniciando con las piedras más grandes. El muro normalmente no rebasa los 2 metros de altura y, en caso de que se requiera, se puede reforzar con materiales cementantes. 5) Rellenar la terraza con el material excavado y agregar una capa superficial de tierra fértil. 6) Dar mantenimiento anual a los muros para garantizar su estabilidad. Para la reconstrucción de estructuras ancestrales se recomienda contar con el apoyo de técnicos especializados.



Fuente: Adaptado de PROMARENA (2008).

Threats addressed

Related measures

4

12

13

14

Income generation potential

2

GHG mitigation potential

1

Insumos y costos:

Construcción de una terraza agrícola de 700 m², en una ladera con pendiente del 10%, con un muro de contención de 100 m de largo por 1,5 m de alto. Los insumos principales son la mano de obra para la excavación, construcción de muro y relleno; la compra de piedra y semillas, y la producción y aplicación de abono orgánico. Se asumen cinco días de mantenimiento anual y un periodo de capacitación de dos días.

Terraza agrícola de 700 m² (100 m de muro de piedra)
USD

Mano de obra	945
Materiales	887
Capacitación	120
Total	1952

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Las terrazas agrícolas incrementan considerablemente la productividad. Por ejemplo, Altieri (1999) reporta que los primeros rendimientos, después de la reconstrucción de terrazas en un proyecto en Perú, mostraron un rango de incremento de 43–65% en papa, maíz y cebada en comparación con cultivos de ladera. La prevención de erosión y pérdida de suelo también es significativa. Chow *et al.* (1999) mencionan que la pérdida anual de suelo en la siembra de papa pasó de 20 t/ha en cultivos en ladera a 1 t/ha en terrazas con surcos trazados al contorno. El beneficio económico de la construcción de terrazas es altamente positivo. En el primer año después de la construcción se recupera la inversión con los rendimientos obtenidos y posteriormente se generan ganancias netas que en diez años son dos veces mayores a las del cultivo en ladera (Rist y San Martín, 1993).

Limitantes:

La principal dificultad en establecer estas estructuras es la intensidad requerida en mano de obra. Se estima que la recons-

trucción de una hectárea de terrazas necesita de hasta 2000 días-hombre (Altieri, 1999). Asimismo, en pendientes mayores a 35% se dificulta su construcción y mantenimiento. Al ser una medida de implementación comunitaria, es indispensable contar con una buena organización y motivación de los participantes para que se apropien del método productivo y se hagan cargo de mantenerlo.

Lecciones aprendidas:

Los esquemas de apoyo a comunidades en proyectos de recuperación y restauración de terrazas han sido exitosos cuando se otorgan préstamos a tasas reducidas para insumos agrícolas a cambio de la mano de obra para reconstruir áreas específicas de terrazas. Se recomienda contar con apoyo de organizaciones de la sociedad civil para coordinar esfuerzos y dar asesoría técnica. La implementación es más efectiva si los agricultores están organizados y tienen metas específicas de producción con base en prácticas sustentables.

Consideraciones adicionales:

Las terrazas pueden usarse como un elemento de gestión de riesgo, aportando

beneficios a comunidades enteras. En la zona altoandina se estima que existen más de 500 mil hectáreas de terrazas, de las cuáles el 75% requiere restauración. Con base en los beneficios reportados, esta medida tiene un alto valor para la adaptación basada en ecosistemas pues incrementa la resiliencia integral de las comunidades.

Unidad de seguimiento:

Superficie de terrazas construida o restaurada (m²).

Unidad de impacto:

Ingresos adicionales (\$/año). Habitantes con protección por terrazas (#).

Proyecto MEbA
Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>
Referencias:

Altieri, M. (1999). "Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming in farming systems in Latin America". *Environment, Development and Sustainability* vol. 1, no. 3-4, pp. 197-217. | Rist, S. y San Martín, J. (1993). *Agroecología y saber campesino en la conservación de suelos*. 2ª ed. AGRUCO. Universidad de Cochabamba, Bolivia. | Chow, T., Rees, W. y Daigle, J. (1999). "Effectiveness of terraces/grassed waterway systems for soil and water conservation: A field evaluation". *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 54, no. 3, pp. 577-583. | Proyecto de Manejo de Recursos Naturales (2008). *Guía metodológica para la rehabilitación y construcción de terrazas prehispánicas*. La Paz, Bolivia.



37

TINAS CIEGAS

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Las tinajas ciegas son excavaciones generalmente de 0,5 m de ancho, 0,5 m de profundidad y 2 m de longitud realizadas sobre curvas de nivel, separadas entre sí cada 4 a 6 metros. Su objetivo principal es retener agua por un período prolongado de tiempo sobre el suelo para aumentar la infiltración y recargar los mantos acuíferos. También contribuyen al mantenimiento de la humedad en el suelo, a la acumulación del agua de las lluvias para riego y al fomento del desarrollo de vegetación nativa o reforestada. En terrenos con pendientes fuertes, reducen la fuerza del escurrimiento, evitando erosión y potenciales deslizamientos.

Lugar de aplicación:

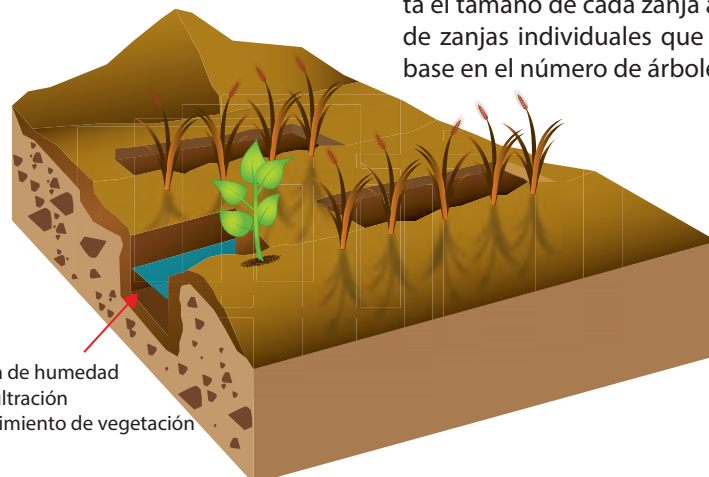
Se usan en regiones áridas o semiáridas donde la precipitación es irregular, particularmente en laderas desprovistas de vegetación, donde se quiere reforestar o establecer huertos. También son útiles en regiones donde es necesario favorecer la infiltración del agua y la recarga de acuíferos, o controlar avenidas y así reducir el potencial de inundaciones y acumulación de sedimento aguas abajo.

Amenazas e impactos que atende:

Las tinajas ciegas reducen la erosión hídrica en laderas y disminuyen el efecto de sequías en las zonas aledañas al retener la humedad en el suelo y favorecer el establecimiento de especies vegetales. Promueven la recarga de acuíferos y con ello mayor seguridad hídrica. La mayor humedad en el suelo permite a las especies vegetales circundantes de resistir cambios bruscos de temperatura y extremos de calor.

Metodología de implementación:

1) Calcular el volumen de las tinajas con base en el área de captación y volumen de escurrimiento. 2) Calcular el distanciamiento entre líneas de zanja o curva de nivel. 3) Trazar curvas de nivel. 4) Marcar el terreno cada dos metros, ajustándose a las condiciones topográficas. 5) Excavar las tinajas. 6) Formar un bordo en el extremo "agua abajo" de la tina, de una longitud igual a la de la zanja y compactar. 7) Repetir el proceso en la siguiente curva de nivel. Nota: si la finalidad es mejorar la producción de cultivos perennes, se construye una tina por árbol y se adapta el tamaño de cada zanja a la densidad de zanjas individuales que resulten con base en el número de árboles.



Retención de humedad
 Mayor infiltración
 Restablecimiento de vegetación



Insumos y costos:

Excavación de 650 tinas ciegas de 0,5 m³ cada una, para una hectárea. Los principales gastos en materiales provienen del estudio topográfico y análisis de escurrimientos, así como la compra del aparato A y las herramientas. La excavación es el rubro principal en mano de obra. Se contemplan cinco días de mantenimiento anual y dos de capacitación.

Tinas ciegas, 650 tinas/ha	USD
Mano de obra	2010
Materiales	1080
Capacitación	120
Total	3210

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Las tinas ciegas favorecen procesos de restauración de ecosistemas al controlar la erosión en laderas y retener agua. La mayor infiltración del agua al subsuelo recarga los mantos acuíferos y mejora la disponibilidad en regiones bajas. En un proyecto en el que se construyeron 650 tinas/ha en una superficie de 250 hectáreas se obtuvo una cosecha promedio aproximada de 8 m³ por tina (5200 m³/ha) al año, con una precipitación anual de 800 mm (Cota *et al.*, s/f). Con esta medida se minimizan los azolves y se controlan los escurrimientos hacia la parte baja de la cuenca. La construcción de tinas para plantíos de árboles perennes mejora la producción de frutos y productos maderables por el incremento en humedad del suelo. Esa misma función puede ayudar en la sucesión de especies nativas.

Limitantes:

En general, el mantenimiento para la remoción de material azolvado no es costo-efectivo así que eventualmente las tinas se llenan y se termina su vida útil

(aproximadamente diez años). No es recomendable su aplicación en suelos arenosos pues las tinas pueden colapsar en la temporada de lluvias. Tampoco se recomienda en parcelas con mal drenaje y presencia de lluvias fuertes, por el riesgo de aumentar la erosión. Un número excesivo de tinas puede resultar en daños a la estructura del suelo por lo que el cálculo debe hacerse con apoyo de técnicos calificados.

Lecciones aprendidas:

Este tipo de obra se recomienda para zonas semiáridas y templadas con pendientes no mayores a 40%. La infiltración de agua puede disminuir la captación de escurrimientos pluviales orientados hacia reservorios, por lo que es importante vincular a productores aguas abajo que cuenten con dichas estructuras. Cuando se realizan en conjunto con actividades de reforestación se recomienda construir las tinas unas semanas antes de la siembra para acumular mayor humedad y facilitar la supervivencia de los árboles.

Consideraciones adicionales:

Cuando se busca retener humedad se recomienda compactar la base de la tina

ciega para reducir la infiltración de agua de lluvia. En suelos arcillosos, de baja infiltración, las tinas se excavan a mayor profundidad para asegurar el almacenamiento y favorecer la infiltración. Cuando se acompañan con el establecimiento de árboles, las mejoras en el suelo se prolongan más allá de la vida útil de la tina ya que las raíces del árbol mantienen la porosidad del suelo. En sitios degradados generalmente se combinan con prácticas para mejorar la estructura y fertilidad del suelo.

Unidad de seguimiento:

Unidades construidas (#/ha).

Unidad de impacto:

Volumen de agua retenida (m³/ha-año).
Árboles favorecidos (#).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

SAGARPA (2009). *Tinas Ciegas*. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos Para el Desarrollo Rural. | SEMARNAT-CONAFOR (2008). *Protección, Restauración y Conservación de Obras Forestales: Manual de Obras y Prácticas*. Cap. 4: obras y prácticas. | Cota, E. *et al.* (s/f). *Recarga de acuíferos mediante la construcción de tinas ciegas*. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnch2_mon_ecota1.pdf.

38

VIVERO MIXTO

Escala

Individual
Colectiva

Enfoque

Inversión
Soporte

Descripción:

Instalación agronómica donde se germinan, cultivan y maduran plantas bajo condiciones controladas de luz y humedad, cuyos objetivos principales pueden ser la diversificación de ingresos al ofrecer a la venta especies maderables, frutales y ornamentales de buena calidad, o la reproducción de especies nativas resilientes para reforestación o restauración. La producción de especies vegetales se logra mediante la propagación vegetativa y reproducción de semillas cuyo cuidado y mantenimiento requiere del uso de técnicas como sistemas eficientes de riego o manejo integrado de plagas y nutrientes. Generalmente el vivero produce sus propios abonos orgánicos y pesticidas ecológicos.

Lugar de aplicación:

Se pueden instalar viveros en zonas rurales, urbanas o periurbanas que tengan un mínimo de 2500 m² de terreno, fácil acceso, agua y suelo fértil (o producción de composta). Para esta medida, la cercanía tanto a zonas forestales como a núcleos poblacionales es deseable, pues facilita la recolección de semillas y esquejes así como la contratación de mano de obra y venta de los productos. El terreno debe estar orientado de forma a maximizar la

irradiación solar. Para viveros a raíz desnuda se requieren terrenos planos con suelos fértiles y permeables, a alturas no mayores a 2500 m.

Amenazas e impactos que atiende:

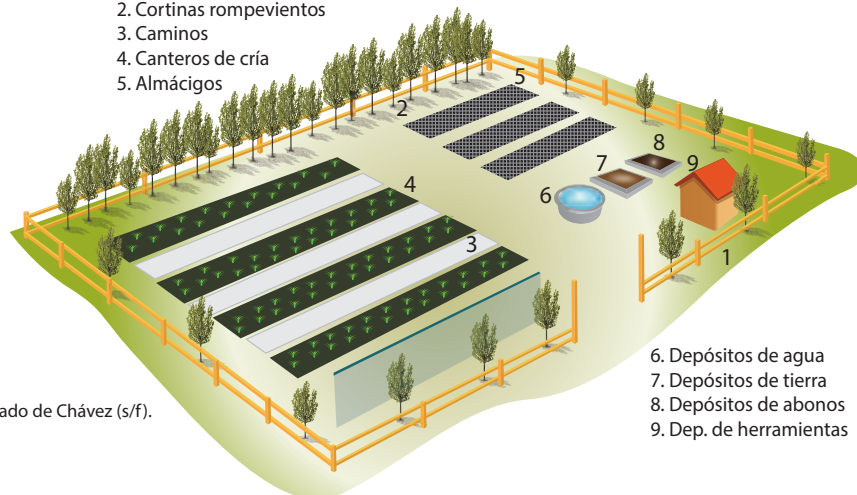
En los viveros se pueden producir variedades de plantas adaptadas a las condiciones climáticas del sitio, además de especies nativas para conservación y restauración. Con esto se aumenta la resiliencia tanto de los cultivos como de los ecosistemas circundantes y se reduce el riesgo de pérdidas o daños en cosechas y el impacto de la reducción en productividad o seguridad alimentaria. Los viveros permiten la aclimatación de plantas a condiciones

cambiantes de temperatura, extremos de calor, sequía o lluvias intensas.

Metodología de implementación:

1) Selección del sitio tomando en cuenta las características físicas del terreno, suelo, clima, cultivos y especies de valor comercial. 2) Limpieza y preparación del terreno. 3) Construcción de obras e infraestructura y compra de equipo (caminos, canales de drenaje, barrera rompe vientos, cerca, invernaderos, canteros, almacenes, semilleros). 4) Obtención de semillas, esquejes y estacas. 5) Pre-tratamiento, siembra y primer trasplante. 6) Desmalezado y desecho de plantas débiles. 7) Segundo trasplante (si aplica). 8) Aclimatación. 9) Venta.

1. Cerco perimetral
2. Cortinas rompevientos
3. Caminos
4. Canteros de cría
5. Almácigos



6. Depósitos de agua
7. Depósitos de tierra
8. Depósitos de abonos
9. Dep. de herramientas

Fuente: Adaptado de Chávez (s/f).



Insumos y costos:

Instalación de un vivero mixto, en contenedores, de una extensión de 5000 m² con área de producción de 2500 m². El costo principal resulta de los materiales necesarios para el acondicionamiento del lugar, infraestructura e insumos necesarios para la venta. Se consideran cuatro días de capacitación sobre la operación del vivero y cuidado de las plantas. No se incluye el costo de mano de obra para la operación, el cual es considerable.

Vivero mixto, 0,5 ha	USD
Mano de obra	1050
Materiales	4115
Capacitación	240
Total	5405

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Un vivero mixto de 0,5 ha puede llegar a producir hasta 23 mil plantas al año, entre maderables, forestales, frutales y de ornato. Con los precios actuales esto significaría unos 10 mil USD en ventas al año y cerca de 3 mil USD en utilidad neta, considerando los costos de contenedores, producción de insumos orgánicos y mano de obra. Los viveros suministran árboles para sistemas agroforestales que, si bien no son tan diversos como los bosques naturales, son mucho más diversos que los monocultivos. Un estudio en Costa Rica comparó la diversidad en bosques naturales, cultivos de cacao, banano bajo sombra y monocultivos de banano, encontrando 85, 35, 14 y 0 especies de árboles y palmas, respectivamente (Guiracocha, 2000). Los árboles proveen beneficios a sistemas naturales y agrícolas como protección de lluvia, viento y radiación solar; regulación de temperatura en aire y suelo; retención de humedad y producción de materia orgánica (Altieri, 1999).

Limitantes:

El mantenimiento de las plantas de un vivero requiere de mucha mano

de obra por lo que sus costos de operación son altos y la implementación se limita a zonas cercanas a núcleos poblacionales. No puede establecerse en llanos profundos donde la insolación y ventilación no es uniforme. Se requiere alta disponibilidad de agua.

Lecciones aprendidas:

La capacitación sobre los métodos de cultivo incrementa el éxito de un vivero. La técnica de injertos permite seleccionar árboles con características deseadas, acelerar la producción y mejorar la calidad de las plantas. Para la recolección de plántulas y esquejes la mejor época es la temporada de lluvias. Para la recolección de estacas la época ideal es cuando el árbol se encuentra en reposo, en invierno o en épocas de estiaje. La recolección de semillas debe hacerse en la época intermedia entre la maduración del fruto y la diseminación.

Consideraciones adicionales:

Se recomienda que el terreno tenga una pendiente de 1-2% para favorecer el drenaje, y sembrar una barrera rompevientos en el perímetro del mismo para disminuir la pérdida de humedad en las plantas. Debido a que

la demanda de plantas es cambiante, es necesario realizar estudios de mercado para seleccionar las especies con mayor rentabilidad y demanda y así garantizar la viabilidad del proyecto.

Unidad de seguimiento:

Superficie de viveros en producción (ha). Individuos producidos (#).

Unidad de impacto:

Ingresos generados (\$). Preservación de especies nativas (#).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Chávez, M. (s/f), *Proyecto de Fortalecimiento al Desarrollo Productivo Comunitario: Vivero*. SMADS Gobierno de Argentina. | AGRINFOR (2003). *Viveros Forestales: Manual técnico para las actividades agropecuarias y forestales en las montañas*. Comisión Nacional Plan Turquino-Manatí. Cuba. | Giracocha, G. (2000), *Conservación de la Biodiversidad en los Sistemas Agroforestales Cacaoteros y Bananeros de Talamanca*, Costa Rica: Tesis de Maestría. Turrialba, CATIE. | Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. New York: Sustainable Agriculture Networking and Extension (SANE), United Nations Development Programme, UNDP.



39

WARU WARU

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Waru waru en Quechua significa camellón de cultivo. Es una técnica de cultivo y almacenamiento de agua que aprovecha las condiciones anegadizas de los altiplanos andinos para establecer plataformas de suelo rodeadas de zanjas de forma intercalada. En los camellones se establecen cultivos diversos que de otra forma no crecerían en climas extremos. Hay evidencia arqueológica de que en los waru waru se generaban buenas cosechas a pesar de inundaciones, sequías y heladas en altitudes de casi 4 mil metros (Erickson y Chandler, 1989). La inversión en mano de obra para la construcción tradicional es intensiva, por lo que se requiere de alta cohesión en la comunidad.

Lugar de aplicación:

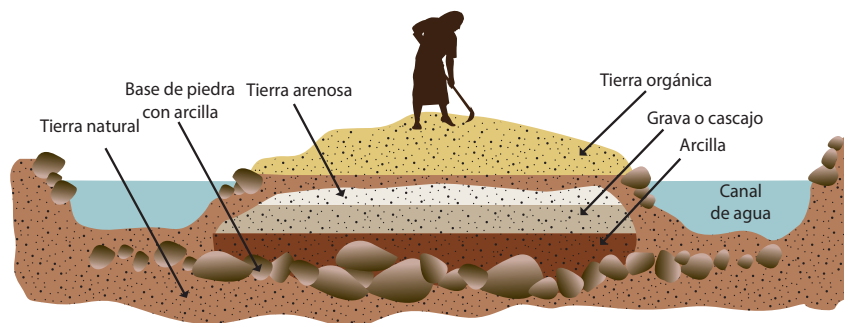
Los altiplanos andinos han sido históricamente el lugar de desarrollo de esta técnica de cultivo, particularmente en zonas semi-planas, anegadizas y con inundaciones estacionales. Se establecen en valles a una altitud media de 3500 metros. La técnica constructiva puede adaptarse a sitios con características similares, por ejemplo riberas de poca pendiente, con el uso de métodos modernos para extraer y acomodar la tierra.

Amenazas e impactos que atiende:

Los waru waru son una estrategia de disminución de riesgo ante eventos climáticos extremos. Acumulan calor en las aguas durante el día (aproximadamente 3°C) que se transfiere a las camas contiguas por lo que disminuyen el riesgo de heladas. En lluvias intensas drenan el excedente de agua que se almacena en canales para riego, reduciendo así el potencial de sequías. Los waru waru aportan nutrientes, además de favorecer la diversidad de cultivos y temporadas más largas de producción; todo ello incrementa la productividad.

Metodología de implementación:

1) Una vez verificada la baja permeabilidad del suelo, se procede a trazar las curvas de nivel donde se excavan los canales de aproximadamente 3 m de ancho por 1 m de profundidad. 2) Los materiales extraídos se reacomodan en una plataforma con capas específicas para balancear la infiltración y retención de suelo de la forma siguiente: base de piedra (40 cm), arcilla (30 cm), grava (15 cm), arena (15 cm) y tierra fértil (40 cm). 3) Se establece una relación de espacio de 60% de plataformas y 40% de canales. La orientación y forma varían de acuerdo con la topografía del lugar. Para la reconstrucción de estructuras ancestrales se recomienda contar con el apoyo de técnicos especializados.





Insumos y costos:

Construcción de waru waru en 2500 m² de terreno. Se asume mano de obra mecánica en lugar de labores manuales por razones de costos y tiempo. Los insumos principales son la renta de maquinaria, mano de obra para detalles manuales y herramienta y capacitación. También se asume que los mismos materiales excavados son utilizados en las camas de cultivo. Se consideran 4 días de capacitación sobre el método constructivo, operación y mantenimiento del sistema.

Waru waru de 2500 m² construido con maquinaria

USD

Mano de obra	5550
Materiales	450
Capacitación	240
Total	6240

Beneficios:

Los waru waru producen un microclima que incrementa la diversidad de cultivos y los tiempos de producción, con un rango de aumento en los rendimientos agrícolas del orden de 200% a 300% (PNUD, 2005). En un proyecto de restauración de 850 ha de terrazas y 173 ha de camellones se beneficiaron 1247 familias con rendimientos que se incrementaron de 5 a 8 t/ha en papa y de 3 a 8 t/ha en oca. Los aumentos en ingresos fueron de más de 400% (Sánchez, 1994). En otro caso, Altieri (1999) compara los rendimientos de papa en tierras de pampa con los de estos sistemas y reporta 1–4 t/ha y 13 t/ha, respectivamente. Los waru waru captan agua en las zonas altas y crean sistemas controlados de riego que evitan la creación de cárcavas y el deterioro de suelos, lo que beneficia la flora y fauna nativa. Es un sistema de cultivo tradicional adecuado a condiciones climáticas extremas que favorece la unión de la comunidad.

Limitantes:

El costo de los trabajos manuales para la construcción, limpieza, siembra, cosecha y mantenimiento es alto, aproximadamente 270 días-hombre por hectárea al

año (Altieri, 1999). Estos sistemas no se pueden construir en suelos altamente permeables o en laderas con pendientes mayores al 8%. Se requiere de una comunidad motivada, con altos niveles de organización y cohesión. Otro reto es la comercialización de productos en un mercado reducido y aislado.

Lecciones aprendidas:

Si se pagaran las labores a los costos actuales de mercado, la construcción o rehabilitación de estos sistemas sería prohibitiva para créditos de microfinanzas. Sin embargo, se conocen experiencias de organizaciones que han ofrecido préstamos de bajos intereses así como semillas y otros insumos a cambio de la restauración de estructuras abandonadas. Dicho esto, también se ha observado cierto conflicto entre los mecanismos tradicionales de organización indígena y las expectativas de las instituciones de apoyo al implementar estos sistemas (PNUD, 2005).

Consideraciones adicionales:

Las experiencias demuestran la importancia de revalorar las técnicas tradicionales de conservación de recursos,

diversificación y rotación de cultivos, así como de flexibilización en los tiempos de siembra. Ello promueve que los pueblos asentados en los altiplanos andinos puedan adaptarse a las condiciones extremas presentes y los cambios futuros en el clima. La adaptación al cambio climático basada en ecosistemas requiere de la recuperación de los saberes tradicionales, entre ellos los métodos productivos eficientes y el conocimiento botánico.

Unidad de seguimiento:

Waru waru construidos (ha).

Unidad de impacto:

Productividad (t/ha). Ingresos (\$/familia).

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2005). "Experiencia 3. Suka Kollus: Una comunidad conviviendo con las inundaciones y sequías", en *Gestión Local del Riesgo y Preparativos de Desastres en la Región Andina: Sistematización de buenas prácticas y lecciones aprendidas*. PNUD. | Altieri, M. (1999). "Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming in farming systems in Latin America". *Environment, Development and Sustainability*, vol. 1, no. 3-4, pp. 197-217. | Sánchez, J. (1994). "A seed for rural development: the experience of EDAC-CIED in the Mashcon watershed of Peru". Citado en Altieri (1999). | Altieri, M. (1992). "Sustainable agricultural development in Latin America: exploring the possibilities". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 39: 1-21. | Erickson, C. y Chandler, K (1989). Raised fields and sustainable agriculture in lake Titicaca Basin of Peru, en J.O. Browder (ed.), *Fragile Lands of Latin America*, Westview Press, Boulder, pp. 230-243. Citado en Altieri (1999).



40

ZANJAS-BORDO

Escala

Individual

Colectiva

Enfoque

Inversión

Soporte

Descripción:

Las zanjas-bordo son sistemas simples de manejo de la escorrentía superficial que la interceptan, desvían y distribuyen a velocidades no erosivas para promover la infiltración y encauzar excesos de agua hacia donde no ocasionen daños. Su construcción es parecida a la de los surcos en la que se excava en ángulo recto con respecto a la pendiente del terreno, siguiendo el contorno de las curvas de nivel. El suelo excavado se coloca en la parte baja de la zanja formando un bordo el cual se compacta y estabiliza con vegetación perenne. En caso de eventos extremos las plantas ayudan a retener el suelo con sus raíces y atrapan los sedimentos que se desbordan. Las tierras agrícolas protegidas con zanjas-bordo retienen mayor humedad en el suelo, lo cual favorece a los cultivos.

Lugar de aplicación:

Esta medida es particularmente útil en tierras agrícolas áridas, relativamente planas, que han perdido suelo fértil y tienen problemas de inundación durante lluvias intensas. Los sitios aledaños hacia donde se dirige la escorrentía deben tener suficiente capacidad de infiltración para recibir los excesos de agua. Dada su sencillez de construcción, las zanjas-bor-

do se utilizan ampliamente, sobre todo en terrenos con pendientes menores a 10%.

Amenazas e impactos que atende:

Al mantener humedad en el suelo, las zanjas-bordo reducen el impacto de las sequías y las olas de calor en los cultivos. Asimismo, cuando hay precipitaciones intensas, conducen las escorrentías de agua disminuyendo la erosión y la pérdida de cosechas por inundación.

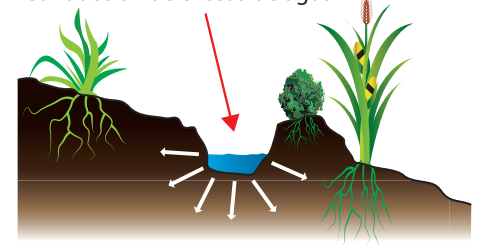
Metodología de implementación:

1) Contar con información sobre precipitaciones máximas en la zona, tipo

de suelo y coeficiente de infiltración. La zanja-bordo debe ser capaz de soportar una inundación moderada. 2) Hacer una zanja de hasta 40 cm de profundidad por 50 cm de ancho, perpendicular a la pendiente y siguiendo las curvas de nivel. El declive óptimo varía entre 0 y 5%, según la inclinación del terreno. 3) Colocar el material excedente en forma de bordo en el lado inferior de la zanja. 4) Establecer el espacio entre cada zanja-bordo en relación con la pendiente del terreno y la precipitación pluvial. Con una pendiente de 2% y una precipitación de menos de 1200 mm, las zanjas se establecen a 40 metros de distancia. 4) Estabilizar el bordo con vegetación perenne. 5) Dar mantenimiento regular, sobre todo después de lluvias intensas.



Infiltración y retención de humedad
Conducción de exceso de agua





Insumos y costos:

Construcción de 1000 m de zanja-bordo, equivalente al perímetro de una superficie máxima de 6,25 ha. Se requiere de herramienta básica de labrado del campo, mano de obra y plantas. Esta medida es de muy fácil aplicación por lo que sólo se considera un solo día de capacitación. Fueron considerados cinco días para el mantenimiento anual.

Zanja-bordo de 1000 m	USD
Mano de obra	1275
Materiales	400
Capacitación	60
Total	1735

Beneficios ecosistémicos y económicos:

Esta medida disminuye los riesgos de pérdida de cosecha por inundación. Una zanja de 300 m puede proteger la producción de una hectárea de terreno que si se cultivara con maíz representaría, por lo menos, 1800 USD al año. También propicia la infiltración y recarga de acuíferos. Cada metro lineal de una zanja de 0,6 m x 0,6 m puede captar 360 L de agua por evento de lluvia, por lo que una zanja de 100 m podría infiltrar hasta 36 000 L (Altieri *et al.*, 2006). En las zanjas se depositan sedimentos orgánicos que pueden servir para acondicionar suelo y reducir el gasto en fertilizantes. Los bordos se establecen con vegetación endémica perenne que produce leña y atrae a insectos y fauna nativa, contribuyendo al control de plagas y a la polinización natural.

Limitantes:

Las zanjas-bordo no se pueden implementar en suelos altamente erosionados o terrenos con pendientes pronunciadas. Si bien su construcción es sencilla y cuesta poco, el grado de protección es

relativamente bajo comparado con otras estructuras como drenajes o terrazas. En suelos pedregosos los costos de excavación se incrementan significativamente.

Lecciones aprendidas:

Es conveniente sobredimensionar las zanjas para permitir el flujo de escorrentía a largo plazo, aún si no se les da el mantenimiento adecuado. El azolve de la zanja y la erosión del bordo reducen paulatinamente la capacidad de flujo del sistema. Cuando se busque generar mayor infiltración se pueden dejar espacios sin excavar, lo que forma zanjas intermitentes que almacenan agua.

Consideraciones adicionales:

Las zanjas-bordo son de fácil aplicación, requieren poca capacitación y los resultados se ven en poco tiempo; sin embargo, cuando se realizan trazados erróneos, éstos pueden causar problemas de erosión. Pueden ser complementadas con drenajes, sistemas para captar agua pluvial o ser usadas como medida para la restauración de ecosistemas. Cuando la escorrentía trae consigo grandes cantidades de sedimentos se recomienda em-

plear medidas complementarias, como barreras de plantas, piedras o leños, para interceptar los sedimentos y evitar el azolvamiento de las zanjas.

Unidad de seguimiento:

Longitud de zanjas construidas (m).
Superficie de terrenos con zanjas (ha).

Unidad de impacto:

Productividad (t/ha). Disminución de pérdidas por inundaciones (\$/ha)

Proyecto MEbA

Oficina de Coordinación

+507 305 3166

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

Referencias:

Altieri, M. *et al.* (2006). "Manejo del agua y restauración productiva en la región indígena Mixteca de Puebla y Oaxaca". Citado en Altieri M. y Koohafkan, P. (2008). *Enduring Farms: Climate change, smallholders and traditional farming communities*. Third World Network. Penang, Malasia. | SAGARPA (s/f). *Manejo de escurrimientos*. Serie Sistema de Agronegocios Agrícolas. | *Acequias a nivel*. PASOLAC. Fundación para el desarrollo Agropecuario y forestal Nicaragua. Disponible en: http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_08.pdf. | SAGARPA (s/f). *Zanja derivadora*. Disponible en: http://www.coussa.mx/Docs/MaterialTec/Fichas/18ZANJA_DERIVADORA.pdf.

Siguientes pasos

A partir de la sistematización aquí presentada se realizará un análisis costo-beneficio más riguroso y detallado. También se identificarán medidas adicionales enfocadas en otras áreas de interés del proyecto. Como siguiente paso, las 40 medidas propuestas se clasificarán de la siguiente forma:

- Medidas que cumplen con todos los criterios MEbA por sí mismas y se pueden incluir en servicios y productos microfinancieros de forma individual.
- Medidas que cumplen con los criterios MEbA de forma parcial o total y pueden incluirse en servicios y productos microfinancieros, en asociación con otras, dentro de un paquete simultáneo.
- Medidas que cumplen con los criterios MEbA de forma parcial o total y pueden incluirse en servicios y productos microfinancieros, en asociación con otras, dentro de un paquete escalonado en el tiempo.

A manera de ejemplo, y bajo el entendido de que las acciones propuestas no abarcan la profundidad de los conceptos, se incluyeron dos casos de paquetes de medidas escalonadas en las fichas de permacultura y agricultura ecológica. Los costos incluidos en esas fichas son una estimación que aún requiere afinarse, pero dan la idea del tipo de inversión requerida. En muchos casos estos montos podrán disminuir si la mano de obra es considerada como co-inversión por parte del agricultor.

Se espera que estas medidas sistematizadas sean de utilidad para orientar la toma de decisiones dentro de la metodología crediticia de las instituciones de microfinanzas e incrementar la resiliencia ante el cambio climático de los productores. A final de cuentas serán ellos los encargados de ponerlas en práctica. Sin duda, este ejercicio ha sido de gran utilidad para quienes vemos la adaptación basada en ecosistemas no sólo como una opción, sino como una necesidad y una oportunidad de comenzar un cambio hacia la sustentabilidad.

CRÉDITOS

Microfinanzas para la Adaptación basada en Ecosistemas: Opciones, costos y beneficios. Obra completa: 40 fichas descriptivas. **┃ Editores:** Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance. **┃ Editor Principal:** Jacinto Buenfil. **┃ Coordinador General del Proyecto MEbA:** Jason Spensley. **┃ Coordinador del Proyecto MEbA por parte de Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre:** Christoph Jungfleisch. **┃ Desarrollo de contenidos:** Jacinto Buenfil, Integradora de Servicios y Sistemas Ambientales (ISSA), Carlos Andrés Alape. **┃ Corrección de estilo:** Pauly Bothe. **┃ Diseño e ilustraciones:** Óscar Alonso. **┃ Diagramación:** Gema Alín Martínez.



Frankfurt School
UNEP Collaborating Centre
for Climate & Sustainable Energy Finance

Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania

meba@pnuma.org

<http://www.pnuma.org/meba>

PARA MAYOR INFORMACIÓN:

Jason Spensley - PNUMA

Oficial de Programa – Cambio Climático
Teléfono: +507 305 3127
Correo: jason.spensley@unep.org

Christoph Jungfleisch

Coordinador de Proyecto MEbA – Frankfurt School-UNEP
Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance
Teléfono: +507 305 3165
Correo: c.jungfleisch@fs.de

Jacinto Buenfil - PNUMA

Asesor de Proyectos de Cambio Climático
Teléfono: +507 305 3159
Correo: jacinto.buenfil@unep-rolac.org

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Edificio 103, Avenida Morse, Ciudad del Saber, Clayton P.O.Box: PNUMA 0843-03590 Balboa Ciudad de Panamá, Panamá