



Programa Regional de  
Investigación e Innovación por  
Cadenas de Valor Agrícola



# BUENAS PRÁCTICAS PARA EL DESARROLLO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE Y AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO







# Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola



## BUENAS PRÁCTICAS PARA EL DESARROLLO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE Y AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Diciembre, 2016

[www.priica.sictanet.org](http://www.priica.sictanet.org)



Este documento ha sido producido dentro del "Programa regional de Investigación e Innovación por cadenas de Valor Agrícola (PRIICA), mediante la consultoría CRC-025 de la Representación del IICA en Costa Rica. El PRIICA es ejecutado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en colaboración con los institutos nacionales de investigación agrícola (INIA), con recursos de la Unión Europea, el cual pretende reforzar la seguridad alimentaria y nutricional de los productores, por medio de la conformación de alianzas entre el sector público y privado, la gestión del conocimiento y la investigación e innovación en yuca, papa, tomate y aguacate en Centroamérica y Panamá.

Fotografías con fines ilustrativos de las figuras 1, 2, 5 y 6 aportadas por la UCP del PRIICA. Las correspondientes a las figuras 3, 4, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b, 10a, 10b, 11, 12a, 12b, 13, 14a, 14b, 14c, 15, 16, 17a, 17b, 18a y 18b fueron suministradas por el CATIE como ejecutores de la consultoría.

Las opiniones expresadas en el mismo no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea ni del IICA.

[www.priica.sictanet.org](http://www.priica.sictanet.org)

**Elaborado por:**

Lorena San Román

Jeanette Cárdenas

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

**Revisado y editado por:**

Allan Meneses, Innovación Tecnológica del PRIICA

Esteban López, Seguimiento y Evaluación del PRIICA

Miguel Altamirano, Coordinador Regional del PRIICA

Unidad Coordinadora del Programa (UCP)

**Diseño y diagramación por:**

Handerson Bolívar | [www.altdigital.com](http://www.altdigital.com)

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.....	7
1. BARRERAS VIVAS.....	9
2. ABONO VERDE.....	13
3. NIVEL EN “A”.....	18
4. BANCOS FORRAJEROS CON ESPECIES PARA CORTE Y ACARREO.....	23
5. DIQUES DE CONTENCIÓN.....	29
6. CULTIVOS EN CALLEJONES.....	33
7. LOMBRICULTURA.....	38
8. MANEJO DE RESIDUOS DE CULTIVOS.....	43
9. LIRIOS ACUÁTICOS.....	47
10. CORTINAS ROMPEVIENTOS.....	51
11. MANEJO DE PATIOS DE ACOPIO.....	56
12. GAVIONES.....	60
13. CULTIVOS EN HIDROPONÍA.....	64
GESTIÓN SOSTENIBLE DEL RECURSO AGUA.....	69
14. PROTECCIÓN DE RIBERAS.....	71
15. PROTECCIÓN DE MANANTIALES (NACIENTES).....	75
16. CAPTACIÓN DEL AGUA DE SU TECHO.....	79
17. DIQUES PARA ALMACENAR AGUA Y CONTROLAR EROSIÓN.....	84
18. RIEGO POR ASPERSIÓN CON SISTEMA TIPO MICROJET.....	89
EJERCICIO PARA ESTIMAR LOS COSTOS DE LA TECNOLOGÍA SOSTENIBLE PARA LA ADOPCIÓN EN FINCA.....	93



# INTRODUCCIÓN

Este documento de buenas prácticas para el desarrollo de agricultura sostenible para afrontar el cambio climático es un instrumento de guía y consulta para los actores que se desempeñan en Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícolas (PRIICA). Las prácticas sostenibles contribuyen al objetivo principal de PRIICA que es incrementar la disponibilidad y acceso a los alimentos, a través de la investigación agrícola, como instrumento para luchar en contra de la pobreza y el hambre.

El mismo, ofrece una variedad de opciones de buenas prácticas que ayudarán a la toma de decisiones desde el punto de vista económico y ambiental frente a los desafíos del sector agropecuario ante el cambio climático; especialmente en productos cadena como tomate, yuca, papa y aguacate. En este sentido cabe destacar que para su elaboración se han tenido en cuenta el abordaje de los desafíos definidos en el Plan Operativo Global DCI-FOOD/222947, EuropeAidID: 6000129527, como son: (i) la fragilidad institucional en investigación agrícola y los servicios de extensión y transferencia; (ii) la heterogeneidad regional entre los sistemas de investigación; (iii) la reducción de la inversión pública en investigación; (iv) la escasa cooperación entre institutos de investigación en la región; (v) un enfoque tradicional en tecnología y extensión; y (vi) atención limitada a sistemas de producción local (grupos de pequeños productores).

Mediante este aporte el PRIICA espera mejorar las capacidades de los actores para fortalecer sus conocimientos y elevar las condiciones alimentarias y socioeconómicas de los pequeños productores en la región; al mismo tiempo fortalecer las capacidades institucionales de los Institutos de Investigación de la región y de los Sistemas Nacionales de Investigación y Transferencia de Tecnología Agrícola (SNITTA). Esto ayudará a lograr la sostenibilidad de los resultados del proyecto y atender a largo plazo las demandas de los grupos vulnerables, así como a los sistemas de producción local para el fortalecimiento de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) en Centroamérica y Panamá.





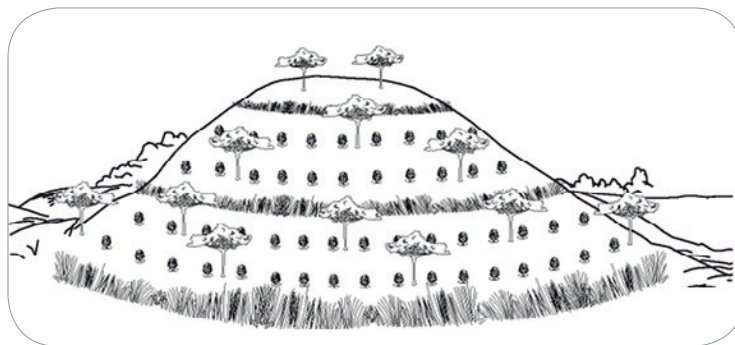
# CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS



# 1. BARRERAS VIVAS

## ¿Qué son?

Son plantas sembradas en hileras, preferiblemente en alta densidad de manera perpendicular a la pendiente (en contorno), o con cierto gradiente longitudinal cuando sirven como complemento a una obra física. Son importantes de utilizar para los productores asentados en zonas de ladera, donde la erosión hídrica es evidente. Se pueden combinar con cultivos de cobertura y otras obras de conservación de suelos y agua como, las acequias de ladera, terrazas de banco y barreras muertas. Deben seleccionarse especies de crecimiento rápido, preferiblemente maderables de alto valor económico, con capacidad de auto-poda y resistencia a plagas y enfermedades. En suelos de ladera, la preparación de la tierra se restringe a operaciones sencillas.



**Figura 1.** Barreras vivas sembradas en contorno

**Fuente:** <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=3390>

## ¿Cómo Funcionan?

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

## ¿Qué especies se pueden utilizar?

Se pueden utilizar zacates, arbustos, árboles forestales o frutales, plantas leguminosas y otros. Las especies varían según la región, las más comunes son: zacate, té de limón, pasto 'napier' o 'king grass', piña, piñuela/muta, caña de azúcar, izote o itabo, gandul, banano, malanga y pacaya entre otras (FAO 2011).

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En pendientes superiores al 15%, la barrera viva como única medida para mitigar la erosión es poco funcional, por lo tanto, las mismas deberán ser el complemento a algún tipo de obra física de evacuación de las aguas de escorrentía superficial, como lo son las acequias y canales de guardia. La barrera se siembra a 20-30 cm, arriba del talud superior.
- b) Social:** La biomasa obtenida en base a un plan de manejo adecuado, significa beneficios directos para el productor (forraje, leña, estacas, hojarasca). Su adopción como práctica depende del grado de conciencia del agricultor respecto a la erosión.
- c) Económico:** implica costos adicionales, pero puede generar beneficios que permiten recuperar la inversión y obtener excedentes de productos. Mendoza (2000) encontró que las barreras vivas de *G. sepium* aumentaron el rendimiento de maíz en un 45% en comparación al rendimiento del testigo sin barreras vivas. El estudio concluyó que las barreras vivas de *G. sepium* contribuyeron a lograr beneficios netos superiores al testigo, aún bajo la influencia de precipitaciones intensas provocadas por el huracán Mitch.
- d) Ambiental:** Protección y conservación de los recursos suelo y agua, recuperación de la fertilidad natural de los suelos por reducción de la erosión por incidencia de la precipitación y retención de la humedad del suelo para optimizar el aprovechamiento del agua disponible. Hay mejoras de la fertilidad por la adición de materia orgánica que cae de las barreras vivas, incrementando la diversidad macro y microbiológica. Todas estas acciones incrementan la resiliencia y adaptación de los agro-ecosistemas a los escenarios de variabilidad y cambio climático (Pérez 2009).

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

- Las barreras vivas se pueden establecer utilizando secciones de tallo de entre 30 ó 40 cm. Es deseable que el material o semilla sea previamente tratado contra plagas del suelo.
- El lugar de siembra debe estar libre de malezas y si se siembra en época seca es deseable contar con un sistema de agua de riego funcionando para garantizar que el zacate o sorgo no se pierda por falta de humedad.
- Garantizada una buena humedad en el suelo se procede a la siembra de la barrera viva. El establecimiento de la barrera viva debe comenzar 20 o 30 días antes de establecer en cultivo de interés. Un mes después de la siembra, se debe fertilizar con una fórmula rica en fósforo para favorecer el desarrollo de raíces y acelerar el crecimiento de la barrera viva. La separación entre las barreras varía según la pendiente del terreno. Para que las barreras vivas sean efectivas se deben sembrar entre 2 a 4 hileras distanciadas cada 20 cm, tratando que la barrera tenga un ancho de 60 cm de ancho. El distanciamiento entre las barreras varía según la pendiente del terreno (Kondo, sf).
- Es una práctica muy útil y sencilla en la recuperación de tierras degradadas, como barrancos y terrenos inhabilitados por la erosión laminar<sup>1</sup>. Produce muy poca remoción de terreno. Sirven de líneas guías para los trabajos de labranza, siembra a contorno. Se puede considerar una limitación el mantenimiento que demanda mano de obra y tiempo adicional. Hay competencia por nutrientes y luz entre la barrera y el cultivo (Pérez 2009).
- El establecimiento de un kilómetro de barrera viva es de 1850 USD (cuadro 1), se estima que una sola persona puede sembrar alrededor de 100 metros lineales por día. A nivel parcela, después de la introducción inicial, se puede ir sacando material de las barreras establecidas, en vez de comprar plantas de los viveros lo cual ayuda a reducir el costo de establecimiento.
- El mantenimiento depende en su mayoría del costo de la mano de obra empleada, pudiendo este alcanzar los 212 USD/km/año. Este implica revisar la barrera para identificar los espacios vacíos por plantas muertas y resembrarlos para mantenerlas densas o tupidas; se requieren de 3 a 4 limpiezas por año durante los dos primeros años; podar las especies de pastos a 0,75 – 1,0 metro para evitar que crezca mucho y le de sombra al cultivo. Las podas generan el rebrote de hijos vigorosos, lo que la hace más densas y tupidas y así pueden retener mejor el suelo. Les permiten a las obras físicas (zanjas o acequias) evacuar más fácilmente el agua, además de protegerlas y con el tiempo van formando pequeñas terrazas por la acumulación del suelo.

---

1 Erosión laminar o interarroyaderos. Erosión hídrica por escorrentía superficial difusa. Descripción: Pérdida de una capa delgada más o menos uniforme de suelo (partículas liberadas por salpicadura) en un terreno inclinado.

**Cuadro 1.** Ejemplo del costo de establecimiento y mantenimiento de barreras vivas (USD/km).

Concepto	Unidad	Costo en USD		
		Cantidad	Unitario	Total
<b>Establecimiento</b>				
Material vegetativo	Kg	1000	0,5	500,00
Transporte	Flete	10	25	250,00
Preparación de material de corte	Jornal	30	10	300
Siembra y fertilización	Jornal	70	10	700
Fertilizante (15-15-15)	Kg	250	0,40	100,00
<b>TOTAL</b>				<b>1.850,00</b>
<b>Mantenimiento</b>				
Manejo de plantas/resiembra	Jornales	12	17,67	212,04
<b>TOTAL</b>				<b>212,04</b>

\* Un jornal equivale a seis horas día<sup>-1</sup>hombre<sup>-1</sup>.

Fuente: adaptado de Kondo (sf)

## Literatura consultada:

- Kondo, S. sf. Barreras vivas. Guía Técnica 7. Consultado el 25 octubre de 2016. Disponible en [https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable\\_07.pdf](https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_07.pdf)
- Mendoza, R. 2000. Efecto de barreras vivas sobre la erosión hídrica: rendimientos de maíz y frijol bajo los fenómenos de El Niño y el huracán Mitch. Revista Laderas Centroamericana 3(10):5-8. PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, IT). 2011. Colección buenas prácticas: Cercas vivas. Consultado el 25 de octubre 2016. Disponible en <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641664990/barrerasfinal.pdf>
- Pérez, C. 2009. Barreras vivas para producción de granos básicos en zonas de laderas de América Central. In Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Eds. C Sepúlveda y M Ibrahim. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 17 p.

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Byron Millán, Jeanette Cárdenas Chacón, Karla Cáceres Johnson y Lorena San Román

## 2. ABONO VERDE

### ¿Qué es?

Son plantas de rápido crecimiento que producen abundante follaje y cuyo destino es la incorporación de la biomasa verde para mejorar el suelo. Principalmente se utilizan leguminosas, ya que permiten una ganancia neta en nitrógeno para el suelo. Las raíces también incrementan el contenido de materia orgánica y propiedades fisicoquímicas del suelo (Carreón y Martínez 2016).



**Figura 2.** Cultivo de abono verde

**Fuente:** <http://www.mariquitas-insectos-beneficiosos.com/album/index.php/abono-verde/abono-verde>

### ¿Cómo se usa?

Su uso se recomienda en terrazas recién construidas o en áreas recién rehabilitadas en donde no existan otras fuentes de abono orgánico. Generalmente se incorporan en su etapa de floración, momento en el cual el cultivo tiene la mayor cantidad de materia verde. Un buen abono debe proporcionar de 20 a 50 toneladas/ha de biomasa con un contenido en material seca de 10 a 15% (García *et al.*, 2002; SAGARPA 2016).

## ¿Cómo ayuda?

- Aporta materia orgánica al suelo.
- Libera nutrientes durante su mineralización.
- Disminuye la lixiviación de nutrientes.
- Transfiere nutrientes del subsuelo a la capa arable.
- Aumenta el rendimiento del cultivo siguiente debido al aporte de nutrientes.
- Mejora la estructura, capacidad de retención de humedad, y la aireación del suelo.
- Disminuye la erosión y aumenta la agregación del suelo.
- Aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, ayuda a corregir el pH del suelo, a controlar las malezas, plagas y enfermedades (García *et al.*, 2002; Martínez y Leyva 2014; SAGARPA 2016).

## ¿Qué especies se pueden utilizar?

Algunas especies que se pueden utilizar: trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo/trébol encarnado (*Trifolium pratense/Trifolium incarnatum*), veza o vicia (*Vicia villosa/Vicia angustifolia*), alfalfa (*Medicago sativa*), pega-pega (*Desmodium intortum, D. distortum, D. axillaris, D. ovalifolium, D. triflorum*), centro/gakkinita (*Centrosema pubescens, C. plumieri*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*), kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*), acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*) (García 2006).

## Aspectos relevantes a ser considerado para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Las especies a utilizar deben adaptarse a los suelos pobres, fácil de sembrar, con preparación mínima del suelo, resistentes a la sombra, a la sequía y a enfermedades y de rápido desarrollo y buena cobertura del suelo. La aplicación de esta práctica se debe investigar para cada sitio específico, de acuerdo con las condiciones socioeconómicas y agroecológicas del agricultor. Normalmente los abonos verdes se usan en los tiempos muertos dentro de la rotación, entre dos ciclos de cultivo y se aconseja poner el abono verde tres semanas antes de sembrar el cultivo principal para recuperen los niveles de nitrógeno y oxígeno en el suelo (SAGARPA 2016; Martínez y Leyva 2014).



## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** en vista que la pendiente es una limitante de la aplicación de esta técnica es deseable que no sea mayor de 40% (CIAT 2004), su utilización dependerá de cada cuenca particular; beneficiándose en su mayoría los productores de la cuenca baja y media. Sin embargo, es factible usarla en cultivos de ladera.
- b) Social:** Los agricultores pueden utilizar los abonos verdes para complementar la dieta familiar y de los animales, reducir los costos de labranza e incrementan el beneficio económico del agricultor, generar empleo y, por lo tanto, contribuir al bienestar social.
- c) Económico:** Los rendimientos de maíz en los campos con abonos verdes son más altos, y en promedio esos rendimientos duplican los obtenidos en parcelas testigos no sembradas con abonos verdes. Esto genera mayores ingresos económicos al tener mejor producción agrícola. Reduce la compra de fertilizantes y mejora la economía de productor (García *et al.*, 2002; CIAT 2004). Por ejemplo, en un ensayo realizado por el CIAT en 2001 – 2002, Llanos Orientales de Colombia, los mayores rendimientos de arroz (3,5 ton/ha), se obtuvieron cuando se incorporó *Mucuna pruriens* CIAT 9343 como abono verde a los 80-90 días después de la siembra, seguido por *Vigna unguiculata* IT6D-733. Estos rendimientos fueron comparables con aplicaciones de 40 – 80 Kg/ha de Nitrógeno (CIAT 2004).
- d) Ambiental:** En vista que proporciona cobertura al suelo, disminuye la erosión. Se evita la utilización de fertilizantes lo que es beneficioso para el medio ambiente. Los aportes de nitrógeno de los abonos verdes tienen gran potencial de fijación biológica de nitrógeno. Mediante un adecuado programa de enmienda se pueden reducir las emisiones de GEI como el de óxido nitroso al suministrar la cantidad precisa de fertilizantes nitrogenados, obteniendo buenos rendimientos (García y Leyva 2014).

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

Su establecimiento es de bajo costo y ronda los USD 186/ha (cuadro 2). Esto implica que los agricultores deben ser capaces de producir su propia semilla año tras año, y que estos cultivos sean resistentes a las enfermedades o a los problemas de insectos.

Se puede utilizar de tres maneras:

- a)** En intercalado alterno, sembrando un mes después del período de un cultivo;
- b)** En barbecho, cuando las tierras salen del ciclo de producción, y
- c)** En época seca, se siembra en las últimas lluvias del año, después de la cosecha.

Si se incorpora el abono verde en la floración, se dispone de la biomasa máxima para la incorporación. Si se cosechan las frutas (vainas), gran parte de los nutrientes estarán concentrados en ellos, y la cantidad de nutrientes en la materia verde se reducirá sustancialmente.

En el mantenimiento se está considerando la incorporación del material al suelo. Este puede ser manual o mecanizado. En el caso de manual, se corta el abono verde con machete y se deja secar completamente al sol, luego se incorpora con la labranza manual. Después se siembra al voleo la semilla del cultivo que el agricultor haya seleccionado. Esta actividad tiene un costo de aproximadamente USD 180/ha que puede variar según el país (Cuadro 1).

Con respecto al trabajo mecanizado, primero se podría usar una chapeadora para el corte del material y luego una pasada de rastra de discos para incorporar el abono verde superficialmente. Incluso después de la fase de fermentación intensa se podría dar otra pasada de rastra para una incorporación más profunda del abono. El costo de esta opción mecanizada ronda los USD 150/ha.

**Cuadro 2.** Establecimiento y mantenimiento de abono verde de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*; USD/ha).

Concepto	Unidad	Abono Verde		
		Cantidad	Costo USD unitario	Costo USD total
<b>Establecimiento</b>				
Preparación del terreno	Jornales	4	18	72,00
Semilla de Fríjol terciopelo ( <i>Mucuna</i> sp)	Kilogramo	20	3	60,00
Mano de Obra (jornales)*	Jornales	3	18	54,00
TOTAL				186,00
<b>Mantenimiento **</b>				
Manejo e incorporación al suelo del cultivo	Jornales	10	18	180,00
TOTAL				180,00

\* 6 horas día hombre.

\*\* Incorporación manual del abono verde al suelo.

**Fuente:** Elaboración propia.

## Literatura consultada:

- Carreón, S; Martínez, M. 2016. Abonos Verdes. Consultado el 23 de setiembre 2016. Disponible en <http://es.slideshare.net/frederys1712/abonos-verdes-sagarpa>
- CIAT, 2004. Proyecto Comunidades y Cuencas. Ficha técnica. 10 p.
- García, L. 2006. Uso de abonos verdes en cultivos agrícolas. Universidad Nacional Agraria – ASDI. 20 p. Serie técnica no. 10.
- García, M; Alvarez M.G; Tret, E. 2002. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba. Cultivos Tropicales 23(3):19-25.
- Martínez, A; Leyva, A. 2014. La biomasa de los cultivos en los agroecosistemas. Sus beneficios agroecológicos. Cultivos Tropicales 35(1):11-20.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA, MX). Abonos verdes. 2016. Consultado el 20 de noviembre 2016. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20Verdes.pdf>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Fabiola Tabora, Jeanette Cárdenas Chacón y Karla Cáceres Johnson y Lorena San Román.

### 3. NIVEL EN "A"

#### ¿Qué es?

El nivel "A" es una herramienta agrícola con forma de A mayúscula, que el agricultor fácilmente puede construir. Es útil, eficaz y de fácil aplicación para la construcción de obras de conservación de suelos y agua en terrenos inclinados. Sirve para guiar las líneas de la siembra de los cultivos, de tal forma que la lluvia no arrastre la tierra y erosione el terreno. El nivel en "A" sirve para trazar en el terreno curvas a nivel (figura 3). Una curva a nivel, es una línea curva, cuyos puntos están a la misma altura, o sea, que una persona, siguiendo una curva a nivel, nunca baja ni sube. Por eso, el agua, en una zanja de infiltración, construida según una curva a nivel, no va correr por ningún lado y va a tener que infiltrarse (Faustino, 2015).

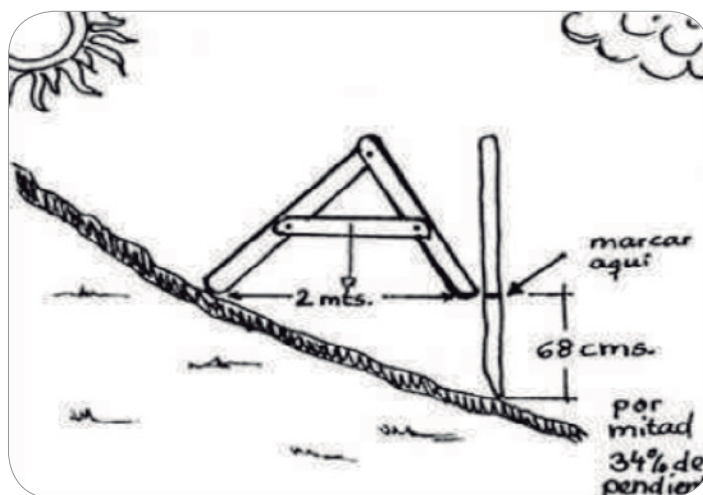


Figura 3. Diseño de curvas a nivel usando el nivel en "A"

## ¿Cómo Funciona?

Se trazará la línea de la máxima pendiente dominante a través del terreno, está formará una o más secciones consecutivas. Se coloca una parte del nivel A en la estaca C y hacia la derecha se busca una posición de la otra pata de manera que el hilo de la plomada pase por el punto central de calibración, en este momento se coloca una estaca (punto 1), luego aquí se coloca la pata del nivel A que estuvo en el punto C y se continua con la plomada buscando los siguientes puntos para formar la curva. Ejemplo de función de nivel en A calculando las pendientes, así como por dónde van las curvas de nivel (figura 3). El Cuadro 3a muestra la relación que debe tener el porcentaje de pendiente o inclinación con las distancias entre las curvas de nivel (USDA 2016).

**Cuadro 3a.** Relación en % de inclinación de ladera y la distancia entre curvas de nivel.

% de inclinación de la ladera	Distancia entre curvas (metros)
2 %	30 m
5 %	28 m
8 %	24 m
10 %	20 m
14 %	18 m
16 %	16 m
20 %	14 m
25 %	12 m
30 %	10 m
35 %	8 m
40 %	6 m
45 %	4 m
45-60%	Terrazas individuales continuas

Fuente: PCAC (sf)

## ¿Cómo ayuda?

- Previene la pérdida de suelo por erosión.
- Evita el escurrimiento del agua cuando llueve.
- Permite que el agua se riegue uniformemente en la superficie del suelo.
- Propicia un buen drenaje de las aguas en el terreno.
- Controla los desniveles del terreno facilitando su óptimo aprovechamiento.
- Facilita el manejo y mantenimiento del cultivo.

## ¿Construcción y uso?

El procedimiento para construcción del Nivel "A" consiste en cortar varas rectas, clavarlas y graduarlas, utilizando para esto: una cinta métrica, clavos, martillo, machete, una botella o piedra, cuerda nylon y marcadores. Además, es necesaria la participación de al menos dos personas en el trazado de las curvas (PCAC sf; USDA 2016).

### Instrucciones:

- a)** Coloque una estaca o bandera y la punta de una de las patas del nivel en un lugar en donde quiere comenzar el trazado de las curvas a nivel. Esto es, la pata (A) del nivel.
- b)** La otra pata (B) del nivel, se ubica hacia la dirección que quiere marcar la curva a nivel sobre el suelo.
- c)** Mueva hacia arriba o hacia abajo la pata (B) hasta que el cordón de la plomada este en el punto de calibración (C) que está marcado en el palo transversal.
- d)** Cuando alcance el punto de calibración coloque una estaca o bandera en la otra pata del nivel.
- e)** Sucesivamente mueva el nivel, de forma que la pata A ahora esté en el sitio marcado por la pata B hasta que termine de marcar las curvas sobre el suelo. Coloque banderas o estacas en cada punto.

Algunas consideraciones para su buen uso son las siguientes:

- Evitar el uso del nivel "A" en ocasiones de excesivo viento, en todo caso el peso de la plomada debe ser muy consistente para evitar errores por el balanceo de la cuerda.
- La posición del observador de la plomada debe ser céntrica y lo más paralela a la dirección de la cuerda.

## Análisis de sostenibilidad:

- **Rango de Aplicabilidad:** el nivel en A conviene usarlo para marcar terrazas, marcar zanjas, marcar surcos, marcar siembras a nivel. Si existiera otra parcela más arriba, se recomienda motivar al otro parcelero para que también adopte esta medida ya que de lo contrario esa parcela puede estropear la obra que se realice.
- **Social:** Genera ocupación de mano de obra.
- **Económico:** La inversión que se requiere para construir el aparato es mínima, mejora el rendimiento de los cultivos.
- **Ambiental:** El uso del nivel "A" para definir las curvas a nivel es un método eficaz para sembrar cultivos y conservar la calidad del suelo (CIFOR 2010) evitando su erosión por el incremento significativo de las lluvias en intensidad y frecuencia. Sembrando a curvas de nivel, cada surco o hilera del cultivo se oponen al paso del agua de lluvia que no se logra filtrar en el suelo, disminuyendo su velocidad, y así hay menos arrastre del suelo y nutrientes. Además, hacer acequias a curvas a nivel permite conservar el agua en zonas vulnerables al cambio climático, y controlar la generación de sedimentos con consecuencias negativas aguas abajo (Aranda s.f.). En suelos con mal drenaje por ser pesados o arcillosos, se debe trazar las curvas a desnivel de 0.5 a 1% de pendiente hacia el desagüe o zanjón protegido, para que hacia allí se puedan drenar las aguas lluvias que no se logran infiltrar en el suelo.

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

El costo de elaboración es bajo en promedio como 50 USD (Cuadro 3b). Si los materiales como madera se consiguen en la finca el costo se podría reducir.

Por ser un instrumento de medición cada vez que se la va a usar debe hay que chequear la precisión del nivel (USDA 2016). Algunas consideraciones de mantenimiento y revisión previas a su uso son las siguientes:

- La calibración de la plomada y las uniones deben estar bien ajustadas a fin de evitar errores en el trazado de las curvas.
- Al construir el nivel A, el largo de la cuerda de la plomada al campaneo debe pasar por los extremos del travesaño.
- En cualquier estación de trabajo; una manera de controlar la precisión del nivel es, mediante un cambio a la posición inversa.

**Cuadro 3b.** Costo de la elaboración de un nivel en A” (costo en USD).

Implementos	Costo unitario USD	Total USD
Dos reglas de madera de 2 m de largo por 5 centímetros (2 pulgadas) de ancho por 2.5 cm (1 pulgada) de grueso	3,93	7,86
Una regla de madera de 1.10 m de largo por 5 cm de ancho por 2.5 cm de grueso.	3,93	3,93
Cinta métrica	10	10
Dos trompos de 20-25 cm de alto y 5 cm de diámetro	1	2
Un nivel de cuerda o nivel de albañil	15	15
Tres clavos de unos 6-8 cm de largo	0,5	0,5
Cuerda fina o cáñamo de costurar sacos	0,5	0,5
Lápiz tinta	0,2	0,2
Navaja	10	10
Seis monedas de 10 centavos	0,1	0,1
Una piedra, o botella con su tapa o rosca para utilizarla como plomada.	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>50,09</b>

**Fuente:** Adaptado del PCAC (sf).

## Literatura consultada:

- Aranda, J. s.f. Manual de buenas prácticas para la producción de café sustentable. Consultado el 22 de agosto 2016. Disponible en [http://www.alianza-mredd.org/uploads/ckfinder\\_files/files/coffee\\_production.pdf](http://www.alianza-mredd.org/uploads/ckfinder_files/files/coffee_production.pdf)
- CIFOR. 2010. Agricultores de Costa Rica combaten al cambio climático protegiendo su suelo. Consultado el 20 de agosto 2016. Disponible en: <http://blog.cifor.org/8329/agricultores-de-costa-rica-combaten-al-cambio-climatico-protegiendo-su-suelo?fnl=es>
- Faustino, J. 2015. Conservación de Suelos y Aguas: Uso del Nivel “A”. Turrialba, C.R., CATIE. 21 p. Proyecto de RENARM / MANEJO DE CUENCAS. Disponible en: [http://www.fudis.info/Proy\\_Silvop\\_LosHules.htm](http://www.fudis.info/Proy_Silvop_LosHules.htm). Mayo, 2015.
- Programa de Campesino a Campesino (PCAC, NI). sf. Construcción y uso del nivel A. CONFRAS. Serie de folletos De Campesino a Campesino no. 1. Consultado el 20 de agosto 2016. Disponible en: [http://confrass.com/documentos\\_b/Operativos/Serie%20de%20Campesino%20a%20Campesino-1.pdf](http://confrass.com/documentos_b/Operativos/Serie%20de%20Campesino%20a%20Campesino-1.pdf)
- United State Department of Agriculture (USDA, US). 2016. EL NIVEL EN A: para marcar curvas a nivel (contornos). Hoja informativa, enero 2016. [file:///D:/Cristobal%20V/Documents/Downloads/EL\\_Nivel\\_A\\_Hoja\\_Informativa.pdf](file:///D:/Cristobal%20V/Documents/Downloads/EL_Nivel_A_Hoja_Informativa.pdf)

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Lorena San Román y Nelson González.



## 4. BANCOS FORRAJEROS CON ESPECIES PARA CORTE Y ACARREO

### ¿Qué son?

Son sistemas de cultivo en el cual las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas crecen en un bloque compacto y con alta densidad, con miras a maximizar la producción de biomasa de alta calidad nutritiva. Los bancos mixtos forrajeros también son cultivos intensivos de forrajes arbustivos (follajes ricos en proteínas, minerales y vitaminas) y herbáceos (caña de azúcar y pastos de corte, ricos en azúcares solubles y fibra), diseñados para maximizar la producción de hojas y de tallos, se pueden cortar, acarrear y suministrar a los animales durante todo el año. Los bancos forrajeros como suplemento de las pasturas incrementan la producción de leche hasta en 20% y reducen los costos de producción en 40% (Ibrahim *et al.*, 1998; Ibrahim *et al.*, 2001), aumentando los ingresos netos de la finca (Camero 1996).

Entre las especies de uso común como bancos forrajeros se tienen las leñosas como la Morera (*Morus alba*); Cratilya (*Cratilya argentea*), Quiebra barrigo o nacedero (*Trichanthera gigantea*); Mata ratón, Madre cacao o Madero Negro (*Gliricidia sepium*); Leucaena (*Leucaena leucocephala*); Poró (*Erythrina spp.*); Clavelón (*Hibiscus rosasinensis*); Caliandra (*Calliandra calothyrsus*); Gandul (*Cajanus cajan*); y Botón de oro (*Thitonia diversifolia*). En el caso de las gramíneas la Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); Napier, King Grass o Taiwan (*Pennisetum purpureum*); Maíz (*Zea mays*); Sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*), Avena forrajera (*Avena sativa*) Maralfalfa (*Pennisetum sp*) y OM22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*).



**Figura 4.** Bancos forrajeros de caña de azúcar (izquierda y *Cratilya* (derecha)

## ¿Cómo Funcionan?

El forraje de ciertas especies leñosas puede ser una fuente importante para suplir las necesidades de alimento y proteína de los animales en estas épocas críticas, principalmente cuando las sequías y otros fenómenos como las heladas disminuyen considerablemente la disponibilidad de forraje para los animales. Esto ayudará a prevenir otras acciones que tiendan a degradar los recursos de la cuenca.

## ¿Cómo ayuda?

- Alimentación de los animales en corral con forraje altamente nutritivo.
- Contribuye al mejoramiento de la calidad de la dieta lo cual repercute en una disminución en las emisiones de metano.
- Se constituyen en sumideros de carbono.
- Menor dependencia de insumos externos, bajan los costos de producción.
- Se tienen cargas animales altas, por la capacidad de producción de biomasa de las especies forrajeras.
- Se pueden tener especies de alta calidad nutritiva que no soportan el pisoteo, pero funcionan bien para corte y acarreo.
- Mejor rendimiento de carne por animal, ya que se trata de animales que se sacrifican jóvenes.
- Liberación de áreas con problemas de erosión, inundación, entre otros que pueden ser reforestadas o regeneradas naturalmente.
- Mejor uso del suelo de acuerdo a su capacidad y planificación adecuada.
- Mejor utilización de los recursos de finca, se dan reciclajes de nutrientes, por ejemplo, las excretas se pueden usar como fertilizantes orgánicos.

## Aspectos relevantes a ser considerado para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Se requiere utilizar especies forrajeras que:

- Manifiesten una buena capacidad de rebrote luego de la defoliación.
- Presenten una calidad nutritiva aceptable expresada en términos de proteína, energía y niveles de consumo.
- Se adapten a las características agroecológicas del sitio y a la forma de uso.

### Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En toda la cuenca, principalmente en sistemas de producción ganaderos en donde la alimentación es a base de pastos y existe un período crítico de alimentación en la época de sequía o de excesos de precipitación. Así como también áreas donde se desea reducir la degradación del suelo, disminuyendo el uso o liberación de áreas críticas para la conservación por medio de la regeneración natural.
- b) Social:** Mejora los ingresos del productor y genera empleo familiar o comunal.
- c) Económico:** Permite disminuir los costos de compra de fertilizante y minimizar el uso de concentrados. También, los ingresos pueden ser más estables a lo largo del año.
- d) Ambiental:** Disminuye la erosión y el escurrimiento superficial. Aumenta la recarga de los acuíferos. Es un fertilizante natural evitando el uso de fertilizantes. árboles y arbustos forrajeros en combinación con los pastos, para competir cada vez menos con los humanos en el consumo de granos básicos. Es una excelente opción tecnológica silvopastoril que asegura que se van a tener recursos alimenticios durante todo el año para los animales, aunque el clima cambie drásticamente. Los bancos forrajeros contribuyen con el aumento de la producción, conservación de recursos naturales y la adaptación al cambio climático de los sistemas ganaderos. Conservación de suelos por la menor presión de las pasturas por el ganado y favorece la intensificación ganadera que permite mantener o incrementar áreas de bosque. Se contribuye en la reducción de gases de efecto invernadero por lo siguiente: menor dependencia de concentrados o alimentos externos a la finca (incluso país) que tienen relación con gasto de combustibles fósiles por el transporte; se mejora la calidad de la dieta que reduce emisiones de metano entérico; y potencial de secuestro y captura de carbono abajo y sobre el suelo. Asimismo, los bancos forrajero biodiversos y multi-estratos favorecen la conservación de la biodiversidad y la generación de servicios ecosistémicos (Ibrahim *et al.*, 2007; Villanueva *et al.*, 2007; Ibrahim *et al.*, 2010).

## Establecimiento, mantenimiento y sus costos:

En el establecimiento de un banco forrajero de corte y acarreo se consideran las siguientes condiciones:

- Limpieza del terreno.
- Preparación del terreno manual o mecanizada.
- Siembra ya sea directa o por medio de plántulas: la distancia entre hileras es de 0,8 – 1,0 m y entre plantas de 0,25 – 0,5 m. También, el material vegetativo como el tallo de algunas gramíneas se puede sembrar acostado en hileras simple o doble según material disponible.
- Control de malezas y fertilización: la fertilización según la orientación del análisis de suelos para cubrir el requerimiento del banco forrajero. Es importante ubicar el banco forrajero cerca del corral de alimentación para facilitar la aplicación del estiércol.
- Primer corte de uniformización a los 6-12 meses según condiciones agroecológicas o cuando tiene una altura de 2 m. El corte se hace a una altura que varía entre 0,5-1 m para el caso de las leñosas y a ras del suelo en el caso de las gramíneas.
- En general los cortes de aprovechamiento cuando existe buena disponibilidad de humedad ocurren cada 3-4 meses para las leñosas y cada 2 meses para las gramíneas.

El mantenimiento que requieren los bancos forrajeros se resume en las prácticas siguientes:

- Control de malezas
- Fertilización, según análisis de suelos para restituir la demanda de nutrientes del cultivo y ojalá aplicando estiércol y menos fertilizante químico.
- Resiembra de plantas para mantener la productividad esperada del banco forrajero.

También se incluye el aprovechamiento del banco forrajero que implica el corte, acarreo, picado y ofrecimiento al ganado en los comederos.

El costo de establecimiento de los bancos forrajeros varía entre 500 – 2500 USD /ha, esto se debe al país, disponibilidad de semilla, tipo de semilla, sistema de siembra, condición del terreno, entre otras. El ejemplo que se muestra en la presenta ficha alcanza 1038 USD/ha para el banco forrajero de gramíneas (caña de azúcar; cuadro 4a) y 2558 USD/ha para el banco forrajero de leñosas (*Cratylia*; Cuadro 4b).

El costo anual de mantenimiento y aprovechamiento del banco forrajero alcanza 1093 USD/ha para la caña de azúcar (Cuadro 4a) y 645 USD/ha para la *Cratylia* (cuadro 4b).

**Cuadro 4a.** Costos de establecimiento y mantenimiento (USD/ha) de un banco forrajero de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Región Pacífico Central de Costa Rica.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo USD	
			Unitario	Total
<b>Establecimiento</b>				
Preparación de terreno	Horas	6	20	120,00
Herbicida (Glifosato)	Litros	4	10	40,00
Semilla	Toneladas	10	50	500,00
Mano de Obra	Jornales	21	18	378,00
TOTAL				1.038,00
<b>Mantenimiento y aprovechamiento</b>				
Control de malezas manual	Jornales	7	18	126,00
Corte, acarreo, picado y ofrecimiento	Jornales	52	18	936,00
Electricidad para la picadora				31,25
TOTAL				1093.25

Un jornal fue ajustado para seis horas día-1 hombre-1. Fuente: Adaptado de Sánchez (2007).\*

**Cuadro 4b.** Costos de establecimiento y mantenimiento (USD/ha) de un banco forrajero de la arbustiva *Cratylia argentea*. Región Pacífico Central de Costa Rica.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	
			Unitario	Total
<b>Establecimiento</b>				
Llenado de bolsas	Jornales	15	18	270,00
Siembra de bolsas	Jornales	4	18	72,00
Aplicación de herbicidas	Jornales	8	18	144,00
Ahoyado	Jornales	45	18	810,00
Siembra en campo	Jornales	45	18	810,00
Resiembra	Jornales	2	18	36,00
Aplicación de fertilizante	Jornales	2	18	36,00
Semilla	Kg	5	20	100,00
Fertilizantes	Quintal	10	24	240,00
Herbicidas	Litros	4	10	40,00
TOTAL				2558,00
<b>Mantenimiento y aprovechamiento</b>				
Corte para incorporar suelo	Jornales	2	18	36,00
Control de malezas	Jornales	4	18	72,00
Podas de uniformización	Jornales	4	18	72,00
Corte, acarreo, picado y ofrecimiento	Jornales	25	18	450,00
Electricidad para picadora				15,00
TOTAL				645,00

\* Un jornal fue ajustado para seis horas día-1 hombre-1. Fuente: Adaptado de Sanchez (2007).

## Literatura consultada:

- Camero, A. 1996. El desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. In Seminario Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles: Alternativa en la Ganadería. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 15 p.
- Ibrahim, M; Canto, G; y Camero, A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in cayo. En: Ibrahim, M y Beer, J. (eds.). Agroforestry prototypes for Belize. Turrialba, Costa Rica, CATIE-GTZ. p. 15 - 39.
- Ibrahim, M; Franco, M; Pezo, D; Camero, A; y Araya, J. L. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agrof. Syst.* 51(2):167 - 175.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27-36.
- Ibrahim M; Guerra, L; Casasola F; Neely, C. 2010. Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. In *GRASSLAND CARBON SEQUESTRATION: MANAGEMENT, POLICY AND ECONOMICS*. 8 p.
- Sánchez, J. 2007. Caracterización de la mano de obra en fincas ganaderas y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 97 p.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F; Ríos, N; Sepúlveda, C. 2007. Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. In *Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático*. p23.

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Lester Raúl Rocha Molina y Lorena San Román.

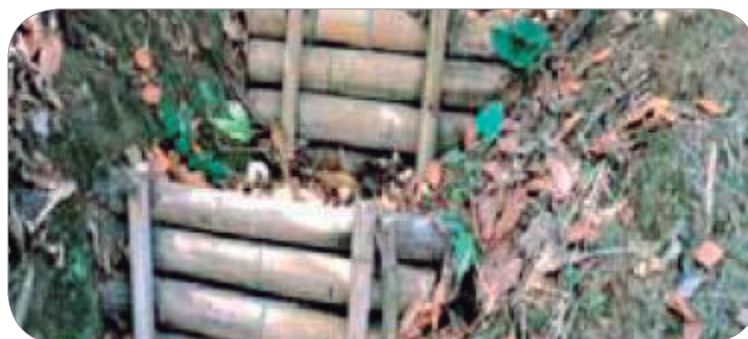
## 5. DIQUES DE CONTENCIÓN

### ¿Qué son?

Son pequeñas presas hechas de diversos materiales, palos, piedras, sacos de tierra, entre otros, las cuales sirven para frenar las corrientes de agua y detener la tierra que se lleva durante las precipitaciones (Llanderal, sf; Pizarro *et al.*, 2004).

### ¿Cómo Funciona?

Durante las lluvias el curso que toman las aguas en el terreno, donde se juntan dos o más laderas se van a formar las corrientes de agua las cuales van a formar un cauce principal. Es en esos puntos donde se deben construir una serie de diques comenzando desde la parte alta del terreno, a fin de disminuir fuerza a las corrientes y favorecer la sedimentación en el cauce de la tierra transportada por la escorrentía<sup>2</sup> (Pizarro *et al.*, 2004).



**Figura 5.** Dique de contención.

**Fuente:** <https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Conservacion-de-suelo-produccion>.

---

2 La escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

## ¿Cómo ayuda?

- Es una obra de conservación de suelos.
- Controla los torrentes dentro de una parcela.
- Propicia un buen drenaje de las aguas en el terreno.
- Protege la ladera de la erosión, y evita la formación de zanjoneros en medio de los cultivos.
- Los diques sirven como filtro, frenando la corriente y deteniendo la tierra.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Observar las corrientes de agua en el terreno. Escoger el material que mejor convenga según la disponibilidad de la zona. Cavar una zanja en forma de media luna de 40 m de profundidad, las dos puntas de la media luna deben estar al mismo nivel, para que el agua no rebase y se lleve el dique, ni siga cavando el zanjón. Colocar palos en medio, estos deben ser los más grandes ya que este lugar es donde la fuerza del agua es mayor, el largo de los palos depende de la profundidad del cauce. Se rellena con tierra cada lado y se coloca el resto de material. Estos deben ser construidos antes del inicio de las lluvias (Arango *et al.*, 2013).

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de Aplicabilidad:** Se puede usar en zonas altas o medias de la cuenca. También en zonas bajas con laderas.
- b) Social:** La conservación y restauración del terreno mejora los medios de vida de las familias.
- c) Económico:** La inversión que se requiere para construirla es mínima. Las terrazas fértiles que se forman son altamente aprovechables, se incrementa el valor del capital natural e ingresos para las familias.
- d) Ambiental:** Es un método eficaz para conservar la fertilidad, la humedad y la calidad del suelo. También controla la erosión hídrica y la generación de sedimentos que prolonga la vida útil del terreno. El uso de diques disminuye el riesgo de inundaciones, ya que este factor seguirá aumentando en el futuro debido a un doble efecto del cambio global: por un lado el cambio climático previsiblemente incrementará la frecuencia de los episodios de lluvias intensas y avenidas repentinas (aumento del peligro de inundaciones); reduce la vulnerabilidad por cambio de uso del suelo, reduciendo además la exposición de bienes y personas a las inundaciones (Llenderal, sf).



## Establecimiento, mantenimiento y costos:

- Pasos para establecimiento:
  1. Selección de la o las zonas de la quebrada donde se construirán los diques.
  2. Suavizar los taludes.
  3. Excavar los empotrados.
  4. Construcción del muro.
  5. Construcción del vertedero.
  6. Construir el dissipador del dique aguas abajo. Se recomienda usar palos con capacidad de rebrote.
- No se recomienda poner piedras directamente en contacto con los palos en las zanjas, porque los palos podrían hechas raíces
- Calcular la distancia entre diques. La manera de saber cuál es la distancia entre el primer dique y el segundo, es bajar el cauce, hasta que, apuntando con un brazo extendido, dé con la mirada, justo en la base del primer dique.
- Su costo oscila de acuerdo a los materiales de madera y/o piedra empleados.

El costo de establecimiento para el ejemplo de esta ficha es de 2867 USD, el cual es un muro de contención de 4 m de alto y 10 m de largo (Cuadro 5). Sin embargo, es posible realizar con material local vegetal (bioingeniería) y los costos serán menores.

El mantenimiento consiste en:

- Reemplazar los palos dañados eventualmente y mantener una constante revisión que los diques no se destruyen después de fuertes lluvias.
- Limpiar de objetos ajenos o de material que impida el paso del agua.
- Extraer alguna parte de los sedimentos eventualmente para favorecer la continua y uniforme deposición de los mismos en los zanjones (Llanderal, sf; Pizarro *et al.*, 2004).

**Cuadro 5.** Costo de construcción de un dique de contención de 4 metros de altura y 10 metros de longitud.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<b>Materiales</b>				
Piedra	m <sup>3</sup>	70,35	300	962,82
Cemento	t	3,9	1900	338,05
Arena	m <sup>3</sup>	19,14	300	261,95
Agua	m <sup>3</sup>	3,54	50	8,07
PVC	m	12	30	16,42
<b>Herramientas</b>				
Picos	Pieza	2	113	10,31
Pala cuadrada	Pieza	2	90	8,21
Pala recta	Pieza	2	110	10,04
Carretilla	Pieza	2	650	59,31
Marro (10 lb)	Pieza	2	300	27,37
Marro (4 lb)	Pieza	2	150	13,69
Machete	Pieza	1	120	5,47
Cinta métrica (30 m)	Pieza	1	300	13,69
Flexómetro (7,5m)	Pieza	1	120	5,47
Cuchara de albañil	Pieza	2	120	10,95
Hilo (carrete)	Pieza	1	50	2,28
Mano de obra				1113,14
<b>TOTAL</b>				<b>2867,24</b>

Fuente: Adaptado de Llanderal (sf)

## Literatura consultada:

- Arango, F; Flórez, G.A; Imbachi, L.J.; Toro A; Mojica, S.T. 2013. Diseño de un proyecto para la construcción de diques, profundización y amplitud del cauce de la quebrada la Chamba en el corregimiento de Canangua, Municipio de Guacari Valle. 25p.
- Llanderal, R. sf. Muros de contención. SAGARPA/Colegio de Postgraduados, México. 7 p. Consultado el 20 de noviembre 2016. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Muros%20de%20contenci%C3%B3n.pdf>
- Pizarro, R; Flores, J; Sangüesa, C; Martínez, E; García, J.L. 2004. Diseño de obras para la conservación de aguas y suelos. Talca, Chile. Universidad de Talca/FDI-CORFO/EIAS. 146 p. Consultado el 20 de noviembre 2016. Disponible en [http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/disenodeobrasparaconservaciondeaguasy\\_suelos.pdf](http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/disenodeobrasparaconservaciondeaguasy_suelos.pdf)

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.

## 6. CULTIVOS EN CALLEJONES

### ¿Qué son?

Es una práctica agroforestal en la que los cultivos anuales son sembrados en los espacios que quedan entre las líneas de una especie leñosa, generalmente leguminosa (*Leucaena sp.*, *L. leucocephala*, *Acacia sp.*, *Gliricidia sepium*, *Inga sp.*, *Pithecellobium saman* (*Samanea saman*) *Lonchocarpus sp.*, *Mimosa sp.*) que es podada a intervalos regulares para evitar competencia y proveer un mantillo o "mulch" a los cultivos. El uso de las prácticas de cultivo en callejones se basa en el principio de que es posible obtener un uso productivo y sostenido de la tierra, cuando los métodos de conservación y rehabilitación son introducidos antes de que se produzca degradación seria de los recursos (Mendieta y Rocha 2007).



**Figura 6.** Establecimiento de cultivo de callejón

**Fuente:** <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3379>

## ¿Cómo Funciona?

Los árboles en los cultivos en callejones aportan frutos, madera, forraje, leña, y servicios tales como sombra, protección, fertilización, etc. En el manejo de las cuencas hidrográficas permiten la conservación de agua y el control de la erosión del suelo, particularmente en tierras con pendientes moderadas. Es necesario que la madera y las frutas sean un producto adicional de su establecimiento y que el objetivo principal para su adopción en el sistema cumpla con los fines de mejorar la fertilidad o evitar erosión del suelo (Villamagua 2006, Jiménez y Vargas 1998).

## ¿Cómo ayuda?

Los árboles aportan una gran cantidad de materia orgánica al suelo en un periodo de tiempo corto, aportando nitrógeno al suelo, a través de la fijación biológica por las leguminosas arbóreas y arbustivas. Mejoran el uso y el reciclaje de nutrientes del suelo y permiten poner en producción suelos degradados, recuperando la fertilidad del suelo, mediante la incorporación de hojarasca y abundancia de raíces. Es una fuente de leña y madera y en algunos casos soporte vivo para cultivos de frijol. Sirven de fuente de alimentación para el ganado por medio del follaje o frutos (Villamagua 2006, Jiménez y Vargas 1998).

## Aspectos relevantes a ser considerado para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- Deben de contar por lo menos con dos componentes.
- Por lo menos un componente debe ser leñoso y otro debe ser manejado con fines agrícolas.
- Debe de existir una interacción biofísica y/o económica entre los componentes.
- El costo de mano de obra debe ser bajo, en relación al costo del fertilizante en el caso de que no sean leguminosas.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) **Rango de aplicabilidad:** puede ejecutarse en las áreas de la cuenca con pendientes con más de 15%
- b) **Social:** es accesible a diferentes escalas de producción. Puede ser mecanizada para el gran agricultor, aunque la mano de obra es un principal obstáculo para una mayor adopción del cultivo en callejones por los pequeños agricultores.
- c) **Económico:** Conforme el sistema madura genera beneficios económicos superiores a los sistemas tradicionales, aparte del potencial de diversificar la producción (productos maderables o frutales).
- d) **Ambiental:** es una tecnología que mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Desde un enfoque de mecanismo para afrontar el cambio climático da un control de la erosión en terrenos inclinados, supresión de malezas, hay un intercambio de nutrientes ya que al mejora el barbecho e induce la restauración de la fertilidad del suelo mediante el uso de árboles que fijan nitrógeno, extraen nutrientes de zonas más profundas del suelo, y suministrarán materia orgánica al sistema, incrementos en materia orgánica han sido detectados temporalmente en suelos arenosos bajo cultivo en callejones (Mendieta y Rocha 2007). La materia verde aportada tiene potencial de incrementar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y con ello reducir la compra de fertilizantes químicos. También, el abono verde o mulch reduce la competencia con malezas y con ello se reduce el uso de herbicidas. El componente leñoso contribuye con la fijación de carbono.

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

En el establecimiento considerar los aspectos siguientes:

- Utilizar material adaptado, no solamente la selección de especies, sino también de clones y procedencias dentro de especies.
- Las especies elegidas deben producir suficiente biomasa para servir de mulch (Kang y Wilson, 1987), suplir los nutrimentos, proveer madera para postes y leña y, eventualmente, material para alimentar animales.
- Establecimiento de hileras de árboles de *Leucaena* u otra de las especies mencionadas en curvas a nivel a intervalos de 5 a 7 metros sembrando cultivos en los callejones entre las hileras.
- Los cultivos pueden ser mejorados si se incorpora el material podado al suelo, en lugar de dejarlo sobre la superficie.

Asimismo, para el mantenimiento se considera:

- Los desechos de la poda y rastrojos de ambos componentes (leñoso y anual), deben de ser incorporadas en el suelo.
- Tener cuidado de que las plagas del componente leñoso no compitan con el cultivo agrícola.
- Los árboles se podan cada 3-4 meses dependiendo de su crecimiento para reducir la competencia por la luz entre hileras y cultivos. Por ejemplo, *Inga* sp. es una especie que contribuye a abonar suelo y así mismo controlar las malezas.
- Establecer un manejo cronológico que incluya básicamente el manejo de podas, la siembra y la cosecha del cultivo agrícola para la región.
- El costo de establecimiento de cultivo en callejones con madre cacao o madero negro es de USD 2487 y el de mantenimiento se estima en unos USD 234 que incluye la poda, el picado y la distribución del material (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Costo de establecimiento y mantenimiento (USD/ha) de un cultivo en callejones con madero negro o madre cacao (*Gliricidia sepium*).

Rubros	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>Establecimiento</b>				
Preparación del suelo				
Limpieza	Jornal *	15	18	270,00
Repique o picado	Jornal	4,5	18	81,00
Trazado	Jornal	4,5	18	81,00
Siembra				
Corte de estacas de madero negro o madre cacao ( <i>Gliricidia sepium</i> )	Jornal	4,5	18	81,00
Siembra de estacas	Jornal	27	18	486,00
Resiembra	Jornal	8	18	144,00
Mantenimiento (durantes 8 meses)				
Control manual de malezas	Jornal	10,5	18	189,00
Control químico de malezas	Jornal	3	18	54,00
Insumos				
Material vegetativo de madero negro	Estacas	4163	0,25	1040,75
Glifosato	Galón	3	20	60,00
TOTAL Costos de establecimiento				2486,75
<b>Mantenimiento</b>				
Poda, picado y distribución de la biomasa	Jornales	13	18	234,00
TOTAL costos de mantenimiento**				234,00

\* El jornal equivale a ocho horas día<sup>-1</sup> hombre<sup>-1</sup>.

\*\*incluye tres cortes por año cada 4 meses.

Fuente: adaptado de Villamagua (2006).

## Literatura consultada:

- Jiménez, F; Vargas, A. 1998. Curso corto de sistemas agroforestales. CATIE. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Manual técnico no. 32. 21 p.
- Kang, B.; Wilson, G. 1987. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. In Steppler, H.A. and Nair P.K.R. (eds), Agroforestry a Decade of Development. ICRAF, Nairobi, Kenya, pp. 227-243
- Mendieta, M; Rocha, L. 2007. Sistemas agroforestales. Universidad Nacional Agraria. 117 p. Consultado el 20 de noviembre 2016. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/1\\_RENF08M538.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_RENF08M538.pdf)
- Villamagua, G,C. 2006. Establecimiento del sistema agroforestal de cultivos en callejones, utilizando *Gliricidia sepium* (jacq.) kunth ex walp. en asociación con dos cultivos alimenticios: maíz (*Zea mays* L.) y caupí (*vigna unguiculata* L.), en la estación experimental El Padmi. Tesis Lic. Ing. Forestal. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 209 p.

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Karla Sánchez, Lorena San Román y Nelson González.

## 7. LOMBRICULTURA

### ¿Qué es?

Herramienta biotecnológica que utiliza una especie domesticada de lombriz para reciclar materia orgánica generalmente pulpa de café o estiércol de bovinos para obtener un abono orgánico de alta calidad (figura 7a). La lombricultura es una excelente opción para el manejo de desechos generados en la finca o a escala agroindustrial para la producción de abono orgánico (Campos y Guzmán 2014).



Figura 7a. Lombricompostera

### ¿Cómo Funciona?

Las lombrices de la especie *Eisenia foetida*, o lombriz roja californiana, ingieren materia orgánica descompuesta. De esta ingesta, hasta un 60% se excreta en una sustancia llamada humus de lombriz, lombricompuesto o vermicompuesto, que constituye un sustrato ideal para la proliferación de microorganismos útiles. La lombriz se puede emplear para preparar alimentos balanceados o viva para alimentar peces y ranas.





**Figura 7b.** Lombrices en humus.

## ¿Cómo ayuda?

Las lombrices transforman los minerales no asimilables de los desechos y residuos animales en nitratos y fosfatos directamente asimilables por las plantas (figura 7b). En los análisis químicos realizados al humus de lombriz se detecta la presencia de hasta un 5% de nitrógeno, 5% de fósforo, 5% de potasio, 4% de calcio, una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH de entre 7 y 7.5. De todos los estudios realizados (Collacelli 1997) menciona que el lombricompost es un fertilizante orgánico de altísima calidad, de acción prolongada, fácil y económica.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Es importante considerar los requerimientos de la lombriz en cuanto a humedad, temperatura y pH. La lombriz requiere humedades entre 70 a 80 %, temperaturas entre 20 a 25 °C, y pH entre 5 a 8.5, y oscuridad y aireación por lo tanto es necesario remover el sustrato cada siete días utilizando un rastrillo (Campos y Guzmán 2014; Pineda 2006).

### Plagas y enfermedades:

- **Pájaros:** pueden acabar poco a poco con un lombricultivo, pero esta plaga se puede controlar colocando un manto de plástico, rastrojo o pasto de 10 centímetros sobre la cama.
- **Hormigas:** se puede controlar con la humedad al 80%, o aplicando cal alrededor y fuera de las camas; la presencia de esta plaga indica que la humedad en el lombricario es baja.

- **Planaria:** se controla asegurando que el pH permanezca entre 7.5 a 8. Se recomienda no usar estiércol viejo, si la plaga está presente se recomienda dar de comer a las lombrices estiércol de 10 días de fermentación.
- **Ratones:** se puede controlar, al igual que las hormigas, manteniendo la humedad alta.
- **Patología:** la lombriz californiana es un animal muy confiable dado que no sufre ni transmite enfermedades. Tampoco produce impacto ecológico ante una eventual fuga a un medio natural. En cambio, es común encontrar daños ocasionados por las condiciones de la cuna. Puede ocurrir que el hábitat sea alterado por la acción de bacterias, aire, calor o frío, así como también escasez o abundancia de agua.

## Análisis de sostenibilidad:

- Rango de aplicabilidad:** Puede aplicarse en cualquier lugar de la cuenca. Lo más común es el criadero al aire libre en (camas, cunas, bancales) de 1 a 2 metros de ancho por el largo que se desee.
- Socio-económico:** Los proyectos de lombricultura se adaptan a fincas de todo tamaño. La lombricultura es una actividad de fácil manejo cuyas labores pueden ser desarrolladas por personas de diferentes edades, y no requiere de alta inversión ni estructuras complejas.
- Ambiental:** La alimentación de las lombrices puede estar compuesta en su mayoría por desechos de la finca que no tienen ningún valor económico y que de no ser reciclados correctamente se convierten en potenciales focos de contaminación para las fuentes de agua de la cuenca. El uso de lombricompost es un gran aliado para afrontar el cambio climático ya que mejora las condiciones del suelo para producir alimentos. Las lombrices pueden comer una cantidad igual a su peso corporal en un día al alimentarlas con restos de comida o materia orgánica en descomposición. Por esto, la lombricultura se debe considerar un importante agente reductor de contaminación que indudablemente lleva a un mejoramiento de la calidad de vida no solo del lugar donde se establezca sino a lo largo de los ríos y suelos que están siendo contaminados. El abono de lombriz además permite reducir el uso de fertilizantes convencionales que liberan GEIs, ya que contiene no sólo los ingredientes principales que las plantas necesitan como nitrógeno, potasio y fósforo, sino también calcio, manganeso y ácido húmico.

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

La producción de lombricompost está directamente ligada a la cantidad de lombrices operando y al cuidado. Además de la humedad, temperatura, pH y condiciones de oscuridad antes mencionadas para el adecuado funcionamiento del lombricario se requiere que la materia por descomponer presente contenidos en materia orgánica superiores a 28%; un nivel de nitrógeno superior a 2%; una relación C/N en un rango entre 9 ya 13 y contenidos de cenizas no superiores a 27%.

El mantenimiento es sencillo y consiste en:

- Proporcionarles el alimento necesario (1 kilogramo de alimento diario por 1 kilogramo de lombriz), humedecido y con el debido grado de descomposición.
- Es importante saber que las lombrices solo se reproducen cuando la temperatura del medio de cultivo oscila entre los 14 y los 27 grados centígrados, siendo la óptima de 21 grados.
- Aproximadamente a los dos meses de comenzada la actividad, la población de lombrices habrá aumentado al doble. Entonces será tiempo de duplicar el espacio.

El costo de establecimiento de un lombricompostario de diez camas en Honduras fue de 852 USD y el de mantenimiento fue de 160 USD (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Costos de establecimiento y mantenimiento de un lombricompostario de diez camas, en Honduras.

Costos variables				
Rubros				
Insumos	Unidad	Cantidad	Costo en USD	
Bloques	Unidad	600	240	
Cemento	Bolsa	20	88	
Arena	m <sup>3</sup>	4	42	
Mangueras de poliducto de 1/2"	Pie	100	6	
Llaves PVC de 1/2"	Unidad	1	2	
Adaptadores de PVC de 1/2"	Unidad	2	0,3	
Pegamento 1/4 lata	Unidad	1	3	
Postes de madera de 8"	Unidad	20	9	
Alambre de púas	Rollo	1	24	
Grapas	Libras	5	66,35	
Zarán	Yarda	30	36	
Pie de cría de lombriz	Unidad	10	26	
Sub total			542,65	

Mano de obra			
Construcción de cama	Metro	10	110
Agujeros/poste	Unidad	10	90
Techar/sarán	Días/h	1	6
Precompostear/pulpa	Días/h	2	10
Llenar camas	Días/h	3	12
Regar camas	Días/h	3	12
Sembrar camas	Días/h	1	6
Subtotal mano de obra			246

Costos fijos			
Rubro	Unidad		Costo en USD
Carreta de mano	Unidad	1	20
Palas	Unidad	2	12
Malla de tea metálica	Yarda	1	2
Transporte varios	Unidad	2	30
Total de costos fijos			64
Costos totales			852,65
Mantenimiento estimado			160,00

Fuente: Pineda 2006. Costos ajustados a 2016.

## Literatura consultada:

- Collaceli, N. 1997. Suelos el humus de lombriz. Consultado el 17 de setiembre, 2016. Disponible en [http://www.produccion.com.ar/1997/97sep\\_15.htm](http://www.produccion.com.ar/1997/97sep_15.htm)
- Campos, G; Guzmán, G. 2014. Producción de abono orgánico en pequeña escala con lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Consultado el 23 de diciembre 2016. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00355.pdf>
- Pineda, J. 2006. Lombricultura. Instituto Hondureño del Café. Consultado el 15 de diciembre 2016. Disponible en <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/4f3fb0677a7ef918a55bf4c44abd958c.pdf>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Lorena San Román y Raquel Chirinos.

## 8. MANEJO DE RESIDUOS DE CULTIVOS

### ¿Qué son?

Consiste en la incorporación de residuos vegetales al suelo, para aumentar los contenidos de materia orgánica del suelo (figura 8a). Debe comenzar en el momento de la cosecha con una distribución apropiada del rastrojo. Luego, con aportes de la cobertura del suelo o residuos de cada operación de laboreo (González 2012).



**Figura 8a.** Desechos /residuos agrícolas

### ¿Cómo Funciona?

- Los residuos protegen el suelo del golpe directo de la lluvia.
- Reduce las pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica, en sitios con pendientes de hasta 20%. En pendientes mayores se aconseja combinar esta práctica con obras físicas de conservación de suelo.
- Ayuda a conservar la humedad del suelo y le aporta nutrientes y materia orgánica al mismo.
- Evita la quema de los residuos de cultivo y protege las parcelas de los incendios provenientes de áreas aledañas.

## ¿Cómo ayuda?

La cobertura cuando se incorpora al suelo aumenta la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, reduce la evaporación del agua del suelo. Ayuda a regular la temperatura a nivel del suelo. Favorece la actividad biológica del suelo y contribuye a mejorar sus propiedades químicas y físicas. Esto asegura condiciones óptimas para la emergencia de los cultivos anuales y por lo general resulta en una mayor producción del cultivo.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- Es importante conseguir una distribución uniforme de los residuos sobre el terreno con objeto de evitar zonas desprotegidas o con excesiva acumulación.
- Se puede utilizar cualquier material vegetal, residual de cultivos en la parcela o de agroindustrias, se puede usar como cobertura rastrojos de cultivos anuales, paja, cañas, hojas de banano, broza de café, etc., exceptuando los residuos de cultivos que han sido afectados por enfermedades como el tomate, los cuales es preferible quemarlos.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En toda la cuenca, principalmente donde hay áreas con cultivos agrícolas.
- b) Social:** Fácil de implementar por su bajo costo porque requiere poca mano de obra.
- c) Económico:** Aminora el costo de insumos externos, tal es el caso de la adquisición de productos químicos para mejorar el suelo. El costo se relegaría al pago de mano de obra para la preparación del material, y su respectiva aplicación (González 2012).
- d) Ambiental:** Contribuye a disminuir los impactos negativos de algunas prácticas agrícolas en las fincas mediante la incorporación de materia orgánica al suelo manteniéndolo húmedo reduciendo la evaporación, las plantas necesitan menos irrigación o usan la lluvia disponible más eficazmente en las áreas secas. Mejora las condiciones físicas del suelo como textura y cantidad de materia orgánica. Reduce la contaminación ambiental específicamente del recurso hídrico, las malas hierbas encuentran dificultades para crecer a través del rastrojo o *mulch*. Se evita la contaminación del aire por la quema de residuos en la finca. Desde el enfoque de cambio climático, una parte del CO<sub>2</sub> que fijan los cultivos

queda almacenado en los residuos, comportándose estos residuos en este caso como un sumidero a largo plazo en el sistema agrícola, esto da la oportunidad de hacer una adecuada gestión de los residuos de manera que permite incorporar al suelo el carbono orgánico secuestrado. En los sistemas agroecológicos los residuos agrícolas y animales se transforman en un valioso abono, que sustituyen parcialmente los fertilizantes sintéticos cuya producción tiene un elevado costo energético y contaminante y una eficiencia decreciente.

### Establecimiento, mantenimiento y sus costos:

- Después de las cosechas, los residuos son dejados y esparcidos sobre el suelo, a manera de formar una capa que sirva como protectora del suelo. Es aplicable a todos los cultivos y principalmente durante los tiempos cuando no hay cultivo en la parcela.
- Es recomendable para la aplicación de esta práctica usar cantidades del orden de 2 a 5 toneladas por hectárea de material seco, y más del doble si el material es fresco.
- Se requieren aplicaciones periódicas (por lo menos una vez al año) para mantener una cantidad suficiente de residuos de unos 15 cm o más de mulch sobre el suelo. En ocasiones es necesario controlar la presencia de ciertos insectos y hongos dañinos (Altieri *et al.*, 1999).
- Incorpora los residuos de las plantas después de la cosecha.



**Figura 8b.** Uso de rastrojos de cosecha

Los costos de establecimiento de la tecnología por hectárea son de 1060,2 USD (cuadro 8).

**Cuadro 8.** Costo de manejo de residuos de cultivo (USD/ha/año).

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	
			Unitario	Total
<b>Establecimiento</b>				
Mano de obra	Jornales*	60	17,67	1060,2
TOTAL				1060,2

\* Un jornal fue ajustado para seis horas día<sup>-1</sup> hombre<sup>-1</sup>. El precio del jornal corresponde al valor pagado en Costa Rica a septiembre 2016.

Fuente: Elaborado con información propia.

## Literatura consultada:

- Altieri, M; Farrell, G; Hecht, S; Liebman, M; Magdoff, F; Norgaard, R; Sikor, T. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Cap. 10. Ed. Editorial Nordan-Comunidad. 325 p.
- González, G. 2012. Mulch o mantillo. Consultado el 05 de setiembre 2016. Disponible en <http://www.permacultura.org.mx/es/reporte/mulch-acolchado-mantillo/>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Suyapa Otero, Elda Fajardo, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.



## 9. LIRIOS ACUÁTICOS

### ¿Qué son?

Son plantas perennes flotantes del género *Eichhornia* de siete especies comúnmente llamadas aguapés, camalotes, jacintos de agua, bora, lirio acuático o taruyas, originarias de las regiones tropicales de Sudamérica. Flotan sostenidas por esponjosos rizomas, y raíces que flotan libremente, en embalses o en aguas estancadas o embalses (figura 9a).



Figura 9a. Cosecha de lirio acuático

### ¿Cómo Funciona?

Son especies vegetales que actúan como purificadores de sedimentos que benefician los ecosistemas. Los lirios de agua *Eichhornia crassipes* son un excelente filtro biológico para la extracción de metales pesados (Tiwari *et al.*, 2007) y pesticidas que se encuentran en aguas residuales (Lasat, 2002 y Mishra *et al.*, 2008). Las macrófitas acuáticas han sido consideradas por varios autores como una plaga debido a su rápido crecimiento, ya que en ocasiones invaden lagunas y generan problemas. Sin embargo, si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, su capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de otros compuestos del agua, las convierten en una tecnología útil en el tratamiento de aguas residuales.

## ¿Cómo ayuda?

Ayudan a capturar en el agua plaguicidas, metales pesados, sustancias químicas y radioactivas (Mishra *et al.*, 2008). Además, su biomasa se puede transformar en abono, alimento para bovinos y artesanías.

## Aspectos relevantes a ser considerado para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- Para el uso de plantas acuáticas se requiere de una superficie de agua considerable por ejemplo lagunas, o tanques de tratamiento.
- Se introducen las plantas y una vez adaptadas solo se debe tener el cuidado de darles un adecuado mantenimiento o sea extracción de las plantas cada cierto tiempo.
- Se requiere instalar plantas piloto para evaluar parámetros de diseños específicos para cada región, cada planta y cada tipo de efluente. En caso de los lagos o lagunillas programar su extracción y asegurar materia prima según la capacidad de transformación en productos para su comercialización.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En áreas de la cuenca con aguas contaminadas y en lagos o lagunas contaminadas. El mecanismo de purificación en las lagunas con plantas acuáticas se lleva a cabo por la oxidación de la materia orgánica que realizan bacterias asociadas a la raíz de la planta, favoreciendo el transporte de oxígeno de las hojas a la raíz y la remoción de nitrógeno mediante los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación.
- b) Social:** El impacto social es alto, pues se requiere mano de obra constante en la limpieza y extracción de las plantas de los cuerpos de agua. Además, genera otros empleos a nivel local, cuando se generan subproductos, como compost, alimento para animales, artesanías, producción de etanol, etc.
- c) Económico:** Utiliza un recurso disponible, hasta ahora no aprovechado en muchos lugares y que puede tener diversos usos, la rentabilidad de la tecnología aumenta. El abono, y la artesanía puede comercializarse para diversificar los ingresos.

- d) Ambiental:** Contribuye al mejoramiento de la calidad del agua, las plantas proveen sombra que impiden el crecimiento de algas, permitiendo que actúe como filtro biológico clarificando y purificando el agua.

## Establecimiento, mantenimiento y sus costos:

Las macrófitas acuáticas usadas para el tratamiento de las aguas residuales deben contar con las siguientes características: ser altamente productivas, eficientes en la remoción de nutrientes y contaminantes, predominar bajo condiciones naturales adversas y su cosecha debe ser fácil.

La productividad del lirio acuático está en función de la temperatura del aire, la disponibilidad de nutrientes (principalmente nitrógeno) y la densidad de las plantas.

Los costos de establecimiento son de 16,6 USD/ha, por su fácil propagación en algunos lugares es considerado una plaga. Arteaga *et al.*, (2010) reportaron que una cuadrilla de 18 trabajadores diariamente extraía del embalse Porce II en Antioquia Colombia el lirio existente en 0,1 ha del embalse. Por otra parte, INGESA (2005) reporta que una persona puede extraer de un lago o laguna diariamente 2,5 toneladas/de lirios acuáticos. Es indispensable extraer los lirios o realizar el control de las plantas porque una vez que las plantas cumplen su ciclo de vida de no ser extraídas se desintegran y se van al fondo del cuerpo de agua y producen contaminación.



**Figura 9b.** Artesanías manufactureras con lirio de agua

## Literatura consultada:

- Arteaga, J; Cuellar, W; Ramírez, D; Ríos, S; Giraldo, S. 2010. Manejo de plantas acuáticas invasoras en embalses de EPM Caso: buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) en el embalse Porce II, Antioquia-Colombia. Revista EPM. Número 3. Julio – Diciembre 2010. 22 – 35.
- INGESA, 2005. Manifestación de impacto ambiental Modalidad Regional para el proyecto: Programa del control integral de malezas acuáticas en el lago Chapala. Consultado el 20 de diciembre 2016. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/jal/estudios/2005/14JA2005H0003.pdf>
- Lasat, M. 2002. Phytoextraction of toxic metal: A review of biological mechanisms. J. Env. Qual. 31: 109-120.
- Mishra, V; Upadhyaya, S; Pandey; BOMMAT, D; Tripathi. 2008. Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic ecosystem and its management through naturally occurring aquatic macrophytes. Bioresource Technol. 99: 930-936.
- Tiwari, Dixit; Verma. 2007. An effective means of biofiltration of heavy metals contaminated water bodies using aquatic weed *Eichhornia crassipes*. Env. Mon. Asses. 129: 253-256.

**Compiladores:** Arlen Córdoba, Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.

# 10. CORTINAS ROMPEVIENTOS

## ¿Qué son?

Las cortinas rompevientos son hileras de árboles, de arbustos o de ambos, de diferentes alturas y dispuestas en sentido opuesto a la dirección principal del viento (Casasola y Villanueva 2015).



**Figura 10a.** Ejemplo de cortina rompevientos

## ¿Cómo funcionan?

- Reducen los daños producidos por el viento.
- Generan un microclima propicio para el desarrollo vegetal o la producción animal.
- Producen leña, madera, frutos o forrajes especialmente en áreas no utilizadas o marginales.
- Incrementan el valor de la propiedad, y mejorar la belleza escénica.
- Fijan nitrógeno.
- Mejoran el hábitat para la vida silvestre.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- Deben ser compatibles agronómica y culturalmente con la visión del productor para asegurar su vigencia.
- El productor debe estar convencido de que el viento afecta su sistema de producción y por tanto esta tecnología puede ser beneficiosa en su finca.

### Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En toda la cuenca donde existan áreas que son frecuentemente azotadas por el viento.
- b) Socio-económico:** Demanda tiempo y recursos, pero si se seleccionan las especies más adecuadas a la zona y tienen capacidad de rebrote, son vegetativamente sostenibles, económicamente rentables y popularmente aceptadas, ya que incrementan el valor de la tierra, pueden crear microclimas favorables para la agricultura y la ganadería y producir leña o madera. Chaves y Fonseca (1991) mencionan que la tasa de rentabilidad del Ciprés en Costa Rica, fue del 10% con un turno de 24 años y con un aprovechamiento de 2000 m<sup>3</sup> de madera.
- c) Ambiental:** Tienen una alta importancia ambiental para los cultivos, retienen agua, y una amplia importancia para la fauna silvestre. Reducen la acción mecánica del viento sobre cultivos, huertas, ganado y fauna silvestre. El volumen de suelo en suspensión o movimiento, disminuye en forma proporcional con la velocidad, lo que resulta eficaz en la reducción del potencial erosivo de las corrientes de aire, considerando que estos son los principales causantes de la erosión eólica. Contribuye enormemente a solucionar problemas locales de leña, madera, lo que alivia la presión a bosques primarios y secundarios de la cuenca alta y agregan belleza escénica/paisajística. Contribuyen a la captura de CO<sub>2</sub> y nitrógeno atmosférico.

## Establecimiento, mantenimiento y sus costos:



**Figura 10b.** Cortina rompeviento de una sola hilera

- Se pueden establecer rompevientos de una sola hilera o en hileras múltiples, ello depende del área disponible, ancho de la cortina, límites de la finca, los cultivos, las especies y de la velocidad del viento, entre otras variables.
- Las cortinas más eficientes están compuestas por 3 ó 4 líneas de árboles y arbustos sembrados al tres bolillo.
- La distancia común entre hilera es de 2 a 2,5 m; igualmente entre plantas de una sola hilera, la plantación al tres bolillo tienen mayor aceptación.
- La distancia apropiada entre cada cortina está determinada por la altura de los árboles, ya que el área de protección es igual a 10, 15 o hasta 20 veces su altura, un árbol, por ejemplo, de 25 m de altura, bien seleccionado como rompe vientos, puede proteger de la acción de este, hasta una distancia de 500 m lineales de la cortina.
- Como cualquier práctica de conservación, los beneficios deben valorarse en función de los costos de diseño, establecimiento y mantenimiento de las cortinas de acuerdo con las necesidades de protección y la condiciones de los sitios de establecimiento, sin embargo, los efectos principales se muestran en la disminución de los daños producidos por el viento sobre el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos o animales, y la creación de un microclima propicio para el desarrollo vegetal o animal.
- **Control de malezas:** Dos o tres limpiezas o realizando un plateo de dos metros de diámetro a cada árbol, los primeros tres años, con dos o más hileras se puede combinar con cultivos anuales para disminuir costos de limpieza.
- **Control de fuego:** Al inicio de la estación seca, hay que prevenir el peligro de quema de construyendo rondas o líneas cortafuegos.
- **Podas y raleos:** No son importantes las podas al inicio, ya que es conveniente que los árboles tengan follaje en su parte baja y media. Sin embargo, en árboles maderables o de alto valor económico y en frutales, conviene realizar podas de formación o de fructificación; no se deben hacer cortes selectivos, a menos que se trate de una cortina densa. Cuando hay rebrotes se deben favorecer los que se encuentren en dirección del viento.

Los costos de establecimiento de 1112 árboles (1kilometro) en un arreglo agroforestal en una cortina rompeviento de dos estratos fue de 1329.5 USD el cual incluye la mano de obra, las plantas, los insumos utilizados, la siembra y la resiembra. Los costos de mantenimiento por concepto de chapeas manuales para el año 2 y 3 posteriores a la siembra son de 123.7 y 77.1 USD (cuadro 10).

**Cuadro 10.** Costo de establecimiento y mantenimiento del cultivo de árboles en cortinas rompevientos de dos estratos con 1112 árboles/km.

Actividad	Jornales	Materiales	Costo USD
Chapea o limpia inicial	9,1		163,1
Trazado o marcación	3,6		64,5
Ahoyado	8,9		159,5
Transporte de plantas	0	26000	47,4
Distribución de plantas	2,3		41,2
Plantas		1200	438,0
Aplicación de fertilizantes	1,2		21,5
Fertilizantes (kg)		34	17,9
Plantación	7,4		132,6
Replante	0,6		10,8
Chapea manual	12,4		222,2
Control de zompopas (kg)	0,6	1	10,8
<b>Total año 1</b>			<b>1329,5</b>
Chapea manual	6,9		123,7
<b>Total año 2</b>	<b>6,9</b>		<b>123,7</b>
Chapea manual	4,3		77,1
<b>Total Año 3</b>	<b>4,3</b>		<b>77,1</b>

Fuente: Adaptado de Gómez y Reiche (1996).



## Literatura consultada:

- Chaves, E; Fonseca W. 1991. Ciprés: Cupressus lusitanica Mill.: especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie técnica. Informe Técnico. CATIE. 70 p.
- Casasola, F; Villanueva, C. 2015. Buenas prácticas para la mitigación al cambio climático de los sistemas de producción de leche en Costa Rica CATIE. Serie Técnica Manual Técnico No 129.
- Gómez, M; Reiche, C. 1996. Costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. CATIE Serie Técnica Informe Técnico. No 282. Consultado el 10 de diciembre del 2016. Disponible en [https://books.google.es/books?id=SLoqAAAAYAA-J&pg=PA33&lpg=PA33&dq=costos+de+establecimiento+de+cortinas+rompevientos&source=bl&ots=1JRdspCJ\\_R&sig=UFABK0RqO\\_M7Vh1pvSsSHp2ab1Q&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7tZGa0eLRAhUDOSYKHUxWack4ChDoAQgoMAM#v=onepage&q=costos%20de%20establecimiento%20de%20cortinas%20rompevientos&f=false](https://books.google.es/books?id=SLoqAAAAYAA-J&pg=PA33&lpg=PA33&dq=costos+de+establecimiento+de+cortinas+rompevientos&source=bl&ots=1JRdspCJ_R&sig=UFABK0RqO_M7Vh1pvSsSHp2ab1Q&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7tZGa0eLRAhUDOSYKHUxWack4ChDoAQgoMAM#v=onepage&q=costos%20de%20establecimiento%20de%20cortinas%20rompevientos&f=false)

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Jorge Rolando Meza Palma y Lorena San Román.

# 11. MANEJO DE PATIOS DE ACOPIO

## ¿Qué son?

Los patios de acopio son sitios en donde se concentran las actividades durante un aprovechamiento forestal. Haciéndose necesario el manejo de estas áreas y las vías de extracción para protegerlos de la erosión durante los períodos que estos son usados y con ello reducir la pérdida de suelo y asolvamiento de las fuentes de agua (Keller y Sherar 2000).



**Figura 11.** Uso de patio de acopio

## ¿Cómo Funciona?

En las vías de extracción (caminos) los residuos del aprovechamiento forestal deben esparcirse adecuada y estéticamente, para lo cual se hace necesario trazar y construir barreras con un pequeño desnivel que permiten favorecer el escurrimiento del agua hacia un lugar determinado (figura 11). El manejo de los patios de acopio y vías de extracción evita la pérdida de suelo después de finalizado un aprovechamiento forestal.

## ¿Cómo ayuda?

- La construcción de drenajes en los caminos evita la acumulación de agua y facilita su escurrimiento.
- La desactivación de los caminos permite la nueva utilización de estos terrenos y reduce los impactos negativos una vez terminado el aprovechamiento.
- La superficie del camino debe ser reconformada para un buen drenaje y estabilizada con desviadores de agua, regado de semillas forestales, pastos o rastrojos.
- Finalizada la cosecha, se instalan las obras de drenaje en las vías de extracción.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- El manejo debe implementarse una vez finalizado el aprovechamiento y previo a que inicie la época de lluvias.
- En caminos que presenten huellas de más de 30 cm de profundidad y en una extensión de más de 20 cm, la rehabilitación debe considerar rellenos y estructuras de drenaje.
- Se deben construir áreas para drenar la escorrentía que fluye a través del camino.
- Los patios de acopio deben ubicarse al menos a 30 m del límite de una quebrada.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En toda la cuenca, principalmente en tierras de ladera, con pendientes pronunciadas y áreas donde se efectúan aprovechamientos forestales.
- b) Social:** Requiere la inversión de recursos en términos de tiempo, por lo que genera empleo familiar o comunal, al inicio del ciclo del cultivo. Después requiere poca mano de obra, para mantenimiento y protección de la nueva vegetación.
- c) Económico:** Implica algunos costos, sin embargo, estos generalmente se incluyen dentro de los programas y planes de aprovechamiento forestal.
- d) Ambiental:** Contribuye a disminuir la erosión del suelo, la sedimentación, a mantener la biodiversidad y la pérdida de nutrientes por la escorrentía, en las tierras de ladera; además de la estética (orden en el área). Desde un enfoque ecosistémico se recomienda hacer un manejo del bosque de manera que solo se talen los árboles más gruesos.

## Establecimiento, mantenimiento y sus costos:

- Como una forma de reducir la erosión, el impacto visual y el peligro de incendios, los residuos dejados en los patios de acopio deben ser distribuidos uniformemente sobre el terreno.
- Los patios de acopio deben tener estructuras de drenaje dimensionadas de acuerdo al caudal esperado, estar ubicadas en sectores elevados y tener una pendiente moderada que permita el escurrimiento de las aguas (+/- 5%).
- El drenaje de los patios de acopio reduce la erosión, y con ello, la producción de sedimentos, en las quebradas, ríos y embalses.
- El manejo de los desechos es esencial para reducir el peligro de los incendios, estos desechos deben ser ordenados después de la cosecha.
- Su costo de establecimiento dependerá de cuanto esté la superficie con estructura arbustiva, del pago de maquinaria y la mano de obra del maquinista para la limpieza del área.
- El mantenimiento rutinario de las vías de extracción y patios de acopio reduce los daños en la cuenca y por ende reduce los costos de extracción de la madera. Estas obras físicas requieren de inspecciones antes, durante y después de la construcción.
- Posterior al aprovechamiento es deseable proteger los camellones de daños causados por las grandes escorrentías de agua de lluvia.
- Prevenir la formación de cárcavas/barrancos/hondonada y daños a los camellones, esto se puede lograr complementado con barreras vivas; además esparciendo los residuos del aprovechamiento.
- El costo estimado de establecimiento está definido por la cantidad de jornales que se requieran, este se detalla en el cuadro 11. Se tiene que lo recomendado es 1 jornal por cada 1000 m<sup>2</sup>. De igual manera con el mantenimiento es 1 jornal a 17,67 USD por cada 1000 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 11.** Costos de manejo de patios de acopio de 1000 m<sup>2</sup> (USD).

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	
			Unitario	Total
<b>Establecimiento</b>				
Mano de Obra	Jornales*	1	17,67	17,67
TOTAL				17,67
<b>Mantenimiento</b>				
Control de malezas manual	Jornales	1	17,67	17,67
TOTAL				17,67

\* Un jornal fue ajustado para seis horas día<sup>-1</sup> hombre<sup>-1</sup>.

Fuente: Elaborado con información propia.

La cantidad de jornaleros dependerá del tamaño del patio de acopio y/o cantidades de los insumos a manejar en esa área. El patio de acopio no podrá ser superior al 20%, del área total del programa.

### **Literatura consultada:**

- Keller, G; Sherar, J. 2000. Manual de prácticas mejoradas de caminos forestales. ESNACIFOR/ USAID. Consultado el 18 de octubre, 2016. Disponible en: [http://maderas.ut.edu.co/aprovechamiento/pagina\\_ap\\_actividades.php?actividad=07-CARGUEDESCARGUE](http://maderas.ut.edu.co/aprovechamiento/pagina_ap_actividades.php?actividad=07-CARGUEDESCARGUE).

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Lisando Humberto Rivera, Lorena San Román y Jeanette Cárdenas Chacón.

## 12. GAVIONES

### ¿Qué son?

Los gaviones son cajas de forma prismática regular, fabricados con malla metálica de triple torsión, de alambre galvanizado clase III que rellenos de piedra y unidos entre sí con fuertes ligaduras de alambre forman obras de drenaje y contención de suelos (figura 12a).

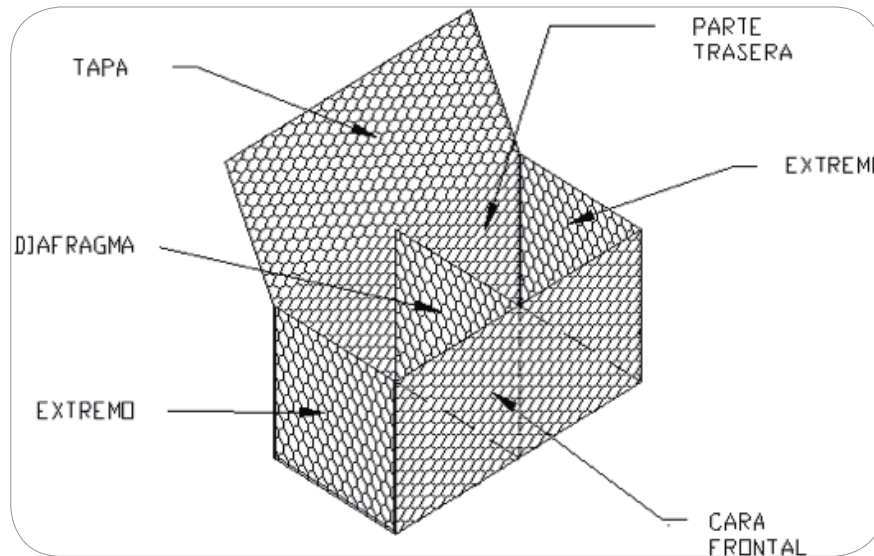


Figura 12a. Estructura metálica para gavión

### ¿Cómo Funcionan?

Como protección han demostrado ser una buena solución a los problemas originados por la fuerza erosiva del agua. Asimismo, se pueden usar ventajosamente en obras de conservación de suelos, recarga de acuíferos, obras de irrigación y control de ríos; son flexibles, ya que al no llevar más que la piedra dentro de él, sin ningún aglutinante o cementante, le permite sufrir deformaciones sin perder eficiencia en caso de una falla de mecánica de suelos (Anzueto 2014).

## ¿Cómo ayudan?

- En control de cárcavas reduce la erosión, disminuyen la velocidad del agua y el deterioro de los taludes.
- Disminuyen la velocidad del escurrimiento y por tanto reducen al máximo su poder erosivo y evita su crecimiento en profundidad y anchura.
- En las riberas de ríos aguas abajo evitan las inundaciones en tierras planas.

## Aspectos relevantes que deben considerarse para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Se arma el gavión, se colocan en el sitio, se alinean y se unen unos con otros para rellenarlos. La piedra de relleno puede ser de canto rodado o de explotación además debe ser caliza, sana, no interperizable y con una granulometría de 10.1 - 20.2 centímetros, de acuerdo al volumen o rapidez de la obra el relleno puede hacerse manual o mecanizada, es importante que sea compacto con el menor número de huecos posible.

### Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** Se usan para detener el proceso erosivo que provoca el desprendimiento de suelo fértil en la parte alta y media de la cuenca, se construyen generalmente en la parte baja de la cuenca.
- b) Socioeconómico:** El establecimiento de gaviones para control de cárcavas, torrentes y azolvamiento representan una fuerte inversión económica, sin embargo, el beneficio que produce compensa dicha inversión. Son fáciles de construir pero necesitan gran cantidad de mano de obra.
- c) Ambiental:** Las actividades antropogénicas influyen en la movilización de sedimentos, los gaviones detienen el material de transporte, evitando el abatimiento del lecho de los torrentes y el consecuente azolvamiento (depósito de los sedimentos acarreados por el agua en lagos, depósitos subterráneos, presas, embalses, cauces de las corrientes y zonas inundables) de cuerpos de agua, cultivos e infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existen en la parte baja de la cuenca. En épocas de fuertes lluvias, ayudan a regular el caudal de los ríos y evitan el desbordamiento de los mismos protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones.

## Establecimiento, mantenimiento y costos

El control de cárcavas mediante la construcción de presas con gaviones, es solo una parte del control integral de cuencas ya que se necesita un tratamiento adecuado del área total drenada.

Los gaviones deben de ir fuertemente ligados entre sí con amarres de alambre galvanizado, para que de esta forma trabajen como módulos compactos. El costo estimado de establecimiento

de un muro de gaviones de dos metros de largo, un metro de ancho y un metro de alto utilizando un enrejado de alambre de acero galvanizado de 2,70 mm de diámetro, de malla hexagonal de 80x100 mm, rellena de piedra granítica de aportación colocada con retroexcavadora sobre neumáticos en Honduras está 146 USD/2 m<sup>3</sup> (cuadro 12).



**Figura 12b.** Establecimiento de gaviones

El mantenimiento es muy poco (se estima que cada 10 años se debe dar mantenimiento) su costo estimado es de 11,30 USD (cuadro 12), una vez establecido el gavión ya sea para barreras filtrantes, presas de contención de azolves o presas derivadores; no necesitan mucho mantenimiento por su capacidad de drenar los torrentes y los sedimentos arrastrados quedan atrapados compactando y fortaleciendo la estructura.



**Cuadro 12.** Costos de establecimiento y mantenimiento de gaviones en Honduras (USD/2m<sup>3</sup>).

Descripción	Unidad	Rendimiento	Precio	Importe
			Unitario USD	USD
<b>Materiales</b>				
Caja de 2x1x1 m de enrejado de triple torsión de alambre de acero galvanizado de 2,7 mm de diámetro, de malla hexagonal de 80x100 mm, para gavión.	Ud	0,53	26,14	13,72
Cable de acero de 2 mm de diámetro, para sujeción de enrejado metálico.	M	1,75	1,04	1,82
Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	M	0.05	3.82	0.19
Paneles metálicos de 500x2000 mm, amortizables en 50 usos; incluso parte proporcional de elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento.	Ud	2.	1.5	3.1
Piedra granítica de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm.	m <sup>3</sup>	1,1	18,8	20,6
Subtotal materiales:				39,45
<b>Equipo y maquinaria</b>				
Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	H	0,81	38,28	30,93
Subtotal equipo y maquinaria:				70,38
<b>Mano de obra</b>				
Albañil de obra civil.	h	0,69	2,24	1,55
Ayudante de albañil de obra civil.	h	0,69	1,65	1,14
Subtotal mano de obra:				2,70
Costo de establecimiento				73,08
Herramienta menor		2	74,08	148,16
Costo de mantenimiento anual USD				11,3

Fuente: CYPE (2016).

## Literatura consultada:

- Anzueto, B. 2014. Análisis de costos para muros de gavión para prevenir la erosión en bordas del río Guacalate, Escuintla, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 112 p.
- CYPE, 2016. Generador de precios de espacios urbanos. Consultado el 10 de diciembre 2016. Disponible en: [http://www.honduras.generadordeprecios.info/espacios\\_urbanos/Cimentaciones/Muros\\_de\\_contencion/Muros\\_de\\_gaviones/Muro\\_de\\_gaviones.html](http://www.honduras.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Cimentaciones/Muros_de_contencion/Muros_de_gaviones/Muro_de_gaviones.html)

**Compiladores:** Bommat. Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Lorena San Román y Vanessa Renderos Durán.

# 13. CULTIVOS EN HIDROPONÍA

## ¿Qué son?

La hidroponía es un sistema para producir verduras, frutas, flores, hierbas aromáticas, ornamentales de calidad en el cual los cultivos reciben los nutrientes minerales que necesitan para crecer disueltas en agua (Zuluaga 2016). Generalmente la hidroponía se practica en espacios reducidos que no alteran el medio ambiente.



**Figura 13.** Cultivo de lechuga hidropónico

## ¿Cómo Funciona?

Muchos de los métodos hidropónicos actuales emplean sustratos, como la grava, arena, piedra pómez, aserrines, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz, a los cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de la planta.

## ¿Cómo ayuda?

- Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y se evita la erosión.
- Se obtienen altos rendimientos por unidad de superficie y productos de alta calidad.
- No se requiere maquinaria agrícola.
- El consumo del recurso agua es menor y pueden usarse aguas con altos contenidos de sales.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- La mayoría de elementos esenciales se suministran a las plantas disueltos en agua.
- La calidad del agua es de gran importancia en los cultivos hidropónicos, antes de utilizar cualquier tipo de agua es necesario efectuar un análisis de la calidad de ésta.
- La duración de cualquier ciclo de riego debe ser suficiente para proporcionar un adecuado filtrado del medio, y evitar nutrientes excesivos en el sustrato; de no ser así, se formarían niveles de sal que causarían retraso en crecimiento o toxicidad en las plantas y posteriormente su muerte.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** Zonas áridas, regiones tropicales, regiones de clima templado y frío, lugares donde el agua tiene un alto contenido en sales, o donde la agricultura no es posible debido a limitantes de suelo.
- b) Social:** Cada día más, los seres humanos se preocupan por la calidad y el costo de los alimentos; en este sentido, la hidroponía es una excelente tecnología que facilita el control alternativo de plagas y enfermedades, garantizando la producción de hortalizas, verduras, vegetales y frutas libres de pesticidas y residuos de aguas contaminadas.
- c) Económico:** La instalación de la infraestructura requiere inversión y la compra de fertilizantes devenga costos, sin embargo, la producción permite una recuperación de los mismos.
- d) Ambiental:** La hidroponía se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertificación, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas. Los cultivos hidropónicos son una opción inmediata, ante la cada vez mayor escasez de agua y tierras agrícolas, y el crecimiento incontenible de la población.

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

- Requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y química orgánica.
- Es indispensable controlar el medio ambiente a través de los equipos instalados en el invernadero que generalmente requieren una alta inversión económica. En caso típico artesanal, requiere materiales más comunes como tubos PVC y equipos más sencillos.
- En el caso de riego por gravedad, el recipiente de solución hidropónica se eleva arriba del tanque de cultivo. Por acción de la gravedad el tanque se llena con la solución regando el cultivo. Para dejar que las raíces absorban oxígeno el tanque se pone por debajo del nivel de tanque de cultivo para drenar la solución. Este procedimiento se realiza varias veces al día para oxigenar las plantas. Este tipo de sistemas es muy común en operación pequeña y altamente recomendable para cultivo casero. Este sistema se caracteriza por su bajo costo de fabricación y su relativa eficiencia.

## Mantenimiento:

- En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción del agua aumenta significativamente.
- La frecuencia de los ciclos del riego tiene que ser suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas que provoquen un estrés hídrico con sus lamentables consecuencias.

Los costos de producción son de dos tipos: i) costos de instalación de la huerta, y ii) costos necesarios para que funcione en cada período productivo.

Los costos de establecimiento incluyen el valor de los contenedores, los plásticos, los sustratos, las mangueras, las herramientas y equipos e insumos necesarios para empezar. En el caso del cultivo de lechuga hidropónica estos son de 1,50 USD/m<sup>2</sup> (cuadro 13a). Este costo se puede amortizar a lo largo de varias cosechas. En lugares donde se requiera proteger los cultivos del exceso de sol, heladas o de lluvias ácidas, los costos por metro cuadrado se incrementan en aproximadamente USD/m<sup>2</sup> 1,5 - 2,0.

**Cuadro 13a.** Costo de establecimiento por m<sup>2</sup> para un cultivo hidropónico (USD) de lechuga.

Insumo imputable	Costo Total /m <sup>2</sup>	Amortización número de cosechas USD	Valor / m <sup>2</sup>
Contenedor de madera	4,70	20	0,23
Plástico negro	0,36	5	0,07
“Plumavit”	1,29	5	0,25
Herramientas	1,03	10	0,10
Equipo	1,51	10	0,15
Mano de obra	2,05	10	0,20
Sub total			1,00
Imprevistos			0,50
Total costos fijos m <sup>2</sup>			1,50

Fuente: FAO (2003).

Los costos de funcionamiento para la siembra de lechuga en el sistema de raíz flotante comprenden los costos del agua, los nutrientes, el aceite y los productos para el control de las plagas cuando hay que comprarlos (ajos, ajíes), un cuaderno para anotaciones técnicas y contables, y la mano de obra los cuales son de 2,96 USD/m<sup>2</sup> y los costos totales de 4,61 m<sup>2</sup> (cuadro 13b).

**Cuadro 13b.** Costos de funcionamiento por m<sup>2</sup> para una cosecha en un cultivo hidropónico de lechuga.

Insumo	Costo total/m <sup>2</sup> USD	Valor imputable por m <sup>2</sup> /cosecha USD
31 Plántulas de almácigo de 35 días	0,48	0,48
Solución nutritiva	0,63	0,63
Insecticidas naturales	0,05	0,05
Mano de obra	1,80	1,80
Sub total		2,96
Imprevistos 5%		0,15
Total costos variables		3,11
Costo total (costos fijos más costos variables)		4,61

Fuente: FAO (2003).

En este sistema se pueden obtener 31 lechugas adultas por m<sup>2</sup> asumiendo que se cosechan 28 lechugas a un precio de 0,31 USD esto genera un ingreso bruto de US\$ 8,68/m<sup>2</sup>.

## Literatura consultada:

- Zuluaga, N. 2016. Pasos sencillos para iniciar tu propio cultivo hidropónico. Consultado el 20 de diciembre 2016. Disponible en: <http://www.ecosiglos.com/2013/07/inicia-tu-propio-cultivo-hidroponico.html>
- Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO, IT). 2003. La huerta hidropónica popular. Curso audiovisual. 132 p. Consultado el 20 de diciembre 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Jenny Berganza y Lorena San Román.

# GESTIÓN SOSTENIBLE DEL RECURSO AGUA





# 14. PROTECCIÓN DE RIBERAS

## ¿Qué es?

Consiste en una serie de métodos para controlar la erosión de riberas de los cauces de agua a través del uso de vegetación para el recubrimiento y protección de las laderas, reduce el ancho del cauce y produce una mayor profundización de los mismos, encauzando el río y ayudando a recuperar los suelos que son inundados y erosionados continuamente.



Figura 14a. Cauce de río

## ¿Cómo Funciona?

Sirven para evitar los desbordes de los cauces de ríos, proteger las riberas y las áreas aledañas a las mismas.

## ¿Cómo ayuda?

- El entrelazamiento de las raíces de las plantas, proveen mayor consistencia en el suelo, afectando a mayor profundidad cuando se trata con árboles y arbustos como el Jobo (*Spondias mombin*). Estas zonas con buena cobertura vegetal reducen al mínimo la erosión y brindan protección a las áreas aledañas bajo producción agropecuaria (Inforegión 2013).
- El material vegetal establecido en las riberas protege las orillas de los ríos y produce leña o frutos y trae un rápido control y recuperación de las zonas erosionadas e inundadas.
- Especies como bambú pueden ser utilizadas en la artesanía y en construcciones rústicas y de casas.

## Aspectos relevantes a ser considerado para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- Se utiliza material vegetativo que se encuentra en la estación de reposo vegetativo, conformando barreras en la ribera del río.
- Es posible establecer en asociación con varias especies, (bambú o álamo, sauce) de excelentes condiciones radicales, que permitan amarrar el suelo y además pueden ser una fuente energética importante, así como una opción para la construcción y elaboración de artesanías.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** Especialmente en las áreas ribereñas identificadas con mayor riesgo y vulnerabilidad, cuenca media y baja, donde hay áreas con cultivos agrícolas o áreas de pastizales.
- b) Socioeconómico:** Requiere la inversión de recursos humanos, generando empleo familiar o comunal, además de los productos pueden generar ingresos económicos. Bambú tiene uso múltiple y podrá ser aprovechado en artesanía y para la construcción de viviendas.
- c) Ambiental:** Contribuye al mejoramiento de la belleza escénica de las áreas dentro la cuenca. Mejora las condiciones micro climáticas regulando la temperatura del agua, además de la incorporación de materia orgánica como alimento para microorganismos y especies acuáticas. Otro aspecto importante es la retención de sedimentos, mejorando la calidad y cantidad de las aguas y evitando la erosión de las riberas de ríos.

## Establecimiento, mantenimiento y costos

- La protección de fuentes riparias requiere del cercado del área que se quiere dejar para que se regenere o de la siembra de especies arbóreas, la cual se puede hacer por pseudoestacas, estacas o plántulas.
- Entre las principales especies utilizadas están las salicáceas (sauces) y el bambú.
- Es muy importante identificar aquellas áreas que presentan mayor degradación y vulnerabilidad a inundaciones, de tal forma que se planteen estrategias de manejo de las riberas conjuntamente con los productores que se encuentran en estas áreas.
- Los costos de cercar 100 metros con alambre de púas a tres hilos son de 38,7 USD (cuadro 14), sin embargo, solamente 14,91 dólares se gastarían en materiales obtenidos fuera de la finca en caso de que el productor aporte los postes y la mano de obra.



**Figura 14b.** Ribera de río

**Cuadro 14.** Costos para la construcción de 100 metros de cerca con 3 hebras de alambre de púas.

Elemento de costo	Cantidad	Unidad	Costo (USD)		%
			Unitario	Total	
Postes cada 3 metros	33	Postes	0,46	15,18	39,2
Alambre de púas + grapas	0,9	Rollos	16,57	14,91	38,6
Mano de obra	3	Jornales	2,86	8,58	22,2

Fuente: Vieira (2012).

- Si se opta por la regeneración natural los costos son mínimos.
- Si se establece bambú se deben colocar alrededor de 40 plantas por cada 1000 m<sup>2</sup> las cuales tendrían un valor en vivero de 0,34 USD/planta si proviene de chusquines o de 0,5 USD si proviene de una plántula (Acero Vegetal 2012).



**Figura 14c.** Uso de bambu empleado en riberas

- En caso de sembrar árboles provenientes de vivero estos tienen un valor de 0.026 USD/ árbol (Vieira 2012). Para el establecimiento y mantenimiento de la guadua o los árboles el productor debería aportar su mano de obra.
- Un adecuado manejo de la guadua incluye plateos, fertilización, raleos y ordenamiento de la vegetación a lo largo de la ribera.

## Literatura consultada:

- Acero vegetal. 2012. Guadua Bambú Colombia. Consultado el 15 de diciembre, 2016. Disponible en: <https://guaduabambucolombia.com/2012/08/21/vivero/>
- Inforegión. 2013. Bambú, nuevo acero natural contra la erosión y desbordes ribereños. Consultado el 10 de noviembre 2016. Disponible en: <http://www.inforegion.pe/medio-ambiente/157013/bambu-nuevo-acero-natural-contra-la-erosion-y-desbordes-riberenos/>
- Vieira, M. 2012. Protección y captación de pequeñas fuentes de agua. Consultado el 10 de diciembre, 2016. Disponible en: <http://www.slideshare.net/JorgeTrejoCanelo/proteccion-y-conservacion-de-fuentes-de-agua>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón, Lorena San Román y Rovell Ivan.

# 15. PROTECCIÓN DE MANANTIALES (NACIENTES)

## ¿Qué son?

Son las prácticas que se realizan para mejorar la producción de agua, en cantidad y calidad, o para reducir o eliminar las fuentes de contaminación para tener agua segura para el consumo de la familia y garantizar la producción inocua de alimentos que se producen en el patio o la finca (Vieira 2012).

Se busca asegurar el abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes subterráneas de agua ubicadas en las proximidades de las viviendas o de las parcelas agrícolas. Dentro de estas prácticas se pueden destacar: barreras vivas, barreras muertas, cercado de fuentes de agua, reforestación, incorporación de rastrojos, reciclaje, uso de abonos orgánicos, uso de productos biológicos y sistemas silvopastoriles entre otras.



**Figura 15.** Protección fuente de agua con cerca de manantial

## ¿Cómo Funciona?

Facilitan los procesos de protección y retención de las aguas en sus fuentes naturales, evitando pérdidas en escorrentía o daños en los suelos, subsuelos y propiedades en las zonas de cuencas.

## Aspectos relevantes a ser considerado para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Hay varias opciones, si es para el uso individual, el manejo y uso se programa solo para su parcela. En caso de uso para la comunidad o una cabecera es necesario planificar y realizar actividades comunitarias como la limpieza, cerco para evitar el acceso a los animales, regenerar la cobertura vegetal y reforestar en partes altas. Adicionalmente para el uso comunitario se debe establecer consenso en el uso del recurso agua para evitar futuros conflictos.

Se recomienda uso de materiales locales, por ejemplo, la siembra de árboles o barreras vivas, caja de captación mediante el uso de concreto, el surtidor es de tubería de PVC y los grifos de PVC o metal, y accesar material informativo básico para operación y mantenimiento (Vieira 2012).

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** En diferentes partes de la cuenca. Es adecuada independientemente del nivel de lluvias y de temperaturas en la zona. Son prácticas apropiadas para zonas de laderas orientadas a la protección de fuentes de agua y particularmente de las franjas de recarga hídrica, lo que favorece la cantidad y calidad del agua. Permite el uso individual y/o comunitario.
- b) Social:** Por lo general son fuentes que están cercanas a las viviendas o parcelas. Permite la participación organizada de toda la familia. Se logra usando materiales locales. Fácil de construir y de darle mantenimiento por los mismos usuarios o familias beneficiarias. Requiere de una pequeña inversión. Mayor posibilidad de contar con agua de buena calidad microbiológica. Fortalecimiento de organizaciones de usuarios mediante el uso de instrumentos de gestión. Regulación mediante acuerdos y normas comunales. Disminución de los conflictos por uso del agua.

- c) Económico:** Requiere pequeña inversión. El recurso agua se convierte en un bien de uso y dominio local sin recarga económica. Permite su uso para mini riego cuando el caudal es mas allá de uso doméstico aumentando la diversificación de su sistema de producción.
- d) Ambiental:** Facilitan los procesos de protección y retención de las aguas en sus fuentes naturales, evitando pérdidas en escorrentía o daños en los suelos, subsuelos y propiedades en las zonas de cuencas hidrográficas. Permite prepararse para el comportamiento irregular de las lluvias, así como reducir los riesgos de indisponibilidad de agua mediante planes de operación y mantenimiento. La protección de manantiales responde a la problemática que tienen las familias en relación a la disponibilidad y la demanda anual de agua en un contexto de cambio climático, en este sentido se mejora en la cantidad y calidad del agua, se da un aumento de la cobertura vegetal en las áreas protegidas y por ende mejora del paisaje.

### Establecimiento, mantenimiento y sus costos:

- Es preferible hacer un cerco al manantial, no solo para permitir la regeneración de cobertura vegetal, sino para evitar la contaminación con desechos de animales y de humanos.
- Para evitar conflictos de uso del recurso, es adecuado que participe toda la familia y los miembros de la comunidad con un grado de organización y compromiso comunitarios con un plan de manejo y mantenimiento.

Los costos dependen del tipo de acciones se desarrollen para la protección de los manantiales. Si la protección del manantial consiste en cercar sus alrededores el costo es de 38,7 USD/100 metros de cerca con alambre de púas a tres hilos (Vieira 2012). Si se desea captar el agua proveniente de una fuente ubicada en talud de tierra con talpetate en la base y afloramientos dispersos se debe abrir una zanja abierta al pie del talú de 12 m de largo x 0,30 m de ancho x 0,10 m de profundidad, construir un muro de contención y cajita recolectora para la conducción hacia pila de almacenamiento de 0,50 m de ancho x 0,50 m de largo x 0,15 m de profundidad; relleno de piedras cubierto con plástico negro y una pila de almacenamiento 1,50 m de ancho x 4,0 m de largo x 1,0 m de profundidad. Los costos de establecimiento de esta obra serían de 781 USD y los de mantenimiento cada cinco años de 172,50 USD (cuadro 15).

**Cuadro 15.** Costo de la protección de manantiales o nacientes (USD).

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo (US\$)	
			Unitario*	Total
<b>Materiales</b>				
Bloques de cemento (pila)	Ciento	1,50	38	57,00
Cemento	Bolsa	20	4,23	84,60
Arena	m <sup>3</sup>	6	11,43	68,58
Hierro de 3/8"	Varilla	19	1,71	32,49
Alambre de amarre	Libra	1	0,40	0,40
Tubo PVC 4" (conducción de agua)	Unidad	1	11,43	11,43
Tubo de PVC 2" (descarga)	Metros	0,60	1,40	0,84
Tubo PVC 1" (conexiones con tubería)	Metros	3	0,94	2,83
Tubo PVC3/4" (conexiones con tubería)	Metros	1	0,46	0,46
Plástico Negro	Yardas	15	1,60	24,00
Total en materiales				282,63
<b>Mano de Obra</b>				
No calificada	jornales	49	8,25	404,25
Calificada (albañil)	jornales	5	18,83	94,15
TOTAL				498,38
<b>Mantenimiento (cada 5 años)</b>				
Mano de obra	jornales	10	8,25	82,50
Estimado materiales requeridos				90,00
TOTAL				172,50

Fuente: MARN (2016).

## Literatura consultada:

- MARN (Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales de El Salvador). 2016. Medidas de ingeniería de protección de cauces de río. Consultado 13 de octubre del 2016. Disponible en <http://www.marn.goBommatsv/destacadocp/enlinea/>
- Vieira, M. 2012. Protección y captación de pequeñas fuentes de agua. Consultado el 10 de diciembre, 2016. Disponible en: <http://www.slideshare.net/JorgeTrejoCanelo/proteccion-y-conservacin-de-fuentes-de-agua>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.



# 16. CAPTACIÓN DEL AGUA DE SU TECHO

## ¿Qué es?

Este sistema es un medio fácil y sensato de obtener agua para el consumo humano y para el uso agrícola. En aquellos lugares con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento (Figura 1).

El agua de lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto hace posible hacer más llevadero el tiempo de sequías.

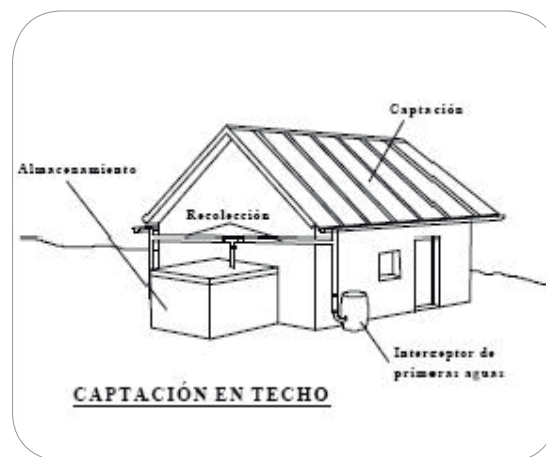


Figura 16a. Diseño captación agua de lluvia

## ¿Cómo Funciona?

En el contexto doméstico, para la captación de lluvia, se puede utilizar la superficie del techo como captación. La ventaja de este sistema es que además de su captación, minimiza la contaminación del agua y la escorrentía (FAO 2013). Para uso agrícola, se requieren mayores superficies de captación, por lo que se requieren superficies permeables extensas, para colectar la mayor cantidad de agua posible.

La cosecha de agua se determina por la superficie de captación. Entre mayor es la superficie mayor será la captación pluvial. Las tuberías utilizadas para el desalojo de agua pluvial pueden ser utilizadas para los sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

El filtro es el componente más importante en un sistema de captación pluvial. Dicho filtro debe de tener a capacidad de retener las partículas orgánicas y minerales encontradas en la superficie captadora y en la lluvia. Su funcionamiento debe de ser auto-purgante para no requerir de mayor mantenimiento y limpieza. La cisterna, aunque similar a una cisterna de agua potable tiene las siguientes diferencias constructivas. Importante considerar:

1. Cuando no hay suficiente precipitación, debe de recibir agua de la cisterna de agua potable.
2. Debe de tener una salida de seguridad que permita filtrar a la canalización o a una superficie libre el exceso de agua.
3. La superficie flotante debe de estar debajo de una malla para evitar la succión de sedimentos y partículas.
4. El tamaño de la cisterna se calcula basándose en datos estadísticos de precipitación pluvial, dimensión de superficie captadora y la cantidad requerida de agua para la vivienda o edificación.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

Se debe tener en cuenta estas recomendaciones:

- Antes de instalar el sistema de recolección, es importante revisar si existen goteras o daños en los conductos, ya que las filtraciones de agua pueden impedir la máxima recolección y posteriormente su aprovechamiento.
- Este recurso hídrico no ha recibido el tratamiento adecuado. Lo aconsejable es utilizar el agua para las tareas del hogar. Usando los filtros adecuados y hervir el agua para el consumo humano.
- Disponer de un contenedor de plástico amplio para la recolección. Se debe instalar un filtro y una llave en el contenedor para administrar la cantidad de agua que necesaria.
- En caso de un proyecto de la comunidad se recomienda trabajar con autoridades locales para su apoyo y la asistencia técnica.



**Figura 16b.** Tanque de almacenamiento

### **Análisis de sostenibilidad:**

- a) Rango de aplicabilidad:** Este tipo de cisternas o tinajas se puede usar en un rango amplio de condiciones agro ecológicas y climáticas, principalmente para aquellas zonas donde hay baja o irregular precipitación o mala distribución.
- b) Social:** Su vigencia es desde una vivienda hasta realizar un proyecto de la comunidad donde el agua es escasa en cierto periodo del año. Ideal para comunidades dispersas o alejadas debido a que es un sistema independiente. Tiene la posibilidad de integrar un enfoque de participación activa de hombres y mujeres, de modo que la perspectiva de la equidad se pone en práctica. Promueve la cohesión social y la organización de la sociedad civil.
- c) Económico:** Se utilizan en zonas rurales y pueden construirse a través de la mano de obra familiar o comunal. Requiere pocos insumos externos o bajas inversiones. Ofrece comodidad y ahorro de tiempo y energía a los usuarios.
- d) Ambiental:** Alta calidad físico-química del agua de lluvia. El sistema no requiere de energía para su operación. Permite conservar los recursos acuíferos (ríos, lagos, humedales). Fomenta una cultura de conservación y ofrece un uso óptimo del agua.

### **Costos:**

La adquisición de materiales y la construcción de un tanque con una capacidad de 10.6 m<sup>3</sup> tiene un costo de establecimiento de 391,8 USD (cuadro 16). El uso del agua almacenada en los tanques es diverso, desde el aprovechamiento para consumo humano hasta el riego suplementario en parcelas para cultivar o para el consumo de animales.

En cuanto al mantenimiento requiere muy poco, este consiste en cuidar los filtros de agua principalmente. En el caso de un proyecto comunitario, es preferible elaborar un plan de mantenimiento y definir los responsables. El costo estimado de mantenimiento cada cinco años es de 126 USD (cuadro 16).

**Cuadro 16.** Costo de construcción y manejo (USD) de un tanque de ferrocemento para almacenamiento de 10000 litros de agua llovida.

Concepto	Unidad	Canti- dad	Costo unita- rio (USD)	Cost total (USD)
<b>Materiales</b>				
Malla electrosoldada 66-66 para loza	m	13,8	0,8	10,5
Tela gallinera calibre 20 apertura diamante 38.h-1,5	m	40,5	0,5	20,9
Cemento para loza fc-200 (1bultox 4 botes de arena)	Bultos	16,1	4,6	74,3
Arena fina cernida en tamiz de 3 mm	m <sup>3</sup>	1,2	8,9	10,9
Grava (granzón o gravilla para firme)	m <sup>3</sup>	0,3	9,1	2,5
Agua	Litros	256,8	0,1	13,5
Tripley de 3mm de grosor ceiba (1x22x2,44)	Piezas	6,0	5,3	31,6
Alambre recocido	Kilogramos	6,0	0,5	3,2
Niple galvanizado de 1-1/4"x6 rosca externa	Pieza	1,0	0,5	0,5
Niple galvanizado 1-1/2"x 6 rosca externa	Pieza	1,0	0,7	0,7
Cople galvanizado 1-1/4"	Pieza	1,0	0,2	0,2
Cople galvanizado 1-1/2"	Pieza	1,0	0,3	0,3
Tapón hembra galvanizado 1-1/5"	Pieza	1,0	0,1	0,1
Válvula de compuerta roscada interna	Pieza	1,0	13,4	13,4
Válvula de nariz 1/2" 18 con rosca	Pieza	1,0	3,3	3,3
Reducción de 1-1/4 a 1/2" redbush	Pieza	1,0	0,2	0,2
Polines	Piezas	5,0	2,4	12,1
Teflón	Piezas	2,0	0,4	0,8
Tapa metálica para cisterna lisa 50x50 cal 18	Pieza	1,0	10,0	10,0
Canaleta salida izquierda y derecha galvanizada 3.05 m	Piezas	2,0	7,4	14,8
Canaleta sencilla 3,05	Piezas	2,0	5,8	11,6
Tubo PVC 2" 6 m	Pieza	1,0	3,5	3,5
Codos de 2"	Piezas	2,0	1,6	3,2
Abrazaderas	Piezas	10,0	0,5	5,3
Transporte de material	Viaje	1,0	18,4	18,4
Total materiales (USD)				265,5
<b>Mano de obra</b>				
No calificada	jornales	6	7,9	47,3
Calificada (albañil)	jornales	6	13,2	78,9
Total de mano de obra (USD)				126,2
Total de establecimiento (USD)				391,8
<b>Mantenimiento (cada 5 años)</b>				
Mano de obra	jornales	6	7,9	47,3
Estimado materiales requeridos (costo estimado)			78,9	78,9
Total de mantenimiento (USD)				126,2

Fuente: Adaptado de PESA (2008).

## Literatura consultada:

- Organización Mundial Para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, IT). 2013. Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Consultado el 20 de septiembre del 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>.
- Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria. (PESA, MX). 2008. Sistemas de captación y almacenamiento de agua en el hogar. FAO, SAGARPA, PESA - México. 23 p. Consultado el 10 de diciembre, 2016. Disponible en: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-07-09\\_04-33-38106702.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-07-09_04-33-38106702.pdf)

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.

# 17. DIQUES PARA ALMACENAR AGUA Y CONTROLAR EROSIÓN

## ¿Qué son?

El dique es una barrera fabricada con piedra, hormigón o, materiales sueltos que se construye en una cerrada o desfiladero sobre un río o arroyo.

El dique es para detener el escurrimiento del agua, aprovechar el agua lluvia y crear el embalse. El agua almacenada se utiliza en un sistema de micro riego en los períodos críticos de sequías, en áreas pequeñas de cultivos, para orientarla hacia pilas para consumo animal y también en el consumo humano cuando se le da el tratamiento adecuado.

Son estructuras que se recomiendan para zonas secas con precipitaciones que alcanzan hasta los 1500 mm por año, específicamente en zonas adonde la distribución de las lluvias es irregular, con períodos contrastados de deficiencia de agua para los cultivos. Los diques de piedras son muros o cercas de piedras de base ancha para retener el agua y la tierra erosionada con una vertedera y un delantal frontal. Se recomiendan en donde existen cárcavas, las cuales se forman cuando se juntan dos o más laderas.

Dependiendo del tamaño de las laderas y de la precipitación, la cantidad de agua que pasa por la cárcava puede ser muy alta. En estas zonas con precipitaciones muy altas o con tormentas muy fuertes se necesitan diques más anchos y a menor distancia.



**Figura 17a.** Diques de almacenamiento de agua

## ¿Cómo Funciona?

El reservorio está diseñado de tal manera que puede ser abastecido a través de manguera, de captación directa de la lluvia, o por escorrentía, por medio de acequias. Se observan buenos resultados en suelos de textura arcillosa por el mejor nivel de compactación que alcanzan. En suelos francos y arenosos es necesario reforzar las paredes para evitar fisuras y la fuga de agua. En algunos se usan materiales como plásticos para lograr un buen sellado y evitar la filtración del agua.

Es recomendable construir diques desde la cuenca alta hasta la cuenca media, ya que promete controlar inundaciones y así mismo la erosión. Es importante aumentar la vegetación cerca de los diques para fortalecer la ribera.

## ¿Cómo ayuda?

Al agua captada en un reservorio se le puede dar los siguientes usos:

- a)** Abastecimiento de agua para los sistemas de riego.
- b)** Abrevaje de animales o aguar el ganado.
- c)** Actividades domésticas.
- d)** Riego de cultivos de patio, entre otras.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología

- La construcción de los diques debe ser parte de un plan integral de manejo y protección de la cuenca. La construcción de diques es parte esencial para la recuperación de la cuenca y sirve para el control de la erosión. Para la construcción se debe tener en cuenta la escorrentía en la superficie de las laderas a los lados de la cárcava.
- Aspectos importantes en la construcción de los diques:
- La construcción debe iniciar en la cabecera de la cárcava. Cuando la cárcava no es profunda, el muro puede estar a la altura del terreno; cuando es profunda, el muro debe ir elevándose paulatinamente.

- El dique de piedra es un muro en forma de media luna con una base de 2 a 3 veces más ancha que el borde superior y una inclinación inversa o talud del 10%. La base del muro debe estar bien enterrada, tanto en el fondo de la cárcava como en los taludes. Se aconseja que se profundice la base y los taludes a unos 30 cm por cada metro de altura del muro. Las piedras más grandes se utilizan en medio de la cárcava.
- El muro tiene una superficie cóncava, que en su parte más baja sirve de vertedero. El vertedero permite la salida en forma controlada de las aguas acumuladas por el muro.
- En la parte frontal, abajo del muro se construye un delantal o piso protector, en una superficie horizontal de piedras que amortigua la caída del agua, evitando que la corriente socave el pie del dique. El delantal debe de estar bien enterrado en el pie del muro. Su ancho es igual a la altura del muro
- Las dimensiones y distancia entre los diques dependen de la profundidad y pendiente de la cárcava.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de Aplicabilidad:** Su puede construir en zonas altas o medias de la cuenca. La tecnología es apropiada para diferentes tipos de alturas y de pendientes; en suelos degradados se debe combinar con tecnologías que mejoren la fertilidad. Los diques de piedras son más difíciles en las paredes ya que le da una forma de trapecio, esto ayuda a la resistencia de la estructura. En suelos poco pedregosos puede ser más apropiado construir los diques combinándolos con postes prendedizos para fortalecer el muro.
- b) Social:** Genera oportunidad de actividad productiva y de conservación en finca/parcela/predio. Su sistema de producción será diversificada de tal manera que la familia podrá ser beneficiado de manera integral. En el caso del uso de agua represada de dique que cubre las necesidades de los vecinos o la cabecera, surge la cooperación para el mejor aprovechamiento y el mantenimiento de la obra.
- c) Económico:** La inversión inicial que se requiere para construir el dique, es medianamente alto para los pequeños productores, por lo tanto, el gobierno local tendrá una responsabilidad especial para el apoyo tanto financiero como técnico.
- d) Ambiental:** Los beneficios son notables si se planifica y coordinan las obras a nivel de micro cuencas hidrográficas, tanto para ejecutar como para el mantenimiento de las obras. Es una de las obras más importantes para lidiar con el cambio climático en zonas que sufren de las sequias frecuentes. Como protección, confina el agua dentro del cauce de un río (bordos longitudinales a lo largo del río) o bien evitar que la inundación alcance poblaciones o zonas de importancia (bordos perimetrales). Permite garantizar reducción de la erosión hídrica de suelos, reducir su vulnerabilidad e incrementar todos los aspectos productivos sustentables de desarrollo en los territorios.



## Establecimiento, mantenimiento y costos

- La construcción de diques requiere experiencia y un nivel de moderado a alto en conocimientos.
- Requiere de una buena colaboración y organización entre los participantes o usuarios para construir y mantener la obra.
- Considerando la pendiente y el tamaño de la cárcava, se necesita bastante mano de obra para construirlos.
- Los diques de piedras se construyen en la época seca.
- En el caso de un buen control de las corrientes de agua por la cárcava, se puede proceder a sembrar cultivos como frutales, tubérculos y caña.



**Figura 17b.** Dique de madera y piedra.

El costo de establecimiento por  $m^3$  está en unos 171 USD. El mantenimiento se hace después de uno o varias temporadas de lluvias, el dique se va a rellenar con toda la tierra que las corrientes traen con ellas. De pronto habrá necesidad de subir el muro del dique, colocando más piedras u otros materiales. La tierra que se acumula detrás del dique es buena. Una vez estabilizado el equilibrio en el fondo del zanjo, se puede proceder a la rehabilitación de la cárcava. Esto incluye la reducción de la inclinación de los taludes y la siembra de vegetación protectora. Se recomiendan especies de baja y mediana altura con sistemas radiculares densos y profundos. Esto se estima en unos 36 USD/ $m^3$  [cuadro 17].

**Cuadro 17.** Costos de establecimiento y manejo (USD/m<sup>3</sup>) de un dique madera y piedra para almacenamiento de agua y control de erosión.

Actividad	Unidad	Cantidad	Costos	
			Unitario	Total
Ubicación, limpia y trazo	Jornal	0,15	17,67	2,65
Excavación, cimentación	Jornal	0,50	17,67	26,51
Conformación de presa	Jornal	0,75	17,67	13,25
Acomodo de piedra	Jornal	3	17,67	53,01
Colecta de piedra	Jornal	2	17,67	35,34
Acarreo de piedra	Jornal	2	17,67	35,34
Excavación para el delantal	Jornal	0,5	17,67	8,8
Construcción del delantal		0,5	17,67	8,8
Malla ciclón o electrosoldada	Rollo	0,25	13,05	3,26
Alambre galvanizado	kilogramo	0,2	3,86	0,77
<b>TOTAL</b>				<b>170,13</b>
<b>Mantenimiento</b>				
Limpieza	Jornal	2	17,67	35,34
<b>TOTAL</b>				<b>35,34</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Literatura consultada:

- Presa de ferrocemento Tepeextla. En: <http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/18038802/Presa-de-ferrocemento-Tepeextla.html> Consultado en mayo 2015.

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.

## 18. RIEGO POR ASPERSIÓN CON SISTEMA TIPO MICROJET

### ¿Qué es?

Es un sistema artesanal simple que distribuye el agua uniformemente, con un daño mínimo al cultivo y al suelo. Se puede utilizar en áreas de distintos tamaños. Es un microsistema muy apropiado para zonas con escasas precipitaciones (figura 18a).



Figura 18a. Riego tipo microjet

### ¿Cómo Funciona?

Para lograr una buena distribución del agua en la parcela a irrigar se necesita una altura de la fuente al microsistema de 2 metros como mínimo; cada micro aspersor tiene capacidad para irrigar un radio de 4 metros en un tiempo de 30 a 60 minutos. Este sistema se utiliza para riego de cultivos en cualquier época del año.

## ¿Cómo ayuda?

Se trata de una estructura liviana y de bajo costo que usa materiales locales, de modo que puede ser utilizada por todo tipo de productor o productora. Este sistema se puede aplicar aun en terrenos donde el productor no tiene seguridad de la tierra, ya que por el tipo de material utilizado se puede levantar fácilmente. No requiere alto nivel de conocimiento o preparación técnica. No se necesita contratar mano de obra porque se utiliza únicamente a la familia.

## Aspectos relevantes a ser considerados para el adecuado funcionamiento de la tecnología:

Esta tecnología no requiere de gran cantidad de materiales externos, sin embargo a productores sin acceso a estos se les puede dificultar su implementación, el material externo requerido para impulsar esta tecnología es la manguera para la conducción del agua en aquellas áreas que el agua se desplace por gravedad.

## Análisis de sostenibilidad:

- a) Rango de aplicabilidad:** El riego por micro aspersión puede ser utilizado en cultivos de hortalizas, en granos básicos de porte bajo como el frijón, en frutales y café en período de crecimiento, en donde todavía se facilita la ubicación de los microaspersores. Es una tecnología que contribuye de manera relativa con la adaptación climática, esto siempre que exista un buen uso y manejo del agua, según el área y tipo de cultivo que se siembre.
- b) Social:** El ahorro de agua permite ampliar su uso a otros fines domésticos o diversificar los cultivos en su patio.
- c) Económico:** Esta tecnología no requiere de gran cantidad de materiales externos, sin embargo a productores sin acceso a estos se les puede dificultar su implementación, el material externo requerido para impulsar esta tecnología es la manguera para la conducción del agua. El costo del microsistema de riego dependerá de la distancia de la fuente de agua a la parcela a irrigar. Ejemplo, a una distancia de 50 metros de la fuente a la parcela y adquiriendo los materiales en casas comerciales, el costo es de 53 dólares por instalación de un área de 0,11 hectáreas.
- d) Ambiental:** No solo contribuye al uso racional de agua, sino evita erosión de suelo particularmente con textura arenosa. Tiene un consumo de agua mucho menor que con el riego por aspersión.

## Establecimiento, mantenimiento y costos:

- Es un microsistema muy apropiado para zonas secas donde las precipitaciones son escasas alcanzando máximo unos 1500 milímetros anuales, aunque también puede ser utilizado en zonas con precipitaciones mayores para la producción en período seco (figura 18b).
- Para la implementación de este sistema es preferible que exista una pendiente fuerte entre el punto donde está el agua y la parcela, para garantizar la presión que se requiere para hacer funcionar los micro aspersores. Sin embargo, dentro de la parcela se prefiere la menor pendiente posible.
- Esta tecnología no tiene limitantes serias basadas en la textura del suelo, pero hay que tomar en cuenta que los cultivos en suelos arenosos demandan el riego con intervalos más cortos que en suelos francos o arcillosos, lo que aumenta la demanda de agua. Obando *et al.*, 2006 reportan que la tecnología presenta un costo de instalación de 481,8 dólares por hectárea y un costo de mantenimiento de 35,3 USD/ha (cuadro 18).



**Figura 18b.** Riego de un campo utilizando el sistema de riego por aspersión tipo microjet

**Cuadro 18.** Costo del establecimiento y manejo (USD/ 0,11ha) de un sistema de riego por aspersión tipo microjet.

ACTIVIDAD	Unidad de medida	Área (ha)	COSTOS	
			UNITARIO	TOTAL ha
Instalación		0,11	53	481,81
<b>TOTAL</b>				481,81
<b>Mantenimiento</b>				
Limpieza	Jornales	2	17,67	35,34
<b>TOTAL</b>				35,34

Fuente: Obando *et al.*, (2006).

## Literatura consultada:

- Obando, M; Fischler, M; Rodríguez, R; Sagastume, N; Sosa, H y Morger, C. 2006. Riego por aspersión tipo microjet. Unidades de Apoyo de PASOLAC de Nicaragua, Honduras y El Salvador e Inter Cooperation. Consultado el 25 de mayo 2015. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=911>

**Compiladores:** Bommat Ramakrishna, Jeanette Cárdenas Chacón y Lorena San Román.

# **EJERCICIO PARA ESTIMAR LOS COSTOS DE LA TECNOLOGÍA SOSTENIBLE PARA LA ADOPCIÓN EN FINCA**





## 1. Introducción:

Toma de decisión sobre la adopción de prácticas en gran parte obedece no solo la voluntad de los pequeños productores por los impactos en la producción e ingresos, sino también por los costos de establecimiento y mantenimiento que pueden constituir una limitante. Los costos incluyen los materiales y equipos requeridos y mano de obra requeridos para su implementación.

Bajo las condiciones de Centroamérica, muchas veces la adopción de nuevas prácticas requiere la voluntad de las familias productoras, ya que solo se demanda la mano de obra porque los materiales están disponibles en finca y/o tienen poco o nada de costo. Es importante anotar que los costos varían por país, incluso regiones dentro de los países, por lo tanto, no se puede generalizar a nivel Centroamérica.

Los costos presentados en este documento para las buenas prácticas agropecuarias tratan de brindar una idea como insumo para la toma de decisiones. Lo ideal es que las familias productoras realicen su propio ejercicio (solos o con ayuda de los técnicos extensionistas) en la estimación de los costos de establecimiento y mantenimiento de las prácticas bajo los distintos escenarios existentes en su finca. Este proceso contribuirá al reconocimiento de las ventajas que presentan las prácticas en los procesos de producción y en el valor agregado que adquiere la propiedad.

## 2. Objetivo General:

Generar el ambiente de “aprender haciendo” en el marco de cada CLIITA-PRIICA-IICA como parte de su PEI<sup>3</sup> priorizando las tecnologías sostenibles para su adopción en la finca por medio de los costos de establecimiento y manejo de las prácticas que prometen una mejora en la productividad e ingresos de los sistemas de producción.

### Objetivos Específicos:

- El ejercicio de estimación de costos permite internalizar el proceso de adopción de prácticas sostenibles acorde con sus necesidades, acelerando el proceso de su adopción.
- El ejercicio de estimación de costos permite a los miembros del CLIITA monitorear el proceso de adopción y visualizar sus beneficios a corto y mediano plazo.

---

3 PEI: Plan Estratégico de Innovación del PRIICA.

### 3. Participantes:

Pequeños productores de CLIITA y los Actores claves de transferencia y extensión agrícola, otros a criterio de cada CLIITA.

### 4. Facilitadores:

El ejercicio en grupo requiere un mínimo de dos profesionales: un experto en gestión de conocimiento y un economista agrícola.

### 5. Pasos metodológicos para estimar los costos en el marco del PRIICA:

- a) Es importante que los pequeños productores definan las necesidades tecnológicas en los aspectos de manejo de recursos agua, suelo y su entorno natural (ambiente) para poder identificar y priorizar la adaptación de las tecnologías descritas en el documento actual, todo en el contexto de su CLIITA, y que incorporen preferiblemente en su PEI y PGC. Los actores del CLIITA asumirán compromisos si así se requiere para la gestión y adopción de las tecnologías.
- b) La selección definitiva de las tecnologías sostenible de manera colectiva o individual es objeto de gestión de conocimiento para que tomen decisiones informadas correspondiente para introducirlas en su finca. Es preferible que seleccionen las tecnologías según sus necesidades y posibilidades de adopción y tenga la seguridad que resulte beneficioso.
- c) El siguiente paso es estimar los costos por cada tecnología seleccionada para introducirla en la finca. Los costos son generalmente dos rubros: materiales y herramientas requeridas y mano de obra (familiar y/o contratada) para realizar las tareas específicas. En este paso, el apoyo de los facilitadores es esencial para valorar objetivamente los costos para su adopción y el mantenimiento.
- d) Los costos serán estimados guiándose en el cuadro 1 y cada pequeño productor o en grupo estimarán los costos respectivos. Cada CLIITA desarrollará su propio cuadro y los ítems podrán variar según sus necesidades y las condiciones locales.
- e) El cuadro indica, materiales y mano de obra requeridos en cada caso. Los materiales podrán ser de origen vegetal o animal; materiales que tengan origen de comercios locales como el caso de ferretería o comercios de insumos agropecuarios, etc. Otros rubros de estimación de costos es el requerimiento de mano de obra para la adaptación de prácticas, bien sea de origen familiar o aquella contratada.

- f) Es recomendable que cada CLIITA realice su ejercicio para la estimación de costos, con el apoyo de sus miembros claves y también profesionales de transferencia y extensión agrícola de su zona, para dar el seguimiento al proceso de adopción de prácticas.
- g) Los resultados esperados del ejercicio son: costos de materiales y equipos requeridos, costos de mano de obra, igualmente serán determinados los costos de mantenimiento correspondiente según el caso. También, establece compromisos de los actores de CLIITA tanto para la Gestión de Conocimiento, así como el seguimiento de las instituciones de transferencia de tecnología.
- h) Se recomienda que cada pequeño productor o grupo de los miembros del CLIITA mantengan el cuadro de estimación de costos, en forma de real ejecución y el monitoreo a través del tiempo de los costos como de los beneficios.

**Cuadro 1.** Matriz para estimar los costos de adopción de tecnologías sostenible en las fincas o su entorno natural de los pequeños productores.

Ítems	Unidades requeridas	Precio unitario	Precio total para su finca	Observaciones
<b>a) Materiales origen vegetal/ animal</b>				
1.				
2.				
3.				
4.				
<b>b) Materiales en general</b>				
1.				
2.				
3.				
4.				
<b>c) Alquiler de equipos</b>				
1.				
2.				
3.				
4.				
<b>d) Mano de obra requerida para la adopción.</b>				
1.				
2.				
3.				
4.				
TOTAL				
<b>e) Mantenimiento</b>				
<i>Materiales</i>				
1.				
2.				
<i>Mano de obra</i>				
1.				
2.				
TOTAL				







## CONTÁCTENOS

**Unidad Coordinadora del PRIICA (UCP)  
Instituto Interamericano de Cooperación para la  
Agricultura (IICA)**

Sede Central. San José, Vásquez de Coronado,  
San Isidro 11101-Costa Rica, América Central  
Apartado 55-2200  
Teléfonos: (506) 2216-0313 / 0320  
Fax: (506) 2216-0233  
Correo electrónico: infopriica@iica.int

**[www.iica.int](http://www.iica.int)  
[www.priica.sictanet.org](http://www.priica.sictanet.org)**