

Obras de conservación de suelos y agua en laderas*

Las laderas de Centroamérica están compuestas de ambientes muy diversos, que difieren por sus condiciones agroecológicas, socioeconómicas, necesidades y prioridades de las familias productoras. Características como clima, tipo de suelo, acceso a tecnologías varían a nivel de región, comarca o incluso en parcelas.

En esta publicación El Proyecto Red SICTA, del IICA/Cooperación Suiza, hace un esfuerzo por rescatar diversas alternativas de Conservación de Suelos y Agua (CSA), tomando en cuenta que las laderas son ambientes heterogéneos.

Desde el punto de vista técnico-científico, laderas con más del 50% de pendiente son de vocación forestal.

Para laderas con menos de ese porcentaje de pendiente, se sugieren las siguientes obras de conservación de suelos y agua, que se presentan en esta guía:

- Trazado de curvas a nivel.
- Establecimiento de barreras vivas.
- Acequias o zanjas a nivel para captar agua.
- Acequias o zanjas a desnivel para drenar el exceso de agua de lluvia.
- Barreras muertas de piedra para controlar la erosión.
- Diques de piedra y postes para eliminar cárcavas.
- Formación de miniterrazas para reducir la erosión.
- Agroforestería con regeneración natural.
- Cultivos de maíz y frijol intercalados con leguminosas.
- Rotación de maíz y frijol con abono verde.
- Obras físicas para cosechar agua de lluvia.



* Documento elaborado con información y gráficos recopilados y adaptados de la "Guía de Conservación de Suelos y Agua", elaborada y publicada en 1999 por el Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas en América Central (PASOLAC), que financió la Cooperación Suiza.

Trazado de curvas a nivel

Las curvas a nivel en laderas de cultivo son líneas o trazos imaginarios que tienen la misma altura en cualquier punto de la pendiente.

Para trazar una curva se utilizan instrumentos sencillos, como el Aparato A, y siguiendo la ruta de estas curvas se construyen la mayoría de obras físicas de Conservación de Suelos y Agua (CSA).

En una obra física de CSA como la acequia, la barrera viva o la barrera muerta, el agua se detiene y como no corre a lo largo de la curva porque ésta es completamente plana, se infiltra a las capas inferiores del suelo, favoreciendo al cultivo con mayor humedad.

Por eso, antes de construir cualquier obras de CSA que presentamos en esta guía, se hace imprescindible trazar las curvas a nivel.

Trazado de curvas a nivel con el Aparato A

Para construir un Aparato A se necesita lo siguiente:

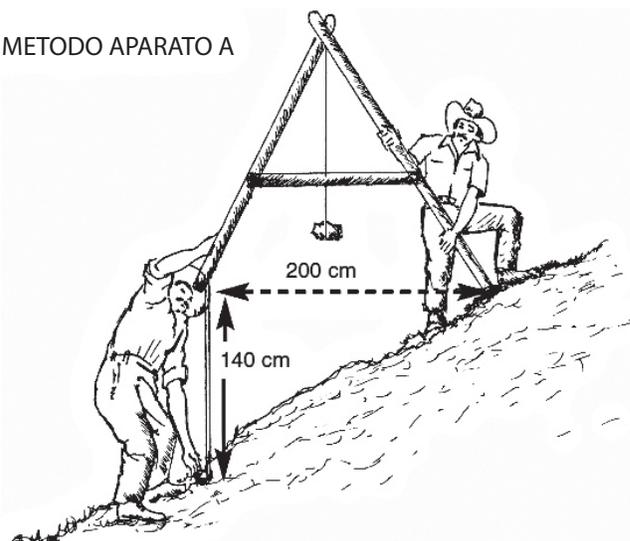
Dos palos de aproximadamente dos metros de largo para las patas.

Un palo de 1.50 m de largo para el travesaño.

Una pequeña piedra amarrada con una cuerda a la parte superior del Aparato A, que será la que nos dé el nivel del suelo.

1. Se elige un punto X en la parte alta de un extremo del terreno. Allí se clava una estaca para que sirva de referencia a la primera curva a nivel.
2. En este punto se sitúa una de las patas del nivel A. Se mueve la otra pata en sentido lateral, hasta tocar un punto en el suelo que coincida con la marca central trazada en el travesaño del aparato A. En ese punto se coloca otra estaca.
3. Desde la segunda estaca se sigue moviendo en forma lateral el nivel A, como si se tratara de un compás, hasta hacer coincidir un nuevo punto de nivel en el suelo. Allí se planta una nueva estaca.

METODO APARATO A



METODO DEL BRAZO

4. Este proceso se repite a lo largo de toda la curva y en todo el terreno de cultivo, hasta trazar todas las curvas donde se construirán las obras de CSA seleccionadas y que se describen a continuación.

Distancia entre obras de conservación de suelo según el porcentaje de la pendiente

Obras de conservación de suelo según la pendiente	Pendiente suave hasta 15%	Pendiente moderada 15 – 30 %	Pendiente fuerte 30 – 50%
Barreras vivas	15 – 30 metros	10 – 15 metros	4 – 10 metros
Barreras muertas	10 – 20 metros	6 – 10 metros	4 – 6 metros
Acequias	10 – 20 metros	8 – 10 metros	6 – 8 metros
Diques de 1 metro	4 - 12 metros	2 – 4 metros	1.3 – 2 metros

Barreras vivas

Las barreras vivas son hileras de plantas sembradas a poca distancia, en curvas de nivel, con el objetivo de conservar el suelo y protegerlo de la erosión.

Se pueden construir de: madero negro, leucaena, gandul, king grass, valeriana o vetiver, piña, caña de azúcar, zacate napier o taiwán, zacate limón, piñuela, entre otros.

La distancia entre curvas depende de la pendiente y del tipo de suelo (ver cuadro de página 2). Se combinan bien con otras técnicas como las acequias.

Las barreras vivas reducen la velocidad del agua porque divide la ladera en pendientes más cortas, y la velocidad del viento (rompeviento). Sirven también como filtro, captando sedimentos que van en el agua de escurrimiento. Para lograr este resultado se colocan rastrojos o el material de poda de los árboles al lado superior de la barrera.

El buen manejo de la barrera viva da como resultado la formación paulatina de terrazas.

Condiciones ecológicas en la zona

Las siguientes especies aptas para barreras vivas se adaptan a las siguientes alturas sobre el nivel del mar: Madero negro: hasta 900 msnm; Gandul y piñuela: hasta 1000 msnm; King grass: hasta 1400 msnm; Vetiver (valeriana): hasta 2600 msnm; Piña: hasta 700 msnm; Caña de azúcar: hasta 1200 msnm; Napier y Taiwán: hasta 1000 msnm; zacate limón: hasta 2000 msnm; Leucaena: hasta 600 msnm.

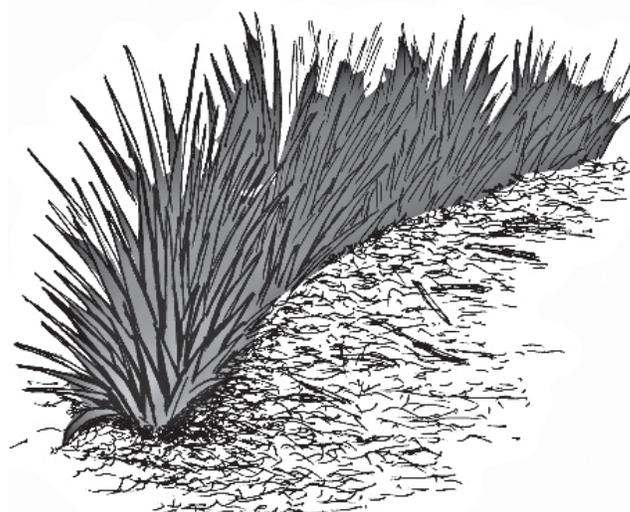
Porcentaje de pendiente

La distancia entre barreras vivas depende de la pendiente (ver cuadro en página 2). Para una mayor efectividad, se recomienda colocar los residuos de la primera poda del año en la base superior de cada hilera.

En pendientes fuertes se recomienda alternar las hileras de árboles con barreras vivas de zacate.

Establecimiento de la obra

- Trazar curvas a nivel empezando en la parte alta de la ladera.
- Marcar surcos para la siembra de las barreras vivas en la distancia adecuada para el terreno.
- Se recomienda control de malezas en el primer año, hasta que las barreras vivas estén bien establecidas.
- En caso de combinarla con acequias, la barrera viva se siembra 20 cm arriba del borde superior de la acequia.
- Evite el fuego y el ingreso de animales a la parcela.



Mantenimiento de la obra

- Debe realizar podas periódicas de la barrera viva para que no ocupe espacio del cultivo: una poda al final del verano y otra al inicio de la postrera.
- Coloque rastrojos en el lado superior de la barrera viva. Un buen manejo resulta en la formación de terrazas.

Contribución a los objetivos del productor

En la medida que coloca material de poda o rastrojos al lado superior de la barrera, se reduce la escorrentía y mejora la infiltración del agua.

Algunos materiales usados como barrera viva sirven de cortina rompevientos. Ninguna barrera contribuye en el control de malezas mientras que algunas especies se usan en forrajes del ganado.



Acequias o zanjas a nivel

Son canales que se construyen a nivel, en dirección transversal a la pendiente, para retener, conservar y ayudar a infiltrar el agua de lluvia que cae sobre las laderas. Por esta razón se recomiendan para zonas con baja precipitación lluviosa: trópico seco y subtrópico seco.

Cada zanja requiere la siembra de barreras vivas en el borde superior de su estructura, para que el agua de escorrentía, el suelo erosionado y otros sedimentos arrastrados por la lluvia no la destruyan. Cuando sea necesario, al final de cada acequia se pueden abrir pozos para infiltración de los excedentes de agua.

Para reducir costos y tiempo la acequia se construye con ayuda de tracción animal (bueyes o caballos). Se realizan al menos cuatro pasadas de arado para remover la tierra sobre una curva a nivel trazada previamente. Luego, con palas y azadones, se da forma a la acequia.

En una manzana donde se cultiva maíz y frijol con una pendiente de 12%, se necesitan aproximadamente 350 metros lineales de acequias.

La acequia contribuye a la conservación de suelo, siempre que se combine con barreras vivas, barreras muertas, camellones, y otras prácticas en la parcela.

La distancia entre acequias depende del porcentaje de pendiente en la parcela. Se pueden construir fácil y rápi-

damente con tracción animal: en pendientes hasta un 15% se pueden utilizar bueyes; en mayores pendientes se recomienda el uso de un buey o un caballo.

Las acequias se utilizan en todas las alturas y se recomiendan especialmente para zonas de trópico seco y subtrópico seco. En zonas húmedas existe el riesgo de acumulación de agua y sobresaturación del suelo. Lo recomendable es construir acequias a desnivel.

Textura del suelo

En suelos arcillosos de baja infiltración se deben hacer acequias profundas. En suelos arenosos se estabilizan los taludes sembrando barreras vivas en la parte superior de las acequias.

Capacidad de infiltración

En suelos arcillosos con baja infiltración el agua se acumula en las acequias. Para evitar que el agua se rebalse, se construyen acequias más profundas y se combinan con barreras vivas.

Drenaje de agua

Las acequias a nivel no se construyen en parcelas con mal drenaje, porque es probable que este problema se complique más.

Problemas en parcelas pedregosas

La construcción de acequias es difícil y costosa en suelos muy pedregosos. En suelos moderadamente pedregosos se pueden construir camellones de piedra en el borde superior de la zanja para reducir la entrada de sedimentos.

Porcentaje de pendiente

La construcción manual de acequias requiere de bastante mano de obra. La recomendación es usar tracción animal para abaratar costos y abrir fácil y rápidamente la zanja.

Las acequias se justifican en casi todas las parcelas con pendientes mayores al 15%, especialmente en zonas donde las lluvias son escasas.

Para garantizar una larga vida útil la acequia debe ir siempre acompañada de barreras vivas sembradas en la parte superior de la obra. Estas barreras evitan que los sedimentos arrastrados por la lluvia rellenen la acequia.

Construcción de la obra

Con el Aparato A se marcan las curvas a nivel. La distancia entre las acequias depende del grado de la pendiente.

Usando tracción animal se dan de cuatro a cinco pasadas con el arado sobre la curva trazada.

Con palas y azadones se saca la tierra removida y se coloca en la parte baja de la acequia.

Con los azadones se construyen los taludes. El talud superior debe estar inclinado en ángulo de unos 75 grados.

En la parte superior de la zanja se recomienda la siembra de barreras vivas, para que retengan el suelo y dejen pasar el agua.

Se recomienda construir tabiques de tres a seis metros de distancia, para mantener una distribución proporcional del agua en el campo.

Mantenimiento de la obra

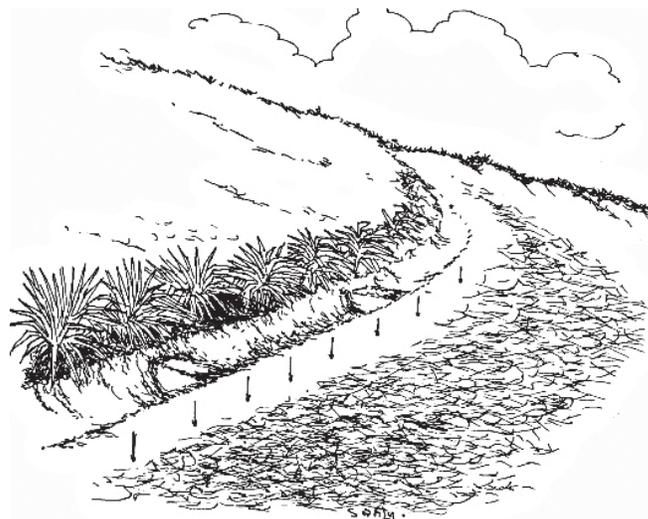
Las acequias se limpian de sedimentos y basura por lo menos un par de veces cada año.

El material arrastrado por la lluvia a la zanja se puede mezclar con materia orgánica o se riega en la parcela.

Costo de construcción

En una manzana de tierra para la siembra de maíz y/o frijol con una pendiente de 12%, se necesitan aproximadamente 350 metros lineales de acequias.

Las actividades de trazado de las curvas, zanjeo, construcción y limpieza tienen un costo estimado de 43 dólares por manzana. Si se usa tracción animal, el costo puede reducirse un 25% y la cantidad de zanjas construidas puede llegar a triplicarse.



Quién necesita acequias

La pérdida de suelo en cualquier parcela debe ser inaceptable para el agricultor. Con ayuda de tracción animal se necesita menos mano de obra para construir y mantener la acequia.

Esta obra debe construirse, sobre todo, en sistemas de producción donde los granos básicos forman el componente más importante de la producción.

Control de erosión

Las acequias retienen el agua que pasa por las barreras vivas y permiten que se infiltre lentamente en el suelo.

No se construyen para controlar la erosión del suelo provocada por escorrentía. Esa función la hace la barrera viva, que se siembra en la parte superior de la acequia.

El agua que se retiene en la acequia se infiltra en la parcela y ofrece humedad al cultivo.

Acequias o zanjas a desnivel



Son zanjas o canales contruidos con un desnivel del uno por ciento en dirección transversal a la pendiente, para recibir el agua de escorrentía y drenar el exceso fuera del área de cultivo sin provocar erosión o cárcavas.

Se recomiendan para zonas con alta precipitación lluviosa y suelos con baja capacidad de infiltración. Para evitar la formación de cárcavas estas zanjas necesitan desagües a los lados de la parcela.

En la parte superior de las acequias se siembran barreras vivas para retener el suelo y otros sedimentos que arrastra la lluvia, a fin de evitar que éstas se rellenen con tierra.

Las acequias a desnivel controlan la erosión y garantizan la evacuación del exceso de agua que, en otras circunstancias, afectarían al cultivo y a la parcela. En pocos años ayudan a conformar terrazas.

La primera finalidad de la acequia a desnivel es drenar el exceso de agua. En segundo lugar, contribuyen a la conservación del suelo cuando se combinan con barreras vivas, camellones y otras obras.

La distancia entre acequias depende del grado de pendiente en la parcela. Para reducir costos y construir más acequias se recomienda usar tracción animal. En pendientes hasta un 15% se puede usar bueyes; en pendientes mayores se recomienda el uso de un solo buey o un solo caballo. Con al menos cuatro pasadas de arado se remueve la tierra sobre cada curva a nivel y, luego, con ayuda de palas y azadones, se da forma a la acequia.

Dónde se recomiendan

Se recomienda su construcción en zonas húmedas, para drenar el exceso de las aguas de lluvia. Sin embargo, también se pueden implementar en zonas lluviosas que tienen alto riesgo de canículas.

Para aumentar el volumen de agua atrapada y reducir el riesgo de desagües, se sugieren acequias más profundas, formando un camellón en el lado inferior de la obra.

Textura del suelo

En suelos arcillosos de baja infiltración se deben hacer acequias profundas. En suelos arenosos se recomienda estabilizar el talud superior de la acequia con barreras vivas.

Profundidad del suelo

La construcción de acequias profundas se dificulta en suelos muy superficiales. Cuando se llenan rápidamente pueden formar cárcavas donde el agua se desborda. En esos suelos hay que reducir la distancia entre ellas.

Capacidad de infiltración

En suelos de baja infiltración existe el riesgo que el agua desborde la zanja. En estos casos se construyen acequias profundas con tabiques.

Presencia de piedras en la parcela

La construcción de acequias es difícil en suelos muy pedregosos. En suelos moderadamente pedregosos se pueden hacer camellones de piedras, pero lo más aconsejable es sembrar barreras vivas en el borde superior de la zanja para reducir la entrada de sedimentos.

Porcentaje de pendiente

La construcción manual de acequias a desnivel requiere de bastante mano de obra, por eso se recomienda usar tracción animal. Se justifican en casi todas las parcelas con pendientes mayores al 15%, especialmente en zonas donde las lluvias son muy frecuentes.

Construcción de la obra

Con el Aparato A se marcan las curvas dejando un desnivel del uno por ciento. La distancia entre las acequias depende del grado de la pendiente (ver cuadro de página 2).

Usando tracción animal se dan de cuatro a cinco pasadas con el arado sobre la curva trazada.

Con palas y azadones se saca la tierra removida y se coloca en la parte baja de la acequia formando un camellón.

Con azadones se construyen los taludes. El talud superior debe quedar inclinado en ángulo cercano a los 75 grados.

En la parte superior de la zanja se recomienda la siembra de barreras vivas, para que retengan el suelo, dejen pasar el agua y garanticen una larga vida útil a la acequia.

Mantenimiento de la obra

Las acequias se limpian de sedimentos y basura por lo menos un par de veces al año.

El material arrastrado con las lluvias que cae a la zanja se puede mezclar con materia orgánica o se riega en la parcela para mejorar la estructura del suelo.

Costo de construcción

En una manzana de tierra para la siembra de maíz y/o frijol con una pendiente de 12%, se necesitan aproximadamente 350 metros lineales de acequias.

Las actividades de trazado de las curvas, zanjeo, construcción y limpieza tienen un costo estimado de 43 dólares por manzana. Si se usa tracción animal, el costo puede reducirse un 25% y la cantidad de zanjas construidas puede llegar a triplicarse.

Dónde se necesitan acequias a desnivel

La pérdida de terreno en cualquier parcela debe ser inaceptable para el agricultor. Con tracción animal existe menos necesidad de mano de obra para construir y mantener la acequia.

Debe construirse en zonas muy húmedas, especialmente en sistemas de producción donde los granos básicos forman el componente más importante de la producción.

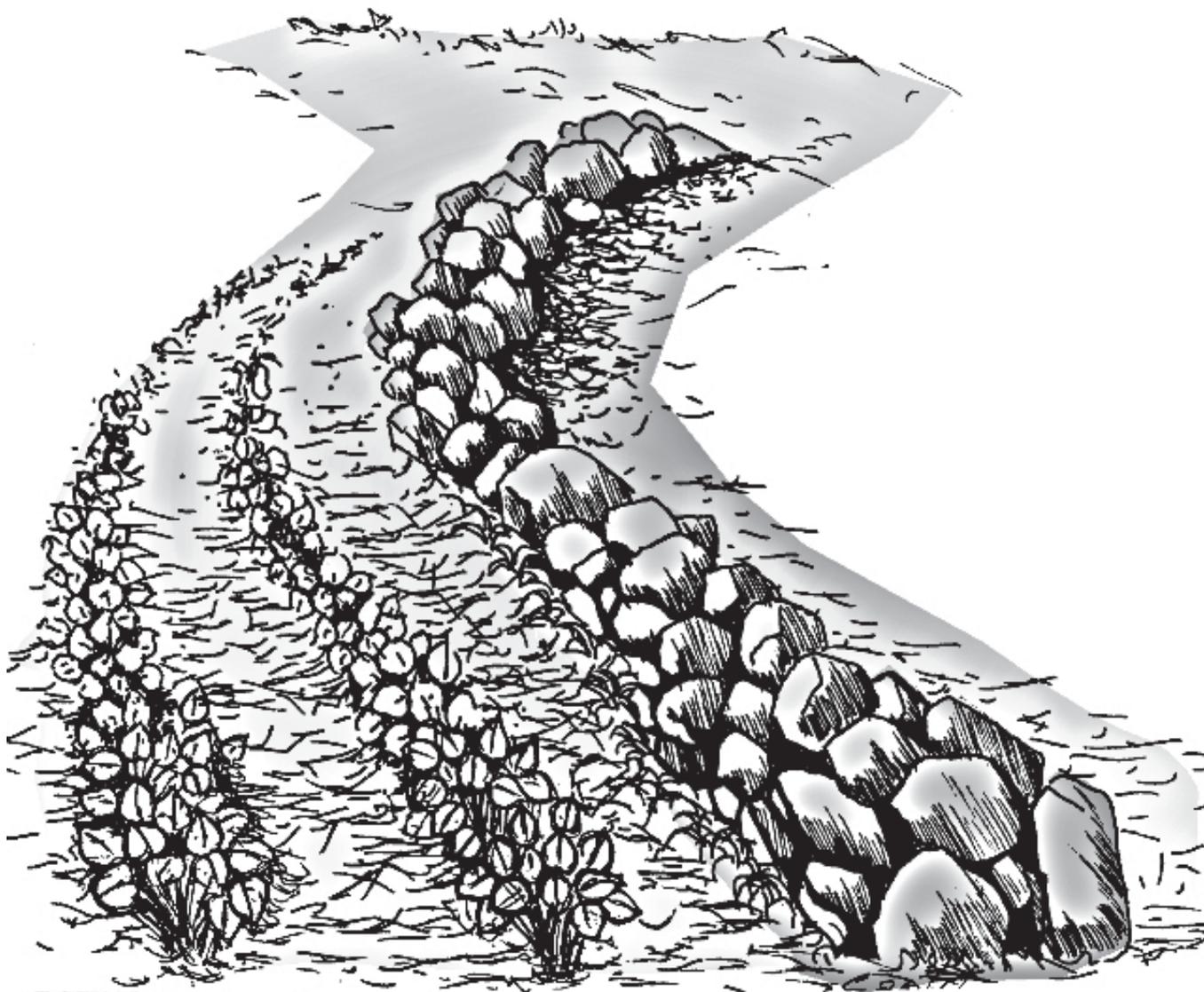
Control de la erosión

La acequia a desnivel no se construye para controlar la erosión del suelo provocada por escorrentía. Esa función la hace la barrera viva que se siembra en la parte superior de la acequia.

Esta obra se construye para retener y evacuar el exceso de agua a los costados de la parcela y al mismo tiempo favorecer la infiltración de otra parte del agua de lluvia.



Barreras muertas de piedra



Son muros relativamente bajos, que se construyen con las mismas piedras que están regadas en la parcela, siguiendo las curvas a nivel, para evitar el problema de la erosión en los suelos de ladera.

Se combinan muy bien con barreras vivas de zacate Taiwán, vetiver, etc. Las barreras vivas se deben sembrar en el borde superior de los muros de piedra.

Tienen la función de reducir la velocidad de la escorrentía y detener el suelo que se erosiona en las partes superiores de la ladera. En pocos años, las barreras muertas ayudan a la formación de terrazas en la medida que retienen el suelo.

Cuando van acompañadas de barreras vivas mejoran la infiltración de agua y la fertilidad del suelo.

Se utilizan especialmente en laderas con fuerte pendiente, en cuyas parcelas hay bastante piedra que estorba el proceso de cultivos.

La distancia entre barreras muertas depende del porcentaje de pendiente y del tipo de suelo.

Se pueden utilizar en parcelas ubicadas a cualquier altura sobre el nivel del mar.

Son altamente recomendadas para zonas secas y semi-húmedas, pero en las muy húmedas se corre el riesgo de encharcamiento, sobre todo en suelos de baja infiltración.

Textura y profundidad del suelo

Se puede construir en todo tipo de suelo, siempre que en la parcela exista mucha piedra para hacer el muro. Se recomienda para suelos superficiales y suelos profundos.

Capacidad de infiltración

Se deben utilizar en suelos con buena y moderada infiltración, pero en suelos con mala infiltración es mejor utilizar barreras vivas y acequias.

Porcentaje de pendiente

Se puede construir en todo tipo de laderas, pero se recomienda para pendientes fuertes.

Fertilidad del suelo

Construya barreras muertas en suelos fértiles o suelos degradados. En estos últimos combine la barrera con técnicas que aumentan la fertilidad del suelo a corto plazo, como la siembra de leguminosas.

Insumos para su construcción

Con el Aparato A se traza la curva a nivel colocando estacas en cada punto marcado.

Luego, con piocha, o preferiblemente con arado, se excava una zanja de unas cinco pulgadas de profundidad y 10 a 15 pulgadas de ancho para formar la base donde se comenzarán a colocar las piedras.

En la parte baja se colocan las piedras grandes y planas para formar la base del muro. Con las piedras más pequeñas se rellenan espacios hasta formar un ligeramente piramidal.

La distancia entre las barreras depende del porcentaje de la pendiente. En laderas mayores al 20% la distancia mínima debería ser de ocho metros.

La barrera muerta se puede combinar con barrera viva plantada en el lado superior de la barrera muerta, para que las plantas y sus raíces protejan la obra.

Actividades de mantenimiento

Cada vez que el suelo que se acumula a la altura de la barrera muerta se hace necesario aumentar su tamaño colocando más piedras. De esta manera la ladera se transforma paulatinamente en un terreno con terrazas.

El mantenimiento de la barrera puede ser más lucrativo para el agricultor si siembra cultivos de enredaderas al lado inferior o superior de la barrera, como pitaya, chayote, pepino, camote, maracuyá.

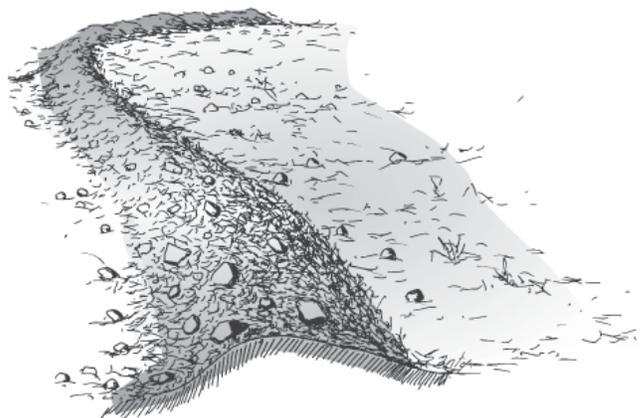
Mano de obra

En una ladera de 25 a 30% donde se planea cultivar maíz y/o frijol, se necesitan aproximadamente mil metros lineales de barreras muertas.

Todo el trabajo de trazado de curvas, zanjeo, acarreo de piedras, construcción y mantenimiento de la barrera tiene un costo estimado de 150 dólares. La construcción con piedras requiere mucha mano de obra. Por eso se recomienda construirla en verano, apelando al apoyo comunitario.



Cuando no hay piedras en la parcela, se pueden construir barreras muertas usando rastrojos, ramas y otros desperdicios reutilizables.



Los camellones son otra forma apropiada de barreras de retención de agua de lluvia. Funcionan mejor si se acompañan de barreras vivas en la parte superior de la obra..

Es muy aconsejable para productores que tienen un suelo de buena calidad pero poco terreno. La "pérdida" de superficie cultivable por la construcción de la barrera muerta es mínima.

Control de erosión

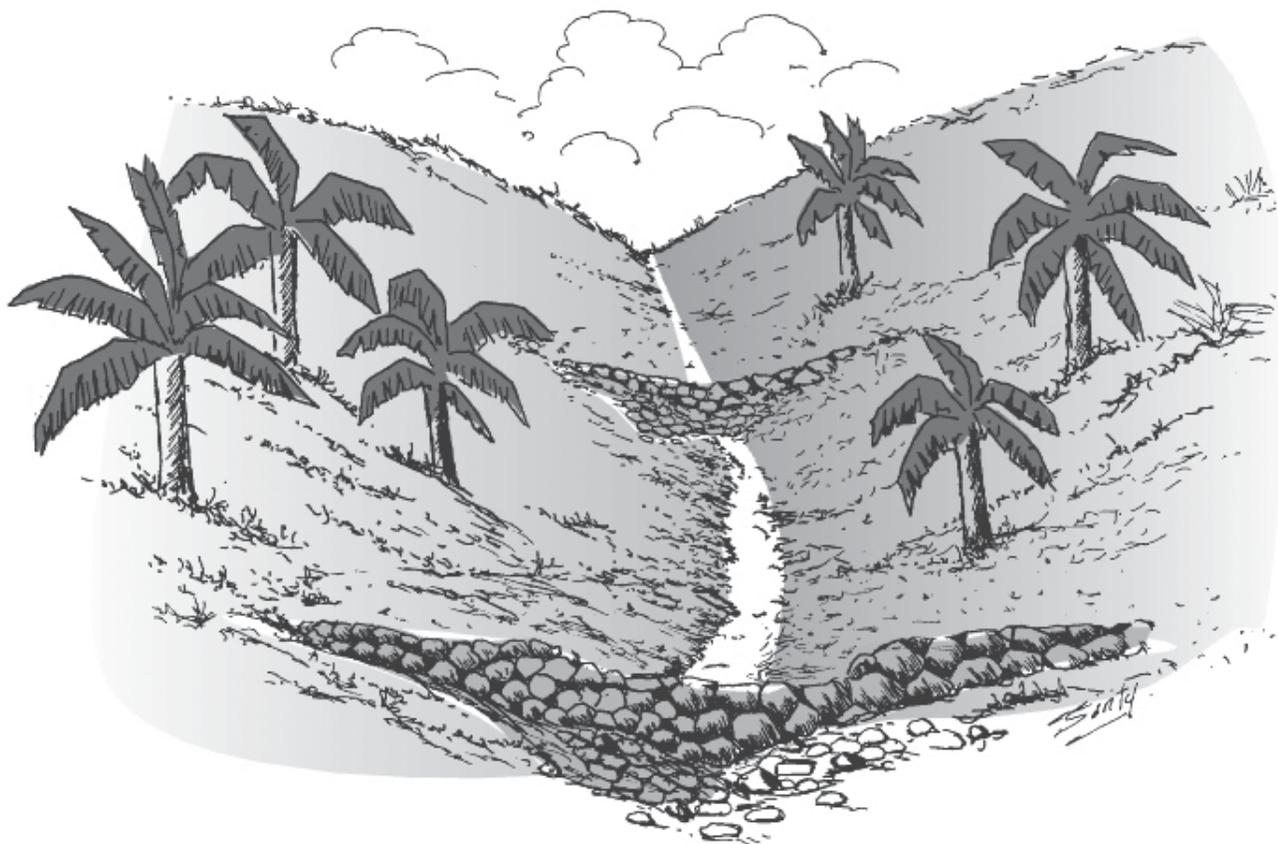
Es una excelente obra para el control de la erosión. Pero, cuidado, cuando las barreras se dejan desniveladas, con huecos o espacios vacíos, pueden facilitar la erosión.

Conservación de humedad del suelo

Si se combinan con barreras vivas, la retención de agua aumenta, razón por la cual contribuyen a mejorar la humedad del suelo.

No tiene efectos inmediatos sobre la fertilidad del suelo, pero con pocos años de mantenimiento se van formando terrazas con el suelo que retiene y que, generalmente, es muy fértil.

Diques de piedra y postes



Son muros de piedra contruidos en forma de media luna, siguiendo las curvas a nivel, para retener el agua de lluvia que forma las cárcavas.

Su finalidad es reducir la velocidad de la escorrentía, detener la tierra y otros sedimentos que son arrastrados por la lluvia. Con el transcurso de los años, en esos diques se forman terrazas fértiles donde se pueden plantar frutales, caña, para amarrar y proteger el suelo.

La construcción de diques es solo una parte del plan integral de manejo de la parcela o de la cuenca, pero es esencial para recuperar esa parte del terreno.

Las dimensiones y distancia entre los diques dependen de la profundidad de la cárcava y de la pendiente del terreno.

Con el control de cárcavas se busca establecer el equilibrio en el cauce de las aguas. De esta manera se mejora la retención e infiltración del agua y suelo.

El control de la erosión y de la escorrentía en la superficie de las laderas, a los lados de la cárcava, es parte esencial para recuperar la parcela.

Los diques de piedra y postes que retoñan se puede construir en cualquier terreno que tengan problemas de formación de cárcavas.

El factor precipitación de lluvias

Las cárcavas se forman donde se juntan dos o más laderas. En laderas donde cae mucha lluvia se necesitan diques más anchos y a menor distancia, para que soporten la cantidad de agua.

Textura del suelo

Los diques de piedras son más difíciles de construir en suelos arenosos y francos. En estos casos se recomienda combinar piedra con postes que tengan la capacidad de retoñar para fortalecer el muro.

Profundidad del suelo

Se utiliza en suelos superficiales y profundos. En suelos de baja infiltración es importante complementar los diques con barreras vivas y acequias para mejorar la infiltración de las aguas de lluvia.

En suelos mal drenados la cárcava puede tener una función de drenaje, por esa razón hay que analizar bien el objetivo que se persigue antes de diseñar los diques.

Presencia de piedras en la parcela

Si hay mucha piedra úsela para construir los diques, pero si no hay entonces construya con postes prendedizos.

Porcentaje de la pendiente

Se utiliza en todas las pendientes y se recomienda combinarlos con otras prácticas de control de conservación.

Construcción del dique

Comience a construir diques en las partes altas de la cárcava. Cuando la cárcava no es profunda, el dique puede levantarse a la altura del terreno; cuando es profunda, el muro debe elevarse paulatinamente.

El dique tiene forma de media luna con su base tres veces más ancha que el borde superior y una inclinación del talud de un 10%. La base del muro debe estar bien enterrada en el fondo de la cárcava y en los taludes, a unos 30 centímetros de profundidad por cada metro de altura del muro. Las piedras más grandes se colocan en el medio de la cárcava.

El muro tiene una superficie concava porque su parte más baja sirve de vertedero para evacuar controladamente las aguas acumuladas.

En la parte frontal del muro se construye un piso protector, que es una superficie horizontal de piedras colocada para amortiguar la caída del agua y evitar que la corriente socave el pie del dique.

Las dimensiones y la distancia entre los diques dependen de la profundidad de la cárcava y del porcentaje de pendiente de las laderas (ver cuadro de página 2).

Mantenimiento de la obra

Desde el primero año el dique comienza a rellenarse con la tierra que erosionan las corrientes de agua de lluvia. Se debe estar atento para subir el muro cuando sea necesario, colocando más piedras o postes.

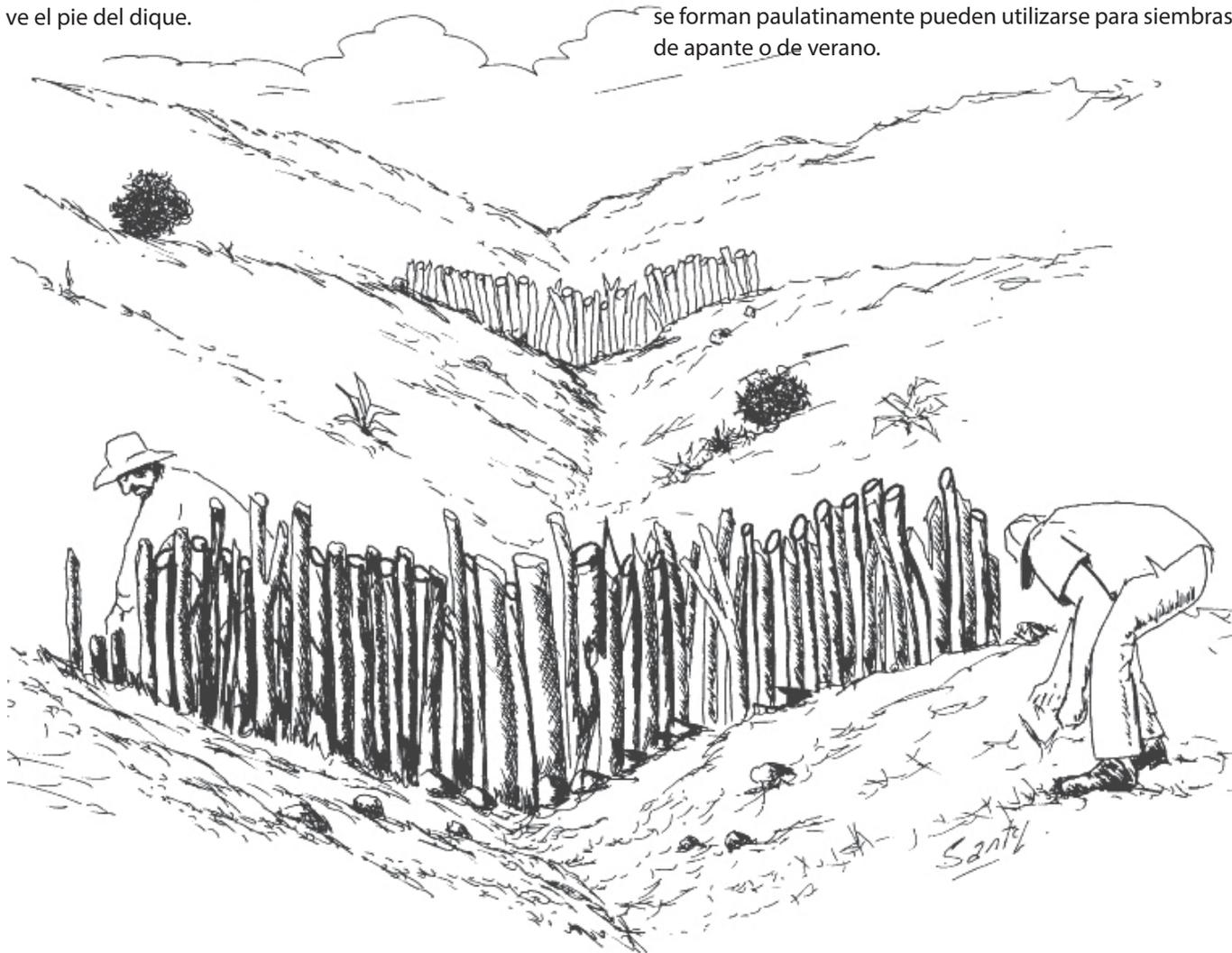
Una vez estabilizado el equilibrio en el fondo del zanjón, se rehabilita la cárcava sembrando vegetación protectora. Se recomiendan especies de bajo y mediano tamaño, de raíces densas y profundas.

Mano de obra

Los diques se construyen en verano. Dependiendo de la pendiente y del tamaño de la cárcava, se necesita bastante mano de obra para su construcción.

Control de erosión

La función principal de los diques es el control de las cárcavas en la parcela, pues reducen la velocidad de la escorrentía, retienen suelo y mejoran la infiltración. Las terrazas que se forman paulatinamente pueden utilizarse para siembras de apante o de verano.



Formación de miniterrazas



Se forman en parcelas de ladera por la acción continua de una labranza mínima en los mismos surcos, siguiendo las curvas a nivel y dejando la tierra de los lados sin tocar.

La labranza en surcos en parcelas de ladera consiste en roturar el suelo en las mismas fajas estrechas, año por año.

Su función principal es reducir la erosión y aumentar la infiltración del agua de lluvia a las capas profundas del suelo. Se combina con la siembra al contorno.

Para reducir o evitar la erosión se recomienda combinarla con otras obras de conservación de suelos: zanjas de infiltración con barreras vivas, especialmente en laderas con fuerte pendiente.

El control de malezas es uno de los mayores esfuerzos que debe realizar el productor en esta obra. Se recomienda la siembra de cultivos de cobertura en asocio o en rotación con los cultivos de maíz o frijol.

Las miniterrazas ayudan a mantener el nivel de materia orgánica y protegen la macrofauna en el suelo.

Precipitación

Son apropiadas para todas las zonas, especialmente en las zonas secas, donde mejoran la infiltración del agua.

Combinadas con una cobertura de mulch, mejora aún más la retención del agua.

Textura del suelo

Las miniterrazas son menos estables en suelos arenosos, donde necesitan el apoyo de otras obras de conservación, como las barreras vivas, barreras muertas y acequias de infiltración.

Los mejores resultados se obtienen en suelos de moderadamente profundos a profundos.

En suelos mal drenados puede aumentar el riesgo de encharcamiento.

Si la parcela es pedregosa, se recogen las piedras y se construyen mini barreras muertas, para controlar la erosión y facilitar la siembra en los surcos.

Porcentaje de pendiente

La labranza en surcos resulta más apropiada para pendientes de moderadas a fuertes (mayores al 15%). Después de unas tres temporadas las mini-terrazas en formación mejoran la infiltración y el control de la erosión.

Fertilidad del suelo

Para aprovechar la formación de mini-terrazas, se recomienda combinar la labranza en surcos con prácticas que mejoran la fertilidad en los surcos, como la siembra de leguminosas o la aplicación de abono orgánico.

Actividades para establecer la obra

Con el aparato A se marcan las curvas a nivel y se colocan estacas en los puntos correspondientes. En esas curvas se rotura el suelo en surcos, usando azadón, piocha o arado con un buey o un caballo. El rayón de labranza se hace solo en franjas de 30 a 50 centímetros de ancho.

Cuando se usa tracción animal, se dan de tres a cuatro pasos de arado por cada una de las curvas trazadas.

Para la formación de mini terrazas se utiliza una distancia inicial de 110 a 150 centímetros entre surcos. Si el trabajo de arar por el mismo surco se repite cada año, en el terreno se irán formando miniterrazas.

La siembra del cultivo, la aplicación de abonos y de mulch se debe concentrar en los surcos de labranza.

Mantenimiento de la obra

En cada ciclo agrícola se debe roturar por los mismos surcos. Cuando las miniterrazas se han formado requieren un mantenimiento continuo, a fin de conservar los taludes y mantener una pequeña pendiente inversa.

Mano de obra

La primera labranza en surcos necesita de 50 a 100 días/hombre por manzana, el segundo año 20 a 40 y el tercero 15 a 30 días hombre por manzana.

En pendientes moderadas (15 a 20%) el trabajo en el primer año se puede reducir a dos y tres pasadas del arado por cada surco.

Como el establecimiento de esta práctica necesita bastante mano de obra, se debe combinar con prácticas de mejoramiento de la fertilidad del suelo para hacer un uso intensivo de la tierra.

Se utiliza en cultivos como maíz, frijol, hortalizas y tubérculos. El libre pastoreo de los animales destruye las miniterrazas.

Control de erosión

El control de la erosión se mejora en la medida que se forman las miniterrazas. En suelos de baja infiltración y de

fuertes lluvias es muy probable que se forman canalillos, por eso se aconseja combina la obra con barreras vivas o muertas y acequias de infiltración.

Conservación de humedad del suelo

Las miniterrazas mejoran la infiltración y concentran el agua en las zonas de enraizamiento de los cultivos.

Combinadas con la no quema de rastrojos, el mulch mejora la retención del agua en el suelo. Además facilitan el riego cuando se cultiva semilla de frijol, maíz u hortalizas.

Las miniterrazas reducen también el efecto de la erosión por el viento; pero, por si solas, no mejoran la fertilidad del suelo a menos que se combinen con la aplicación de abono orgánico y/o rastrojos en las franjas roturadas.

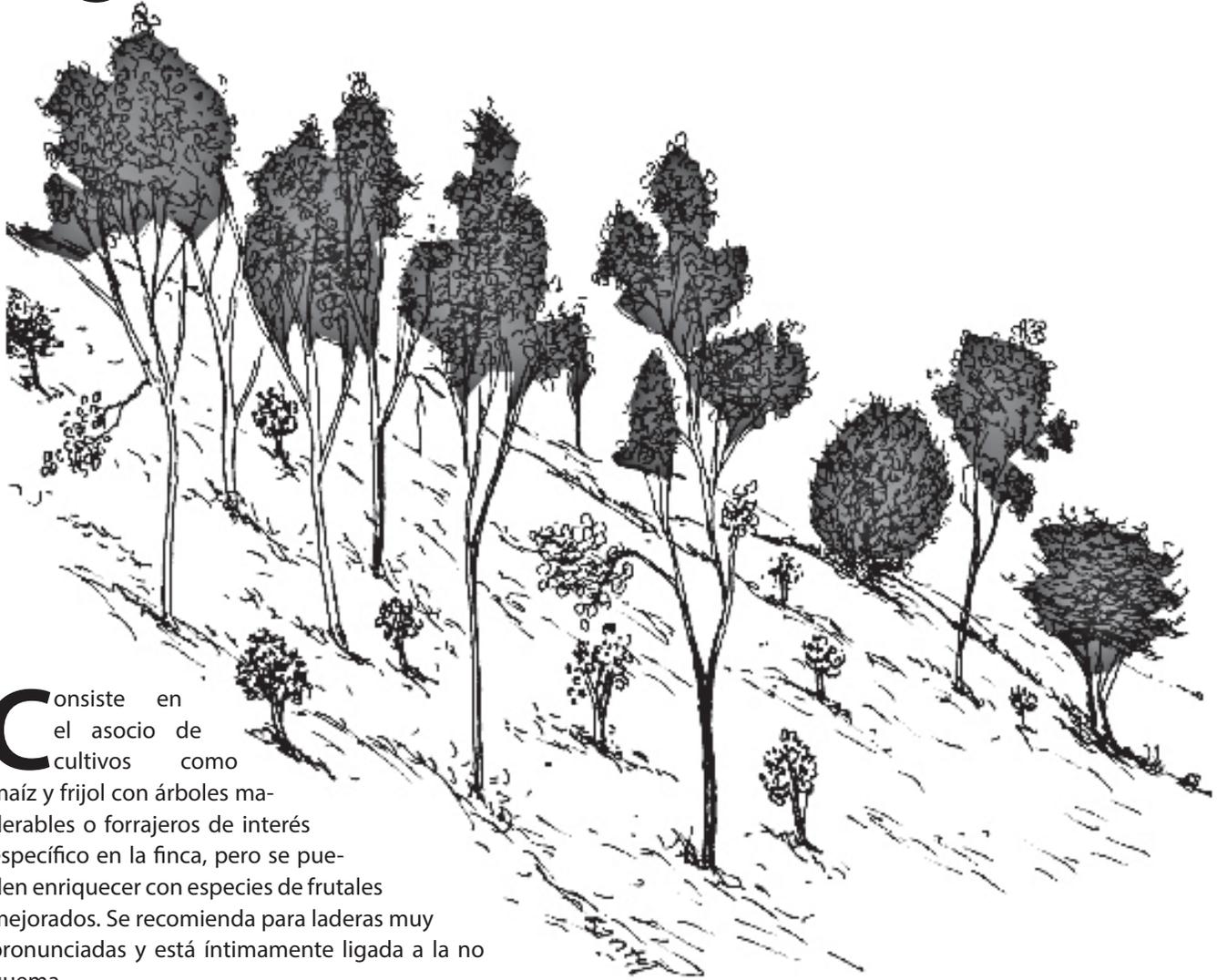
Control de malezas

Es la parte más exigente de la labranza en surcos. En campos donde crecen agresivamente las malezas se recomienda sembrar cultivos de cobertura por varios años, en rotación o asocio con maíz y/o frijol.



La siembra en contorno es un tipo de labranza en laderas que sigue los trazos de las curvas a nivel. Cuando se remueve el suelo por el mismo surco se puede llegar a conseguir la formación de miniterrazas.

Agroforestería con regeneración natural



Consiste en el asocio de cultivos como maíz y frijol con árboles maderables o forrajeros de interés específico en la finca, pero se pueden enriquecer con especies de frutales mejorados. Se recomienda para laderas muy pronunciadas y está íntimamente ligada a la no quema.

Las raíces de los árboles y las hojas que desprenden son las que protegen al suelo de la erosión. Las hojas también ayudan a controlar malezas y a mejorar la estructura de los suelos, porque son fuente de materia orgánica.

Debido a la sombra y la hojarasca, los árboles ayudan a conservar la humedad en el suelo y, de paso, protegen del viento a los cultivos como el maíz y el frijol. Para mantener estos cultivos se deben realizar podas constantes.

La agroforestería se puede establecer en todas las alturas sobre el nivel del mar, teniendo en cuenta que las especies varían de acuerdo con la altura del terreno.

Si el propósito es enriquecer la regeneración natural con la siembra de ciertos árboles se deben buscar especies o variedades que se adapten a estas condiciones climáticas.

La regeneración funciona en todas las zonas. Sin embargo, el proceso es más lento en zonas secas. En estas se deben controlar especies espinosas, porque dificultan los trabajos posteriores en el terreno.

Textura y profundidad del suelo

La regeneración natural funciona en suelos profundos y superficiales, pero en éstos últimos, las raíces de los árboles compiten por nutrientes con las raíces de los cultivos.

Se recomienda establecer barreras vivas de árboles o de zacates en suelos superficiales y hacer podas de las raíces para reducir la competencia con el cultivo.

Infiltración y drenaje

Las hojas caídas mejoran la infiltración del agua. Sin em-

bargo, cuando los suelos no están bien drenados, muchas especies de árboles no se desarrollan bien y la regeneración natural se reduce. Árboles maderables como Brasil, Caoba, Nogal, Teca, Madroño, Laurel, no se establecen bien en suelos mal drenados.

Presencia de piedras en la parcela

Ciertas especies se desarrollan en suelos pedregosos como el Escobillo, Madero Negro, Brasil, Caoba, Jicaro, Vainillo.

Porcentaje de pendiente

La reforestación se puede usar dentro de los sistemas agroforestales o silvopastoriles en todas las pendientes. Se recomienda en pendientes fuertes, dónde la vocación principal de la tierra es forestal y los árboles con sus raíces profundas son esenciales para proteger los suelos y las fuentes de agua.

Fertilidad del suelo

La capacidad para competir con otras especies depende de la fertilidad del suelo. En suelos degradados nacen pocas especies, de las cuales una o dos tienden a dominar el proceso de regeneración. Se recomiendan podas cuidadosas para fortalecer el desarrollo de las especies deseadas y para controlar especies menos apreciadas.

Adicionalmente se pueden sembrar especies de árboles adaptados a suelos degradados y que ayuden a mejorar la fertilidad del suelo, por ejemplo Prosopis o Acacia.

Acidez del suelo

En suelos ácidos se establece un número muy reducido de especies. Cuando la acidez del suelo es natural, se establecen asociados con pinos. Si la acidez es inducida por el manejo del suelo, se recomienda manejar la regeneración natural para que se establezca diversidad de árboles que normalmente existen en ese ambiente. Podas selectivas y la incorporación de materia orgánica fortalecen este tipo de regeneración natural.

Condiciones de la finca y compatibilidad

En zonas de libre pastoreo se necesita una cerca para la protección de los árboles.

La quema y el pastoreo de animales deben evitarse en los terrenos de uso permanente para ayudar a la germinación y el crecimiento de los árboles. Se siembra con labranza mínima o se deja el terreno en descanso para permitir el desarrollo de los arbolitos.

La densidad de árboles, las podas de las ramas, raíces y el raleo dependen de los objetivos que se plantea el productor: producción de alimento, forraje, leña, madera, protección de fuentes de agua.

Mantenimiento de la obra

Depende de los objetivos del productor. Algunos hacen una chapia selectiva en el primer año; en los siguientes dos años siembran cultivos y el cuarto año dejan el terreno exclusivamente para el desarrollo de los árboles.

Con especies maderables se pueden extraer los árboles de valor a los siete años y se hace otra chapia selectiva. Cada año se deben hacer podas y raleos selectivos para la selección de árboles bien formados.

Las quemas no están permitidas y el pastoreo libre se evita completamente durante los primeros tres años, para garantizar la regeneración natural.

La chapia selectiva y las podas se hacen en verano y al comienzo de la época lluviosa.

Los productores con poca tierra no pueden hacer regeneración natural. A ellos les conviene más el uso intensivo de la tierra con árboles frutales mejorados.

La regeneración natural se recomienda para café, cacao, frutales y pastos. Cuando se utiliza con granos básicos se necesita de un plan de podas más intensivo.

Control de erosión

Las raíces de los árboles y las hojas caídas protegen las fuentes de agua, reducen la erosión del suelo y mejoran la infiltración del agua de lluvia. En terrenos agroforestales acompañados con la siembra de granos básicos, se debe usar labranza mínima para controlar la erosión. No se deben quemar los rastrojos.

Las raíces profundas de los árboles extraen nutrientes de capas profundas del suelo, lo incorporan en su biomasa y enriquecen las capas superficiales del suelo. Este efecto se observa solamente en terrenos con suelos profundos y con subsuelos ricos en nutrientes.

La contribución de los árboles en el control de malezas dependerá de la densidad de siembra y de las podas. Algunas especies como el Genízaro, Caoba, Escobillo producen altas cantidades de mulch que protegen el suelo y controlan malezas.

Ciertas especies como Vainillo (hojas para forraje verde), Genízaro (vaina y hojas), Zarcillo (hojas y vaina) se utilizan para producir forrajes.

Existen especies silvestres con alto valor alimenticio. Sin embargo, la siembra de especies mejoradas de frutales es una práctica más común, porque además garantiza ingresos frescos y permanentes a las familias productoras.

Como parte de un manejo integral de la finca, la regeneración natural de árboles produce leña, postes y madera.

Cultivos intercalados con leguminosas



Siembra de cultivo de maíz intercalado con frijol Mungo (Frijol mungo, frijol chino).

Las leguminosas mejoran la fertilidad del suelo, lo protegen de la erosión y ayudan a controlar malezas. Algunas especies son, además, fuente de alimento para las familias productoras.

En pendientes fuertes, esta práctica debe combinarse con otras medidas de conservación de suelos y agua, como barreras vivas o acequias de infiltración.

La siembra intercalada de maíz junto a especies de leguminosas como: Tercoipelo (*Mucuna*), Canavalia, Caballero, Cauquí, Frijol Mungo, Gandul, Ayote, Pipián y otras, contribuyen al control de las malezas, protegen el suelo y aportan nitrógeno al cultivo siguiente, en una cantidad equivalente a unos dos quintales por manzana.

Capacidad de infiltración

La cobertura viva de la leguminosa mejora la infiltración de las aguas de lluvia. En los suelos compactados de baja infiltración es recomendable introducir prácticas adicionales como barreras vivas y acequias, para mejorar la infiltración y controlar el escurrimiento del agua de lluvia.

Una vez establecidos los cultivos intercalados de maíz y/o frijol con leguminosas en laderas suaves hasta moderadas, el suelo estará más protegido de la erosión. En pendientes fuertes es necesario combinar esta práctica con barreras vivas, acequias y otras, para controlar la erosión.

Actividades para establecer la obra

Algunas especies se pueden sembrar al mismo tiempo con maíz, pero lo más recomendable es sembrarlas después de tres a cinco semanas.

Mantenimiento de la obra

Dependiendo de la época de siembra y del vigor del maíz, se necesitan realizar podas frecuentes de las leguminosas.

La necesidad de mano de obra para la siembra se incrementa, pero se reduce durante la segunda poda de la leguminosa. En ciertos casos se necesita podar las guías de la leguminosa entre la sexta y la doceava semana después de la siembra.

El intercalado de leguminosas con cultivos de granos básicos es una técnica sencilla, pero requiere de asistencia técnica para que la familia productora aprenda a manejar el sistema y pueda aprovechar sus beneficios.

Como se trata de una técnica para enriquecer el suelo, es muy aconsejada para fincas pequeñas, en donde se usa intensivamente la tierra. En fincas grandes crecen las exigencias de mano de obra para su manejo apropiado.

Los beneficios del cultivo intercalado son inmediatos. En algunas especies la biomasa se puede utilizar para forraje y en todas ellas el enriquecimiento del suelo con nitrógeno en primera lo aprovecha el cultivo en la postrera.

Se recomienda muy especialmente para los sistemas de producción intensiva de granos básicos: maíz y frijol.

Control de erosión

Reduce el impacto de las lluvias sobre el suelo, mejora la infiltración y mantiene mejor la humedad. Este efecto se siente cuatro semanas después de la siembra de la leguminosa.

En pendientes fuertes, sobre todo en zonas muy lluviosas y suelos de baja infiltración, hay que combinarlo con otras prácticas de conservación de suelos y agua que se presenten en esta guía.

Se recomienda dejar el rastrojo de la leguminosa en el campo, para proteger el suelo de la erosión por el viento. En el suelo la biomasa se descompone rápidamente y libera nitrógeno. La siembra del siguiente cultivo se debe hacer de inmediato después de la chapia, para aprovechar ese mineral.

La contribución al aumento de la materia orgánica en el suelo es lenta, pero segura, y se nota después de varios años de intercalar leguminosas con los cultivos de granos básicos.

Los cultivos intercalados con leguminosas contribuyen al control de malezas, formando una cobertura densa del suelo. Por esa razón, hay que poner atención con algunas especies como el terciopelo, que pueden transformarse en una maleza si no se hacen las podas necesarias.

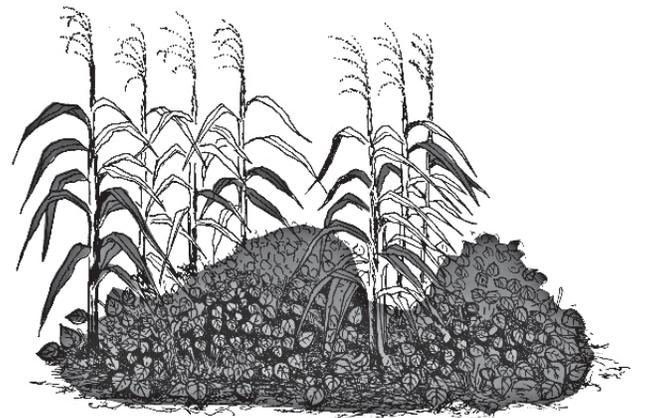
Relación con plagas

Existe el riesgo del ataque de enfermedades en zonas húmedas. En zonas semisecas el terciopelo puede ser atacado por la Maya (*Diabrotica*) al comienzo de su desarrollo.

Varios ensayos realizados con esta técnica en Honduras, mostraron un decrecimiento de la babosa (*Sarasinula plebeja*), la cual sólo alcanza un 20% de su peso normal mientras que más del 80% se muere en corto tiempo cuando se alimenta de hojas de terciopelo.



Siembra de maíz intercalada con Gandúl (frijol chicharro, frijol de palo, arveja, lenteja).



Siembra intercalada de maíz con Caupi (Frijol alacín, frijol de vara, frijol de vaca, frijol lombriz, frijol mica, cowpea).



Siembra intercalada de maíz con Canavalia (frijol machete, frijol mantequilla, frijol espada).

Rotación con abono verde



Frijol Caupí (Frijol alacín, frijol de vara, frijol de vaca, frijol lombriz, frijol mica, cowpea).

Se denomina abono verde al cultivo de ciertas especies de leguminosas (Caupí, Canavalia, Caballero, Terciopelo), que pueden sembrarse en primera o postera, haciendo rotación con el cultivo de maíz. Estas especies se cultivan de 0-1600 msnm, pero su mejor adaptación se logra en alturas intermedias.

En un mes estas leguminosas establecen una cobertura amplia que protege el suelo, controla la erosión, mantiene la humedad y mejora la infiltración de agua. En pendientes fuertes debe combinarse con otras medidas de conservación de suelos y agua, como barreras vivas o acequias de infiltración.

Después de podado (chapear) el frijol abono se descompone rápidamente, y le proporciona al siguiente cultivo (maíz o frijol), el equivalente a 2 quintales de nitrógeno (urea) por manzana. En esta parcela tiene que evitar, a toda costa, la quema y el pastoreo de ganado.

Especies como el Terciopelo son excelentes controladores de malezas, como el coyolito. Cuando se siembra en primera, se chapia el frijol abono y se deja como cobertura del suelo. Luego se siembra maíz o frijol con labranza mínima o labranza cero.

Terziopelo tolera sequías moderadas, mientras que las restantes se adaptan muy bien a zonas secas y semi húmedas. En zonas húmedas Caupí corre el riesgo de ataque de enfermedades.

Textura del suelo

Terziopelo y Caballero crecen bien en suelos franco arenosos hasta franco-arcillosos. Caupí se adapta a un amplio rango de suelos con buen drenaje.

Profundidad del suelo

Las tres especies crecen mejor en suelos semi profundos y profundos. Terziopelo no es bueno en suelos superficiales.

Capacidad de infiltración

La cobertura viva mejora la infiltración en suelos que tienden a sellarse. En suelos compactados de baja infiltración es recomendable combinar la rotación de la leguminosa con otras prácticas que mejoran la infiltración y controlan el escurrimiento del agua, como las barreras vivas o muertas, acequias y otras más explicadas en esta guía.

Pendiente recomendada

La rotación de maíz con leguminosas se puede realizar en pendientes suaves a moderadas. En pendientes fuertes hay que combinarla con barreras vivas o acequias de infiltración para reducir la escorrentía y evitar la erosión del suelo.

Fertilidad del suelo

Se desarrolla bien en suelos de baja fertilidad. En suelos degradados las leguminosas tienen crecimiento moderado, poca cobertura y bajos rendimientos.

Acidez del suelo

Terciopelo no se adapta bien a suelos ácidos con pH por debajo de 4.8. Caballero y Caupí toleran suelos ácidos y neutros con pH 4.3 a 7.5.

Insumos necesarios

Cuando se siembra al voleo se necesita aproximadamente 1 qq de semilla por manzana, y con labranza mínima o labranza cero 60 lbs/mz.

Establecimiento de la obra

Existen diferentes formas de sembrar estas leguminosas: siembra tapada, siembra al voleo sobre la vegetación chapada y siembra en labranza mínima o labranza cero.

Se colocan tres semillas por golpe y tres golpes por metro lineal. La siembra al voleo necesita más semilla, pues aumenta el riesgo de baja germinación por escasa o demasiada humedad.

Terciopelo y Caballero se chapian a los 3 ó 3.5 meses de edad. Caupí cuando comienza la floración. Una nueva chapia se hace de 5 a 15 días antes de la siembra del maíz, para que este cultivo aproveche el nitrógeno fijado por la leguminosa.

Mantenimiento de la obra

Se recomienda la siembra anual de estas leguminosas para mantener la fertilidad del suelo.

Para cultivar maíz en una ladera con pendiente de 15% en rotación con cualquiera de esas leguminosas, se debe realizar la limpia, la siembra y la chapia de la leguminosa antes de sembrar el cultivo. Su costo aproximado por manzana de tierra es de 46 dólares.

Conocimientos para implementar la obra

Es una técnica sencilla, pero se requiere cierta experiencia para aprovechar los beneficios del nitrógeno incorporado y producir semillas de leguminosas.

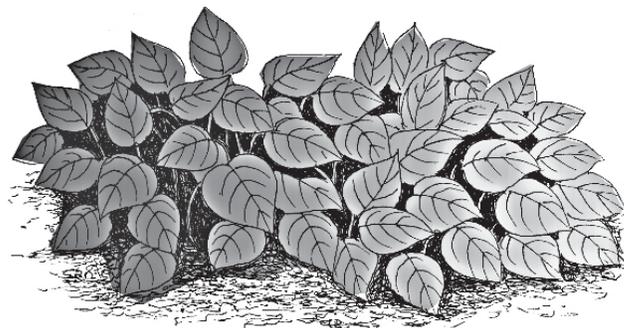
En parcelas con poco terreno para la siembra de granos básicos no se aconseja rotar cultivos con estas leguminosas. Lo recomendable es intercalar cultivos con leguminosas.

Este sistema de rotación es altamente apropiado para zonas con uso intensivo de la tierra o aquellas donde se utiliza el sistema tradicional de roza y quema.

Control de erosión

Las leguminosas necesitan alrededor de un mes para establecer una buena cobertura de protección del suelo. En pendientes fuertes no controlan bien la erosión porque no tienen raíces profundas y fuertes que estabilizan el suelo.

Este riesgo existe, sobre todo, en zonas de alta precipitación con suelos superficiales. En estos casos es recomen-



Siembra de Caballero (Dolichos, garbanzo) en primera o postera en rotación con otros cultivos.

dable combinarlo con barreras vivas o muertas, acequias y otras obras descritas en esta guía.

Conservación de humedad del suelo

La cobertura viva mantiene la humedad del suelo y mejora la infiltración.

La cobertura muerta después de chapiar la leguminosa protege el suelo durante la época lluviosa y mejora su estructura y fertilidad.

Protección contra el viento

La cobertura del suelo reduce la erosión provocada por el viento. Después de chapiar la leguminosa se descompone rápidamente durante la época lluviosa, pero en la época seca tarda un poco más.

Se debe evitar la quema y el pastoreo del ganado en el área establecida.

La rotación anual de cultivos de maíz y/o frijol con estas leguminosas contribuye a un aumento paulatino de la materia orgánica en el suelo. A mediano plazo la estructura del suelo mejora significativamente.

Control de malezas

Excelente para controlar malezas debido a su rápido crecimiento. En campos con alta incidencia de malezas se siembra la leguminosa en primera para cubrir el suelo. Al inicio de la postera se chapia y el cultivo de maíz o frijol se siembra en labranza mínima o labranza cero.

Ataque de plagas

Existe el riesgo del ataque de enfermedades en zonas húmedas. En zonas semisecas se pueden observar ataques de Zompopos (*Acromirmex* spp., *Atta* spp.), del Gusano de soldado (*Spodoptera exigua*), y de la Maya (*Diabrotica*).

Terciopelo controla malezas y no permite el desarrollo de otras plantas hospederas de plagas como la babosa.

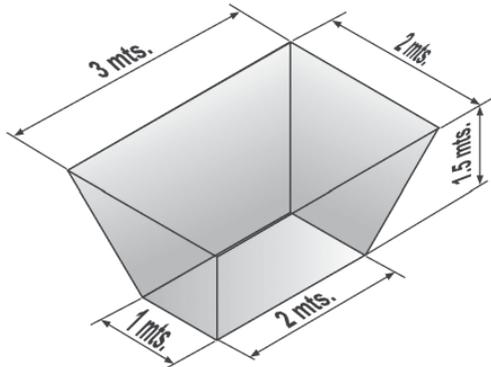
Obras para cosechar agua

RESERVORIOS DE LADERAS

Es una pila de cemento semi enterrada en el suelo, con el fondo más pequeño y la superficie más ancha y más larga. Está diseñada para abastecer de agua a través de mangueras, para capturar agua directamente de la lluvia o para recibir el agua de escorrentía por medio de acequias.

El agua cosechada se puede usar para regar parcelas donde se cultiva semilla de frijol o maíz. Si el reservorio se alimenta desde una fuente natural de agua, se puede utilizar para riego en verano.

El costo de la obra oscila en 500 dólares, por lo que su construcción se justifica en zonas secas o semi húmedas, en laderas con hasta 35% de pendiente



Forma y medidas promedio recomendadas.



LAGUNETAS O EMBALSES

Son grandes depósitos artificiales de agua. Se forman al cerrar la boca de un pequeño valle, micro cuenca, hondonada o vertiente, construyendo una presa o un dique para detener el escurrimiento del agua.

El agua almacenada se puede utilizar en sistemas de micro riego durante los períodos críticos de sequía, y para el consumo de animales domésticos.

Los embalses se construyen sobre suelos arcillosos para evitar o reducir la infiltración del agua. Si los suelos son de textura franco o arenosos, se recomienda colocar plástico, cemento o piedra bolón sobre el fondo del embalse para impermeabilizarlo.

Se recomiendan para zonas secas donde la lluvia es irregular y la demanda de agua para cultivos o consumo animal es alta. La presencia de un ojo de agua en la finca garantiza almacenarla en el embalse para usarla todo el año.

Se calcula que un metro cúbico de embalse tiene un costo aproximado de 3.50 dólares, pero varía en dependencia de los materiales que se utilicen.



Laguneta construida sobre terreno arcilloso para uso en riego.

Miembros del Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola SICTA)



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!
INTA

