

**MODELOS PROPUESTOS PARA LA
RECUPERACIÓN FORESTAL
REGIÓN VIII LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO**

MODELOS PROPUESTOS PARA LA RECUPERACIÓN FORESTAL

Recuperación forestal en áreas de actividad forestal

Se entiende como recuperación forestal el restablecimiento de una masa forestal arbórea, arbustiva o con cactáceas en superficies de tierras marginales, que actualmente están en uso agrícola, cubiertas por pastizales o malezas, o con ninguna cubierta vegetal. Dicha masa forestal puede ser de especies nativas, introducidas o exóticas.

La forma de la recuperación forestal puede ser espontánea, inducida o cultivada. Las técnicas propuestas pueden ser simple exclusión al pastoreo, esparcimiento de semillas de especies deseadas, plantación vegetativa y reforestación con árboles producidos en viveros.

La recuperación forestal se aplicará en las áreas siguientes:

- Áreas con suelos desnudos, sin vegetación aparente: aplicar el criterio de 100 % de recuperación forestal
- Áreas deforestadas recientemente (posterior a 1980): aplicar el criterio de 100 % de recuperación forestal
- Zonas agrícolas y pastizales en pendientes superiores a los 60 %: aplicar el criterio de 100 % de recuperación forestal
- Zonas agrícolas y pastizales en pendientes entre 30 a 60 %, aplicar el criterio de 50 % de recuperación forestal
- Riberas de ríos y arroyos, que no cuentan con bosque de galería, aplicar el criterio de 100 % de recuperación forestal

Las especies que se van a utilizar son muy diversas, y dependen de la zona climatológica, altura sobre el nivel del mar, del tipo de suelo, la posición topográfica, el historial forestal, y el propósito del dueño de la parcela (producción forestal, conservación de recursos naturales, apoyo para mejorar un sistema agrícola o pecuario asociado).

Otro elemento especial para la recuperación forestal es la introducción del componente arbóreo – arbustivo en los sistemas agropecuarios, para incrementar la eficiencia productiva y la sustentabilidad del sistema en su conjunto.

Los modelos de recuperación forestal propuestos son los siguientes:

(1) Exclusión al pastoreo [Exp]

Esta práctica es incluida en todas las demás prácticas, tanto de recuperación forestal, como de protección a los cultivos agrícolas y de manejo pecuario. Incluye el cercado de área, para impedir la entrada de cualquier tipo de ganado, en especial de caprinos.

Se aplica a zonas de pastoreo, tierras agrícolas durante el temporal y a todas las superficies en proceso de reforestación y de rehabilitación de cubierta vegetal. Además se aplica a las superficies forestales con índices de degradación.

Por sí sola, está es una práctica de recuperación forestal, en especial en áreas afectadas por incendios, o donde existe abundancia de semillas en el suelo o árboles semilleros en las cercanías o dentro del área a tratar.

El cercado del área se puede llevar a cabo con cercos muertos (postes de madera o metálicos con alambre de púa); cercos vivos (con material vegetativo de hábito de crecimiento denso: maguey, nopal, zarzamora, etc.-); o una combinación de ambos (postes retoñables, además de postes metálicos reforzados con alambre de púa).

Existen diversos tipos de cercos vivos o inertes; aquí se describe un cercado inerte, o que se considera como representativo y es útil para propósitos de estimación de costos.

Modelo estándar: Área: 20 ha = 447.21 m x 447.22 m; con cerco metálico y reforzado con cerco vivo

Esta práctica es para impedir la entrada de cualquier tipo de ganado, en especial el caprino.

Se necesita lo siguiente:

- cerco metálico,
- postes de 1.8 m de longitud como mínimo (1.3 m de altura efectiva),
- espaciamiento de 4 m entre postes
- total 448 postes / 20 ha
- 8 líneas de alambre de púas a las siguientes alturas sobre el nivel del piso:
0.1 m, 0.2 m, 0.3 m, 0.4 m, 0.5 m, 0.7 m, 1.0 m, 1.3 m.

Este cerco se puede reforzar con estacas de madera de especies retoñables, que con el tiempo pueden servir como postes para la cerca.

(2) Plantación de arbolitos provenientes de vivero

En los viveros se producen una gran cantidad de especies arbóreas y arbustivas forestales y frutícolas, para todo tipo de clima, desde los bosques templados, hasta las selvas bajas caducifolias. Se proporcionan estos arbolitos jóvenes en bolsas de plástico de diferentes tamaños, listos para ser plantados en el campo.

Por lo general se plantan especies únicas, como coníferas para el restablecimiento de un bosque de coníferas, encinos, o una plantación comercial de una sola especie, sea de nim (*Azarahta indica*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), casuarina (*Casuarina sp.*), etc.

La fecha de plantación: durante los primeros días de lluvias al inicio la temporada de las lluvias (finales de mayo, inicio de junio)

Se recomiendan diferentes densidades de plantación, según las necesidades específicas. A continuación se describe plantación a una densidad dada:

(2-1) Plantación de arbolitos, área compacta, densidad media [RF(3.5)]

(943 árboles / ha, equidistancia = 3.5 m)

Media densidad significa 943 árboles / ha en un espaciamiento de 3.5 m entre árboles, a tresbolillo. Esta densidad permite el desarrollo de una cierta cubierta vegetal, y requiere menos trabajos de aclareos posteriores, que en la densidad alta. Ofrece en cambio una cubierta vegetal más densa y una mayor protección contra la erosión que la plantación de densidad baja. Con esta densidad de plantación no es posible el aprovechamiento del terreno con cultivos agrícolas anuales. Hay suficiente espacio para el desarrollo radicular y un desarrollo inicial del árbol. El aclareo se hace cuando comienzan a rozarse las coronas de los árboles, dependiendo de la velocidad de crecimiento y tamaño final de ellos.

Este sistema se aplica a:

- Áreas a reforestar con pendientes inferiores a 30 %, y donde no haya problemas agudos de erosión

Incluye:

- a) Exclusión al pastoreo.
- b) Selección de plantas en vivero.
- c) transporte y acarreo.
- d) excavación de hoyos (943 / ha).
- e) plantación
- f) espaciamiento entre arbolitos: 3.5 m a tresbolillo = 3.031 m entre líneas = 28.57 arbolitos / línea x 33 líneas / ha = 943 arbolitos /ha.
- g) Requiere en la etapa inicial un control mecánico de malezas competitivas (día 30, 60 y 90 después de la plantación)
- h) Revisión en año 1 después de la plantación para detectar requerimientos de replantaciones en los lugares donde no hubo prendimientos. Buscar las causas (plagas, falta de agua, condiciones edafológicas inadecuadas) y hacer las correcciones requeridas.
- i) Requiere de aclareos posteriores, cuando las copas comienzan a tocarse, y todavía no han alcanzado su estado de madurez.

(2-2) Plantación comercial de arbolitos de Navidad

(2886 árboles / ha, equidistancia = 2 m)

Este sistema se aplica en plantaciones comerciales de árboles de Navidad, con *Pinus ayacahuite* o *Abies religiosa*. Se plantan a esta densidad, porque nunca llegan a alcanzar su estatura de madurez, sino que se cosechan, cuando tienen entre 1 a 2 m de altura. 2 m es el espacio ideal, para que desarrollen suficientes ramas laterales, deseadas para este tipo de producto, y además tengan suficiente iluminación y se permita circular entre los árboles para podas y labores varios.

Incluye:

- a) Exclusión al pastoreo.
- b) Selección de plantas en vivero.
- c) Transporte y acarreo.
- d) Excavación de hoyos (2886 / ha).
- e) Plantación
- f) Espaciamiento entre arbolitos: 2.0 m a tresbolillo = 2886 arbolitos /ha.
- g) Requiere en la etapa inicial un control mecánico de malezas competitivas (día 30, 60 y 90 después de la plantación) y posteriormente control mecánico de maleza durante cada 2 meses durante la temporada de las lluvias.
- h) Revisión en 1 mes después de la plantación, para detectar requerimientos de replantaciones en los lugares donde no hubo prendimientos. Buscar las causas (plagas, falta de agua, plantación deficiente, etc.), y tomar las medidas de control específico.

(2-3) Plantación de arbolitos puntualmente dentro de masa forestal. Densidad baja [RF(20)]

Consiste en la reproducción en vivero de especies útiles muy específicas, para insertarlas en determinadas selvas bajas, sin destruirlas. Este sistema se aplica para incrementar el valor comercial futuro de dichas selvas, e incrementar los beneficios económicos en su aprovechamiento sustentable. La selva se mantiene con su alta diversidad, pero se enriquece con especies de valor comercial.

Se aplica específicamente en selvas bajas alteradas y empobrecidas de cierta especie de explotación comercial, como pueden ser el cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), caobilla (*Swietenia humilis*), y especies de uso apícola, como es *Cresencia alata*. La fecha de la plantación es al inicio de la temporada de las lluvias.

incluye:

- a) Exclusión al pastoreo (primer año)
- b) Búsqueda y selección del material vegetativo en vivero.
- c) Transporte y acarreo.
- d) Desmonte previo de 1 m² alrededor del sitio de plantación por roza.
- e) Excavación de hoyos (coa, 25 / ha).
- f) Plantación puntual (suposición: 25 / ha, espaciamiento 20 m entre plantas en equidistancia).
- g) Requiere en la etapa inicial un control mecánico de malezas competitivas (día 30, 60 y 90 después de la plantación)
- h) Revisión en 1 mes después de la plantación, si es necesario, hacer replantaciones en los lugares donde no hubo prendimientos.

(3) Plantación de material vegetativo, (hijuelos, estacas) - puntualmente dentro de masa forestal:

En especial el corte y la plantación de estacas se aplica específicamente para enriquecer una selva baja con especies varias como por ejemplo el copal (*Bursera copallifera*, *B. fagaroides*, *B. palmeri*), para su explotación comercial posterior. Es similar que en las plantación con arbolitos provenientes del vivero, solo que en este caso se plantan estacas retoñables (del genero *Bursera spp. por ejemplo*) en selvas bajas alteradas, donde ya no existen copales, y donde su aprovechamiento comercial es una opción de actividad económica.

La plantación se efectúa al principio de la estación de las lluvias.

incluye:

- a) Exclusión temporal al pastoreo
- b) Corte de estacas (suposición: 25 / ha).
- c) Tratamiento de las estacas (secamiento ligero previo durante 3 días, tratamiento con enraizador)
- d) Transporte y acarreo de estacas
- e) Desmonte previo de 1 m² alrededor del sitio de plantación
- f) Excavación de hoyos (25 / ha)
- g) Plantación puntual (suposición: 25 / ha, espaciamiento 20 m entre estacas).
- h) Requiere en la etapa inicial un control mecánico de malezas competitivas (día 30, 60 y 90 después de la plantación)
- i) Revisión en 1 mes después de la plantación, para detectar necesidades de replantaciones en los lugares donde no hubo prendimientos.

Otro tipo de plantaciones con material vegetativo se utilizan para enriquecer los matorrales y selvas bajas con cactáceas, como son:

- nopales tuneros o nopales forrajeros (*Opuntia sp.*) (plantación por pencas)
- magüeyes mezcaleras (*Agave sp.*) (plantación por hijuelos)
- cactáceas pithayeras (*Stenocereus sp.*)

(4) Preparación del terreno mecanizado, para plantación forestal

Casi todas las aplicaciones mecánicas están limitadas a zonas de suelos profundos, sin mucha pedregosidad o afloraciones rocosas; en pendientes inferiores al 50 %. Únicamente con el TTAE (tractor todo terreno de alta estabilidad) y con la retroaraña se puede trabajar hasta los 100%. También se puede usar en la rehabilitación forestal de antiguos terrenos agrícolas, donde se encuentra todavía algo de suelo.

(4-1) Técnica “Bordo forestal”

Se aplica un surco de 0.7 a 0.8 m de ancho, con bordo aguas abajo de 0.3 a 0.4 m; enseguida un subsolado al fondo del surco

Equipo: Tractor de cadenas de 130 a 170 HP, o el TTAE con surcador frontal + subsolador en portaherramientas. El portaherramientas debe ser siempre horizontal, aunque el tractor se mantenga inclinado. La cadena superior circula por el surco.

Esta acción se hace en dos vueltas: 1. Surcar, 2. Subsolar; antes un desmonte natural por roza y trituración; el trabajo se hace mejor en seco.

Limitantes: pendiente < 50% con el TTAE; no se puede usar en afloramientos rocosos, ni en áreas con irregularidades bruscas en el relieve, los surcos no deben interrumpir drenaje natural.

Este tipo de práctica es buena para suelos silíceos y calizas descarboxatadas y con baja pedregosidad.

Rendimiento: 800 – 3000 m lineales de surco subsolado /h (1 ha tiene 2000 m se surcos para una separación de 5 m entre ejes de surcos, quiere decir la eficiencia será entre 1 a 2 h / ha)

(4-2) Surco forestal a curva de nivel

Se hace un surco a curva de nivel de hasta 0.7 m profundidad. El equipo requerido es un Tractor de cadenas, o el tractor de pendientes TTAE; con arado forestal (vertedera grande, bisurco desfasado y reversible). Esta labor requiere además de un desmonte previo.

El bordo se forma en 2 etapas por el doble arado desfasado. Un operador camina en medio de ambos arados, plantando en el surco plantas, preferentemente a raíz desnuda. El sistema de preparación es lineal, con inversión de horizontes en faja, con anchura entre 0.6 a 0.9 m, mecanizada y de alta profundidad.

Limitantes: pendientes hasta 30 %, no en pedregosidad ni afloraciones rocosas, es bueno para suelos silíceos, homogéneos, poco evolucionados y erosionables.

Este tipo de práctica será ideal para la reforestación de áreas con andosoles profundos, de bajas pendientes, como son la zona de Ajusco - Parres - El Capulín – Tres Marías, entre el Distrito Federal y el estado de Morelos.

(4-3) Ahoyado con retroexcavadora (o con “retroaraña”)

Se remueve el suelo sin extracción en un hoyo prismático mediante la cuchara retroexcavadora, se llenan después los hoyos y se forman las terrazas a contrapendiente. Se requiere de retroexcavadora, preferentemente de cadenas, con cuchilla adaptado a pedregosidades.

Un implemento nuevo es la “Retroaraña” (dos ruedas sin fuerza automotriz + 2 patas hidráulicas estabilizadoras regulables en altura. El prisma excavado es de (0.5 a 0.8 m) x (0.4 a 0.6 m) x (0.4 a 0.6 m) de profundidad. La preparación del suelo es puntal, sin inversión de horizontes.

(5) Estabilización de riberas de cauces

Las riberas de los cauces tienen que protegerse en forma integral, contra las inundaciones de avenidas grandes, contra el arrastre de tierras, deslaves y erosión de los orillos de los ríos. Esto se obtiene a través de una buena cubierta vegetal de las áreas riparias y de las zonas expuestas a inundarse, así como del control de la pendiente y paredes del cauce mismo. Para ello se pueden usar obstáculos físicos que provoquen rugosidad de las orillas y en las áreas de amortiguamiento (inundación).

Con esta práctica se busca contrarrestar a la velocidad y la fuerza del agua en caso de avenidas grandes, ya que esas hacen el mayor daño, erosionando las orillas, llevando grandes volúmenes de tierras, hasta casas, puentes, terrenos agrícolas, etc. También se busca evitar el desbordamiento del río y la inundación de áreas estratégicas, como son zonas de viviendas, áreas industriales y áreas de producción agropecuaria intensiva.

Ambos eventos (arrastres por caudales extremadamente veloces, inundaciones de vastas áreas) ocurren durante avenidas fuertes. Estas se pueden prevenir incrementando la capacidad de infiltración a través de una buena cubierta vegetal cuencas arriba del evento. Pero también debe existir un reforzamiento del cauce mismo, para evitar catástrofes en las áreas cercanas a ellos.

Para evitar arrastres y destrucciones a lo largo del cauce el elemento principal es crear y mantener un bosque de galería en las orillas de los cauces. La masa vegetal es el mejor garante de estabilidad, pues protege el suelo y disminuye la velocidad del cauce. En esta zona se requiere de especies que se adapten a las inundaciones y niveles freáticos altos, como son:

Especies que se reproducen por racimos (estolones):

- carrizal (*Phragmites spp.*) (< 2000 msnm)
- pasto estrella (*Cynodon niemfuensis*) (< 2000 msnm)

Especies que se reproducen por hijuelos:

- plátano (*Musa sp.*) (< 1800 msnm)

Especies que se reproducen por siembra directa

- higuera (*Rhicinus communis*), (< 2000 msnm)

Especies que se reproducen por siembra, y que se puede reproducir en vivero y transplantar después:

- pirúl (*Schinus molle*) (1000 a 2500 msnm),

- ahuehuete (*Taxodium spp.*) (< 2000 msnm)
- coco (*Cocos nucifera*) (< 1800 msnm)
- mezquite (*Prosopis sp.*), (< 2200 msnm)
- sauce (*Salix spp.*) (entre 1000 a 3000 msnm),
- álamo (*Alnus spp.*) (entre 1000 a 3000 msnm)
- álamo europeo (*Populus spp.*) (entre 1500 a 3000 msnm),
- amate (*Ficus spp.*) (< 2000 msnm)

espaciamiento entre estacas: 3 m a tresbolillo en doble línea por cada orilla de cauce = 1,332 estacas / km de cauce

Se puede combinar la reforestación por estacas con plantación de árboles de vivero o con la repoblación por estolones de carrizo. Esta reforestación se hace donde existen áreas muy vulnerables de deslaves, en especial en curvas de las cauces, por el lado abrazante de la curva. También se planta en áreas de crecidas, donde amenazan deslaves mayores. Algunas especies posibles son el ahuehuete y el pirul.

Si se usa carrizo, se recomienda plantar los estolones cada 3 m a tresbolillo en cuatro líneas = 133 estolones / 100 m de cauce. La plantación se hará por un solo lado o los dos, según las necesidades.

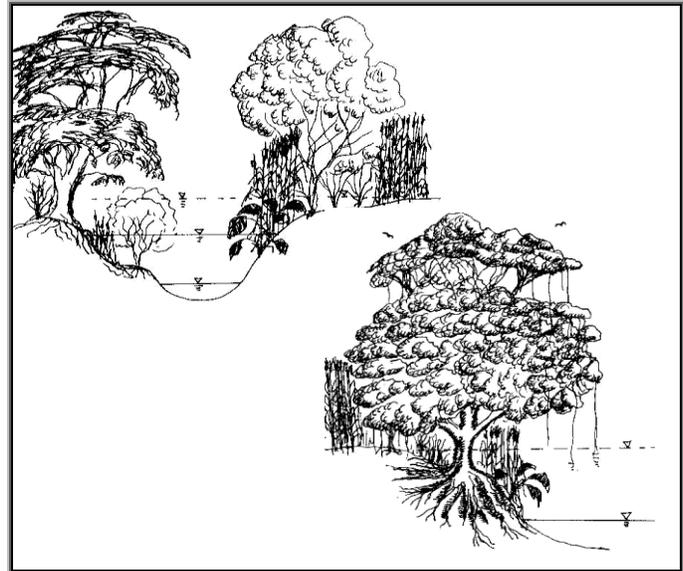


Figura 5.1 Ribera de cauce protegida

Las plantaciones de ahuehuete se efectúan a espaciamentos de 5 m de distancia en una sola línea, que significa 200 arbolitos / 1 km río por un lado o 400 arbolitos / km de río a ambos lados. Se pueden combinar las plantaciones de ahuehuete con las plantaciones de amate, álamo y sauce.

Excelente posibilidad ofrece el cauce en la plantación de frutales que demandan mucha agua y tienen densa cubierta vegetal, y sistema radical, como son el plátano y el coco. Estos se combinan con pastos densos o con árboles de denso sistema radical, como son ahuehuete (*Taxodium sp.*) o amate (*Ficus sp.*) en las orillas de cauces permanentes.

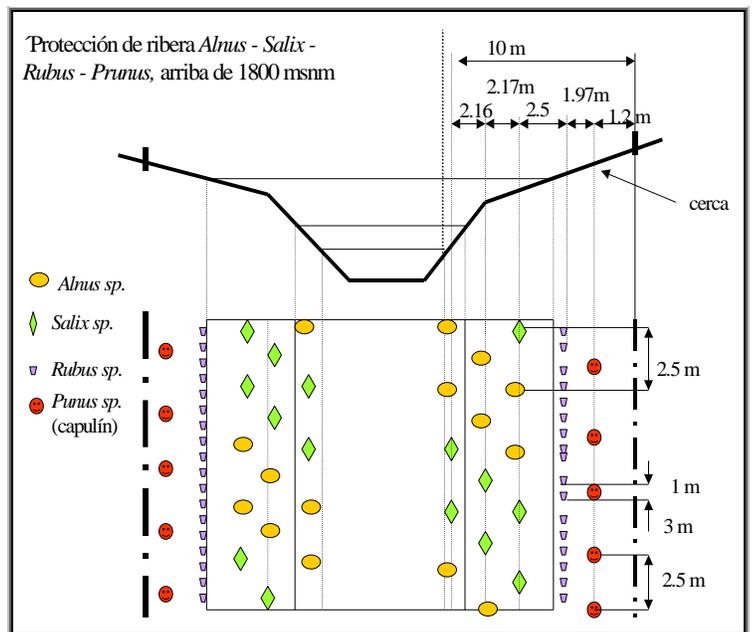


Figura 5.2 Esquema de modelo de protección de riberas, zonas templadas

(5-1) Modelo Rehabilitación de Cauces [HF]

Bosque de galería *Ficus sp.* - *Taxodium sp.* – *Salix sp.*- *Phragmites sp.* – *Swietenia humilis* (por debajo de 1800 msnm)

Este sistema se utiliza en tierras bajas y calientes, menores de 1800 msnm.

Plantación de ambas orillas del cauce: Se plantan en la zona de avenidas cambiantes a extremas: 4 líneas con espaciamiento 3 m entre líneas (1) y (2), 2.6 m entre línea (2) y (3) y 4 m entre línea (3) y (4) + 1.4 m posterior a la línea (4) = 11 m total de ancho desde la línea de transición entre zona de avenidas normales y avenidas cambiantes hacia tierra firme. Esto significa un área de 11m x 1000 m = 1.1 ha / km lineal = 2.2 ha / km de río a ambos lados. Esta área deberá ser cercada. Si existe ganado, deberá controlarse el acceso, considerando una entrada para el ganado al río.

La plantación se lleva a cabo de la siguiente manera:

Línea (1):

La primera línea se planta entre la zona de transición entre avenidas normales a cambiantes. Esta puede ser un *Taxodium sp.* y un espaciamiento de 5 m entre árboles. Requerimiento: 200 árboles / 1 km línea = 400 árboles/ 1 km río a ambos lados. A cada 50 m se puede reemplazar el ahuehuate por un amate para mantener cierta diversidad.

En el espacio intermedio entre ahuehuetes (2.5 m) se pueden plantar estacas de sauce = 200 estacas sauce / 1 km línea = 400 estacas sauce / 1 km río a ambos lados.

En el espacio intermedio entre sauce y ahuehuate se plantan 2 estolones retoñables de carrizo (*Phragmites sp.*) (4 x 200 / 1 km línea = 1600 / km de río a ambos lados). Se plantan en doble línea a los 1.25 m de los árboles uno y a 0.5 m perpendicular a la línea de árboles el otro.

Se esparcian semillas de *Rhizinus sp.* al azar en esta área, con apoyo de un espeque, a baja densidad (5 semillas en el espacio interárbole de 5 m).

Líneas (2) y (3):

La segunda línea se establece 3m hacia atrás de la anterior, en la zona de avenidas cambiantes. Ahí se plantan estacas de *Salix sp.* con un espaciamiento de 3 m entre árboles. La tercera línea viene a 2.6 m de distancia arriba de la segunda, y allí se plantan también *Salix sp.* a equidistancia de 3 m (a tresbolillo) con la segunda línea.

En este caso se requiere un total de 770 plantas / km doble línea (2) y (3) = 1540 estacas (2)(3) / río a ambos lados. A 1.5 m de equidistancia entre la segunda y la tercera línea se plantan estolones de *Phragmites sp.* = 3080 estolones entre las líneas (2) y (3):

Línea (4):

A 4 m de la línea (3) se acomoda una cuarta línea con árboles maderables y/o de usos múltiples, como son *Swietenia humilis*, *Nim*, *Amphypterigium adstringens*, *Cocus nucifera* (coco), *Musa sp.* (plátano), *Mangifera indica* (mango), y otros, a una distancia de 4 m aproximadamente = 250 árboles útiles / km lineal = 500 árboles útiles / río ambos lados.

Total:

Se requiere para estabilizar 1 km de río:

- 400 plántulas ahuehuetes (*Taxodium sp.*)
- 1940 plántulas de sauce (*Salix sp.*)
- 4680 estolones de carrizo (*Phragmites sp.*)
- 500 árboles diversos (maderables, medicinales, comerciales)

Acciones:

- Exclusión al pastoreo (2.2 ha / km de río a ambos lados), considerando accesos para el ganado desde ambos lados del río.
- Marcar líneas de plantación.
- Obtener plántulas de *Salix sp* y *Alnus, sp.* (1940 estacas/ km de río); *Taxodium sp* (400/km –ambos lados del río-; obtención de diversas especies de árboles útiles nativos (500(km de río, ambos lados) y obtención d estolones de carrizo (4,680/km de río ambos lados).
- Transporte y pretratamiento de planta
- Excavación de hoyos
- Plantación de arbolitos, estacas, estolones
- Siembra de pastizales y malezas nativas de alta densidad donde sea necesario (ej. *Rhizinus communis*)..

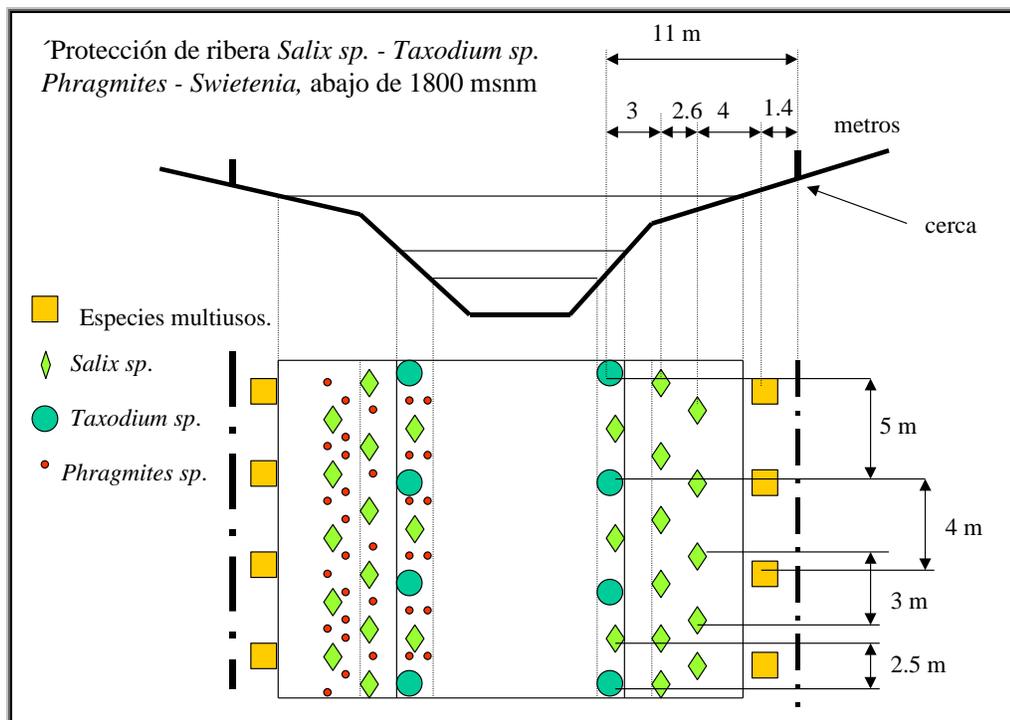


Figura (5.3). Esquema de modelo de protección de ribera de río. Zonas cálidas

- Junto a las protección vegetal son necesarias obras físicas, como son (Schiechtl, Stern, 2001):
- Represas de gaviones o de geotextil, combinado con la aplicación de ramas retoñables, que penetran al material de azolves retenidos. Esos son para disminuir la velocidad del flujo, retienen azolves y disminuyen con el tiempo las pendientes. Con el tiempo se convierten en caídas de agua. Son para cauces menores y o cauces intermitentes de grandes pendientes y para cárcavas ya establecidas, para controlar su crecimiento.

- c) Reductores de velocidad: Empedrados que penetran diagonalmente al cauce, disminuyendo la velocidad de agua en las cercanías de las orillas. Son obras para cauces mayores y permanentes, como son el Río Amacuzac, o el mismo río Balsas.
- d) Sistema de bordos y diques, diseñados para soportar inundaciones con un período de retorno de 200 años en casos de áreas urbanas y de 50 años, en casos de áreas de producción agropecuaria. Estos bordos aparte de ser construidos con material impenetrable deben contener material vegetativo arbóreo y arbustivo en toda la zona por encima del nivel normal de flujo.

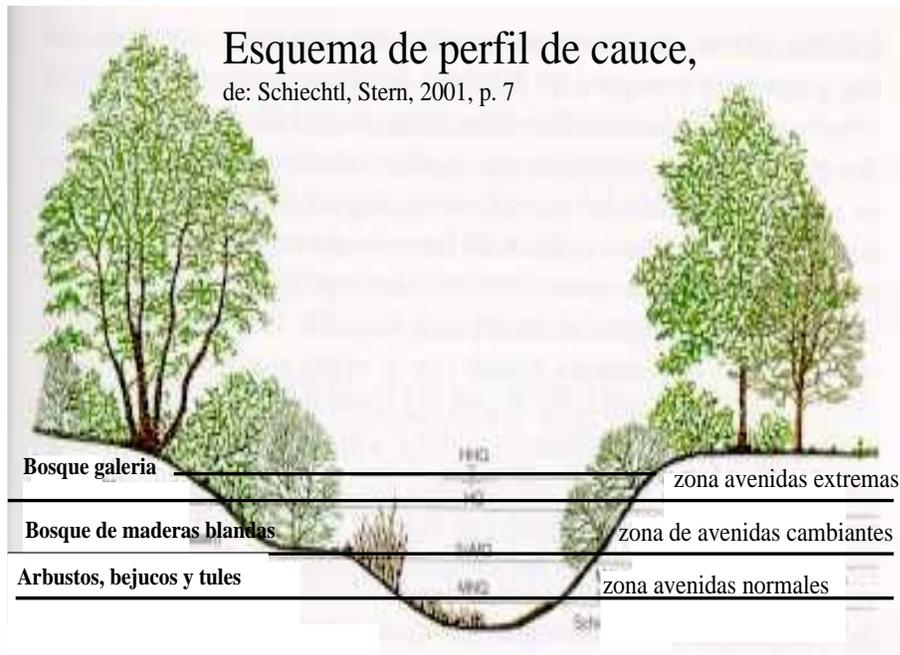


Figura (5.4). Esquema de perfil de cauce.

Recuperación forestal en apoyo a los sistemas de producción agropecuaria

En este rubro se incluye las plantaciones arbóreas, arbustivas y de herbáceas que apoyen la conservación de los recursos naturales agua y suelo en los sistemas agrícolas y pecuarios. En estos sistemas el aprovechamiento forestal es secundario. Las plantaciones son en forma puntual o en línea, con el objetivo principal incrementar y mantener los rendimientos agropecuarios.

En términos generales se distinguen los siguientes sistemas agroforestales:

(6) Cercos vivos:

En todas las superficies agrícolas y pecuarios podría impulsar esta práctica.

Este modelo consiste en asociar árboles y arbustos al contorno a de las parcelas en una sola fila. Se recomienda en general la plantación de especies nativas, de preferencia de uso múltiple y con buena producción de biomasa.

Los beneficios que se obtienen al cercar las parcelas de este modo son principalmente:

- Disponer de leña, fruta y madera;
- Disminuir la acción del viento, reduciendo la erosión eólica;
- Delimitar las parcelas,
- Ahorrar gastos que requiere el establecimiento y conservación de los cercos muertos.

Entre más grande sea la superficie a cercar, menor será el costo para la instalación por unidad de superficie.

Cerca por cada 20 ha a 4 m de distancia	= 448 árboles / 20 ha	= 22.4 árboles / ha
Cerca por cada 9 ha a 4 m de distancia	= 300 árboles / 9 ha	= 33.3 árboles / ha
Cerca por 1 ha a 4 m de distancia:	= 100 árboles/ ha	= 100 árboles / ha

Existen diferentes tipos de cercos vivos y diferentes técnicas para su establecimiento:

- 1) Cerco con estacas retoñables (cerco vivo)
- 2) Cerco combinado muerto y vivo (cerco mixto)
- 3) Cerco con material vivo de alta densidad (cerco vivo)

Algunas especies aptas para cercos vivos, que funcionan como postes para sostener el cercado son: Palo mulato (*Bursera simarruba*), copal (*Bursera spp.*), guaje (*Leucaena spp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), chompantle (*Erythrina spp.*), Tepeguaje (*Lysiloma acapulcensis*, *L. divaricata*), zopilote o caobilla (*Swietenia humilis*), árbol del nim (*Azadirachta indica*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), mezquite (*Prosopis laevigata*, *P. juliflora*), varaduz (*Eysenhardtia polystachya*), eucalipto (*Eucalyptus spp.*), casuarina (*Casuarina spp.*), nogal (*Junglans spp.*), encino (*Quercus spp.*), capulín (*Prunus spp.*), cedro blanco (*Cupressus lindleyii*), pino (*Pinus spp.*) y oyamel (*Abies religiosa*), entre otros.

Por otra parte, especies de alta densidad vegetativa, que forman un “muro vivo” que además de funcionar como cerca puede servir para disminuir la velocidad del escurrimiento superficial y la detención de sedimentos son: guaje (*Leucaena spp.*), chichicastle (*Wigandia caracasana*), huizache (*Acacia spp.*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), nopal (*Opuntia spp.*), maguey (*Agave spp.*), zarzamora (*Rubus spp.*), etc.

Se presenta a continuación un tipo de los cercos mencionados (cerco vivo con postes retoñables), los otros tipos de cerco tienen algunas variaciones; el cercado mixto (cerca de alambre con árboles) implica la siembra o plantación de árboles a lo largo de un cercado generalmente ya existente y con el tiempo, los árboles pueden servir como postes para sostener el alambrado. El otro tipo de cerco vivo es el que usa material vegetal con hábito de crecimiento denso; este tipo de cercado no requiere de alambrado pues su densidad es tal que no permite el paso de animales a través de ellos.

(6-1) Cerco vivo con estacas (postes) retoñables –se usa también alambre–:

Modelo estándar: Área: 20 ha = 447.21 m x 447.22 m; cerco vivo con estacas retoñables.

Esta práctica es para excluir la entrada de cualquier tipo de ganado. Su establecimiento es lento, pues tardará la especie usada para su desarrollo. Se aplica bajo las siguientes condiciones:

- **Agricultura:** Todas las tierras agrícolas, sean de riego o de temporal, deben ser excluidas a la ganadería, aunque después de haber levantado la cosecha pueden servir como potreros temporales.
- **Pecuarios:** Todas las praderas y pastizales deben contar con un cerco perimetral, y hasta con subdivisiones internas, para fines de rotación de potreros.
- **Forestales:** Solo las áreas recién reforestados, y las áreas que requieren recuperación del renuevo, o que se requiere restauración de una capa vegetal, maltratada por sobrepastoreo - requieren de la exclusión. Áreas forestales en buen estado no deben ser cercadas para dar libre movimiento a la fauna silvestre.

Si se crea un cerco nuevo, o se reemplaza un cerco muerto por uno vivo se recomiendan las siguientes acciones (para rodear 20 ha):

- a) cortar estacas vivas (448 estacas / 20 ha)
- b) cargar y transportar estacas
- c) hacer hoyos de 0.4 m de profundidad ($448 / 20 \text{ ha} = 22.4 / \text{ha}$)
- d) plantar las estacas ($448 / 20 \text{ ha} = 22.4 / \text{ha}$); se recomienda las estacas de 1.8 m de longitud para una vez enterradas tengan al menos 1.3 m de altura
- e) La conexión del alambre se hace después de que el antiguo cerco ya no sirve. Se clavan los alambres al menos después de un año plantado las estacas a los nuevos árboles instalados (en el caso de *Erythrina sp.*). Especies como *Spondias mombin*, *Bursera sp.*, y *Gliricidia sepium* pueden ser instalados inmediatamente. Se clavan 8 líneas de alambre de púas a las siguientes alturas sobre el nivel del piso: 0.1 m, 0.2 m, 0.3 m, 0.4 m, 0.5 m, 0.7 m, 1.0 m, 1.3 m. Esta distribución es efectiva para ganado cabrío. Si no existe este tipo de ganado, la separación de las hebras puede ampliarse y reducir el número de hilos.

(6-2) Cerco con materiales vivos de alta densidad [AcerV]

Otro tipo de cerco es el de alta masa vegetal, como son los magueyes (*Agavae spp.*), nopales (*Opuntia spp.*), cactáceas como *Echinocereus fenderi*, arbustos densos como zarzamora (*Rubus spp*) (arriba de 2000 msnm), chichicastle (*Wigandia caracasana*) y árboles podables, las cuales se pueden plantar a alta densidad, como son: guaje (*Leucaena spp*), y huizache (*Acacia spp*)

Cerco vivo con arbustos densos. Estos cercos no requieren alambrado.

- a) exclusión al pastoreo inicial
- b) obtención de material a plantar (1 / 50 cm lineal = 2 / 1 m lineal = 200 / 100 m lineal = 3576 racimos / 1788 m en 20 ha)
- c) transporte del material
- d) trazado del surco a lo largo de la cerca
- e) plantación del material

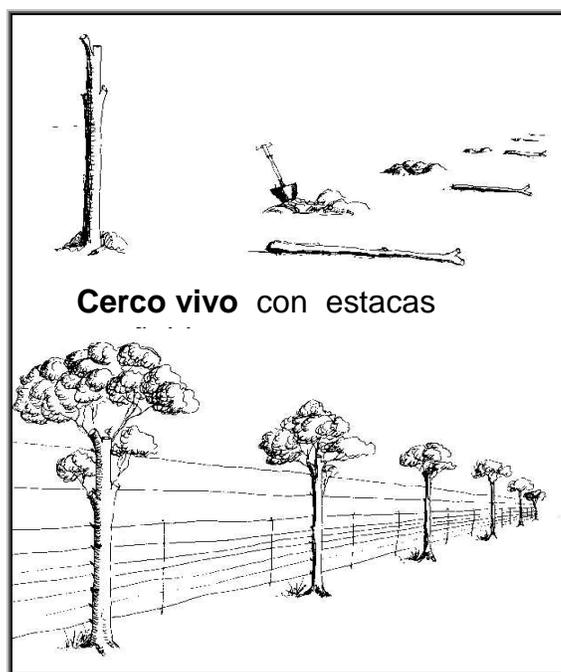


Figura (5.5) Cerco vivo con estacas retoñables

El espaciamiento entre plantas depende de la especie, y estas cercas pueden ser reforzadas con especies de cactáceas y arbustos, para la creación de un verdadero “muro vivo”:

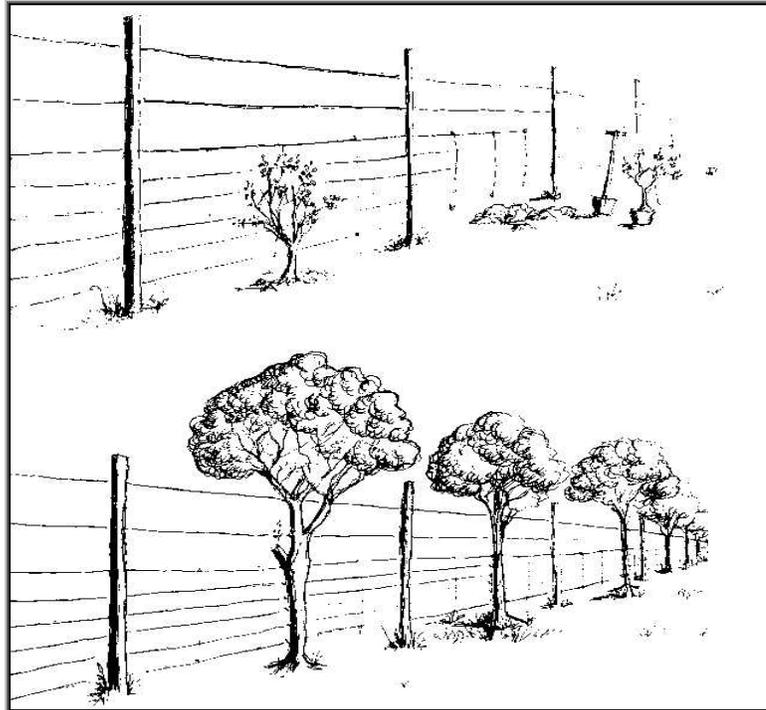


Figura (5.6). Cerco vivo combinado (rehabilitar cerco muerto existente)

(7) Líneas vegetativas para estabilización de laderas (barreras vivas) [ALinV]

Esta práctica consiste en establecer en dirección perpendicular a la pendiente, árboles o arbustos con la finalidad de reducir el escurrimiento superficial y por lo tanto la pérdida de suelo. La particularidad de esta práctica es que se utiliza material vegetal en lugar de construir obras físicas que requieren movimientos de tierra. Las barreras son semipermeables ya que permiten el paso del agua a una velocidad reducida, e interceptan los sedimentos controlando así la erosión hídrica.

Comparadas con las obras físicas de conservación de suelo, las líneas vegetativas requieren menos inversión, ocupan menos espacio y producen forraje y proporcionan cobertura al suelo.

Los materiales vegetales recomendados para esta práctica deben cumplir de preferencia los siguientes requisitos: sistema radicular denso y bien desarrollado, buena ramificación, crecimiento perenne y adaptarse a la zona pudiendo ser nativo o exótico. Algunas especies recomendadas son pasto vetiver (*Veteveria zizianoides*), zacate limón (*Andropogon citratus*), además de zacates nativos del área donde se establecerá; arbustos como: *Acacia schaffnerii*, *A. farnesiana*, *Erythrina spp.*, *Sesbania spp.*, *Rubus spp.* (zarzamora), etc.; y Xerófitas como: *Agavae spp.*, *Opuntia spp.* y otras cactáceas

En el área de los matorrales y selvas bajas (< 2200 msnm) el tipo de plantación sea:

- plantados vegetativamente por hijuelos (*Agavae spp.* (maguey), *Myrtillocactus spp.* (garambullo)),
- trozos de la misma planta (*Opuntia spp.* (nopal y cholla), *Echinocereus spp.*,

- estacas (*Erythrina spp.*, *Bursera spp.*, *Gliricidia sepium*),
- sembrados (*Prosopis spp.*, *Eysenhardtia spp.*, *Acacia spp.*, *Zaluzania augusta*, *Dalea bicolor*, *Mimosa monancistra*,)
- plantación de árboles producidas en vivero (*Prosopis spp.*, *Eysenhardtia spp.*)

En el área de los bosques templados (> 2000 msnm) el tipo de plantación será:

- plantados vegetativamente por hijuelos (*Agavae spp.* (maguey))
- trozos de la misma planta (*Opuntia spp.* (nopal y cholla), *Echinocereus spp.*, (*Rubus spp.* (zarzamora))
- plantación de arbolitos producidas en vivero, (*Pinus spp.*, *Cupressus lindley*, *Prunus spp.*)

Todas las superficies agrícolas con pendientes mayores de 8 % requieren de esta práctica, incrementándose la frecuencia, disminuyendo el espaciamiento entre las líneas según la pendiente, según la ecuación de Young (1989):

$$W = 100 / (S + C)$$

W = espaciamiento entre hileras

C = factor de corrección por erosionabilidad del suelo

C = 1 para textura fina

C = 2 para textura media

C = 3 para arenas finas y limos

S = pendiente (en grados(°))

Existe una gran variedad de especies arbustivas y arbóreas que pueden usarse para llevar a cabo esta práctica. A continuación se presenta el ejemplo de una barrera viva utilizando el nopal (*Opuntia spp.*).

(7-1) Barreras vivas con plantación de pencas de nopal

En toda la cuenca del río Balsas existen con abundancia los especies de *Opuntia spp*

Como una técnica de estabilización de ladera se supone un espaciamiento de 0.5 m entre pencas y 10 m espaciamiento entre líneas. En la realidad el espaciamiento entre líneas es variable según la pendiente, según la ecuación de Young 1989 ya mencionada

Se aplicará a las siguientes condiciones:

- cercas vivas exclusivas con nopal
- reforzamiento de cercas inermes existentes
- áreas con erosión o con suelos desnudos totales, en especial sobre las laderas mayores.
- zonas agrícolas con pendientes, como líneas a curva de nivel
- material vegetativo para estabilizar cárcavas.

Incluye:

- a) exclusión al pastoreo
- b) recolección de pencas (2000 / ha)
- c) transporte y acarreo de pencas
- d) secado de pencas (pocos días)
- e) surcar (yunta) (1000 m/ha)

- f) plantación en surco a curva de nivel (2000 pencas/ha):
 a) espaciamiento entre pencas: 0.5 m = 2 pencas /m
 b) espaciamiento entre surcos: 10 m (valor media)

Puede por supuesto usarse otra especie para la plantación. Una opción es el maguey y otra son las especies frutales. Siempre se buscará que sean materiales de la localidad o bien, de fuera, pero adaptados a las condiciones climáticas de la zona. La idea final es que se usen materiales de uso múltiple, de tal forma que el productor disponga, además de una barrera viva para disminuir los efectos de los agentes erosivos (agua y viento), disponibilidad de frutas, leña, forraje, etc.



Figura (5.7). Líneas de estabilización de laderas: con maguey (*Agave sp.*) (izquierda), con zarzamora (*Rubus sp.*) (derecha)

(9) Cultivos en callejones

Este sistema tiene buen potencial para establecerse en la región del Balsas, pero se puede decir que alrededor de 30 % de las superficies agrícolas de pendientes arriba de los 30 % deben llevar estas prácticas, en especial en las zonas de mayor precipitación.

Se plantan especies leguminosas, en alta densidad (a 0.25 m de distancia) en líneas a curva de nivel en una plantación agrícola. El espacio entre líneas es entre 5m a 8 m, según la pendiente. Las especies pueden ser: *Erythrina spp.* (debajo de 2000 msnm); *Leucaena spp.* y *Eysenhardtia spp.* (debajo de 1500 msnm) , *Gliricidia spp.* (debajo de 1300 msnm). *Erythrina spp.* y *Gliricidia spp.* se pueden plantar por estacas, *Leucaena spp.* y *Eysenhardtia spp.* , pudiéndose incluso plantar las 4 especies, las que se pueden producir en vivero.

Después de 2 años de instalados, cada vez antes de la siembra del cultivo agrícola se da una poda a la líneas de arbolitos a la altura de 50 cm. El material grueso de la poda se pone acomodada aguas arriba de

cada línea de árboles, lo que sobra se puede usar como leña y estacas. El producto fino (hojarasca y ramas menores) se aplica sobre el suelo como cobertura para su descomposición.

Además de las labores agrícolas sin usar herbicidas consiste en:

Fase inicial:

- a) Obtención de material vegetativo de vivero y transporte
- b) Plantación de arbolitos (si hay disponible en vivero: *Leucaena spp.*, *Erythrina spp.*, *Eysenhardtia spp.*, o *Gliricidia spp.*) a 0.25 m de distancia en línea de 6 m de distancia entre sí. Se requiere 400 arbolitos /100 m lineales o 6640 arbolitos / ha, si el espaciamiento entre ejes de las líneas es 6m.

En caso de plantación por estacas será:

- a) Corte de estacas de árboles establecidos
- b) Transporte
- c) Semisecado
- d) Plantación: 6640 estacas / ha

En caso de plantación por estacas se puede desarrollar en dos fases: En la primera fase se establece primero un sistema de menos líneas (la mitad: 3320 estacas/ha), y después del primer corte se plantan las líneas faltantes.

En siembra directa será:

- a) Obtención de semillas (*Leucaena spp.*, o *Eysenhardtia spp.*)
- b) Prepreparación de las semillas (pregerminación)
- c) Surquear sobre la línea y aplicar la semilla (debe ser al inicio de la temporada de la lluvia y el suelo perfectamente humedecido). Se siembra por chorrillo. Al menos cada 3 cm una semilla.
- d) Aclareo: cuando la planta tiene más de 20 cm de altura se eliminan los individuos sobrantes, dejando únicamente cada 25 cm una planta.

Labores posteriores:

- a) Poda (antes de la siembra del cultivo agrícola)
- b) Cortar el producto de la poda y aplicación de la parte delgada (hojarasca y ramas finas) sobre el cultivo
- c) Separar la parte gruesa (estacas) y utilizarlo como material de plantación o acomodarlos "a pie" de los troncos, para apoyar en la detención del suelo y de los escurrimientos.

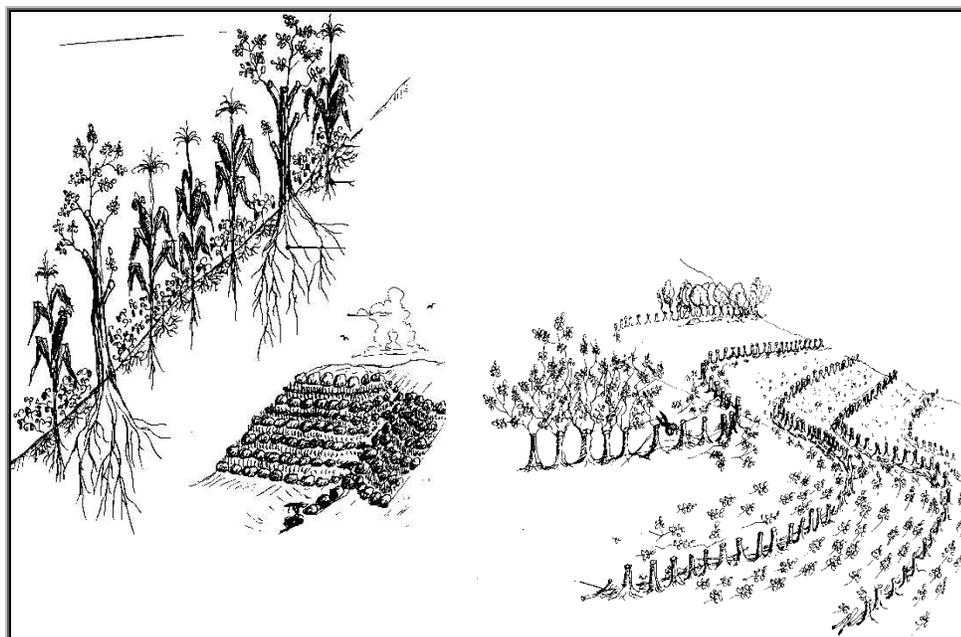


Figura (5.8). Cultivos en callejones

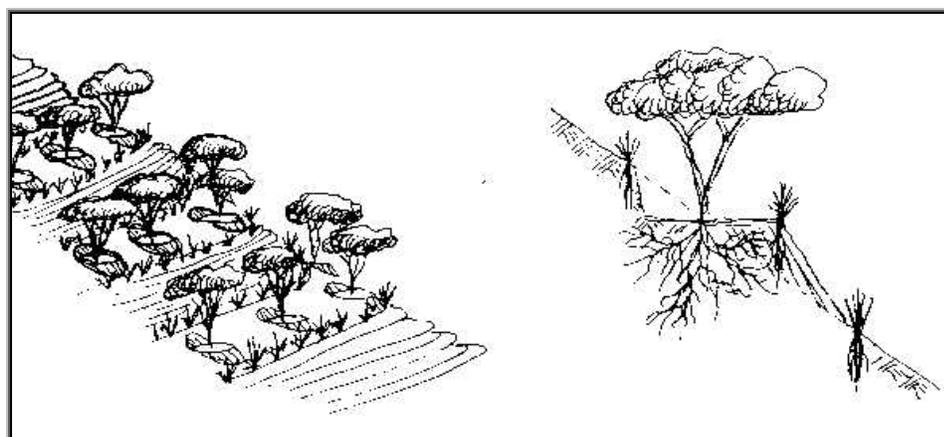


Figura (5.9). Árboles frutales en laderas asociado a agricultura

(11) Franjas arbóreas y arbustivas en áreas extensas agrícolas (cortinas rompevientos)

Solo las superficies agrícolas más grandes, las unidades de producción (parcelas), que son más grandes que 50 hectáreas requieren esta práctica. También las superficies expuestas a la intemperie, como encima de una loma y en el altiplano requieren de esta práctica

Este modelo consiste en la instalación de dos o tres hileras de árboles y arbustos, plantados perpendicularmente a la dirección de los vientos dominantes. Se recomienda principalmente en aquellas grandes áreas agrícolas en las que se tienen problemas de erosión eólica, debido a que el viento toma demasiada fuerza al no encontrar una barrera natural que disminuya su velocidad. En todas las superficies extensas agrícolas, como en los grandes distritos de riego, esta práctica es absolutamente necesario. Se recomienda el uso preferentemente de especies nativas.

Entre las principales ventajas de esta práctica pueden destacarse: disminuye la velocidad del viento, controlando erosión eólica y problemas de acame en los cultivos; formación de un microclima que permite un mayor equilibrio de temperaturas extremas, aumento de humedad atmosférica, disminución de la desecación de los suelos y de la evaporación y uso consuntivo del cultivo; ayuda al control biológico de plagas al cultivo, y finalmente; aporta ingresos secundarios al productor por aprovechamiento de leña, madera, frutas, apicultura, medicinas, etc. . Han encontrado un sustancial incremento en los rendimientos de los cultivos adyacente, considerando la pérdida de espacio por la misma cortina. Todas las grandes superficies agrícolas con pendientes mayores de 8 % requieren de esta práctica. La práctica no resulta atractiva para aquellos productores que tienen pequeñas parcelas pues el establecimiento de las cortinas rompeviento les reduce la superficie efectiva de cultivo.

Esta práctica consiste básicamente en:

- a) plantación con árboles de vivero en un área agrícola una franja de una anchura de 8 m; con 2 m espaciamento triangular (4 líneas de espaciamento de 1.73 m entre líneas), que son $50 \times 4 = 200$ árboles por 100 m de línea. Suponiendo un distanciamiento de 100 m entre las ejes de las líneas, serán también 200 árboles / ha de área agrícola protegido
- b) empastamiento simultáneo de esta área, si no está cubierta por algún material vegetativo (0.08 ha / ha agrícola protegido)

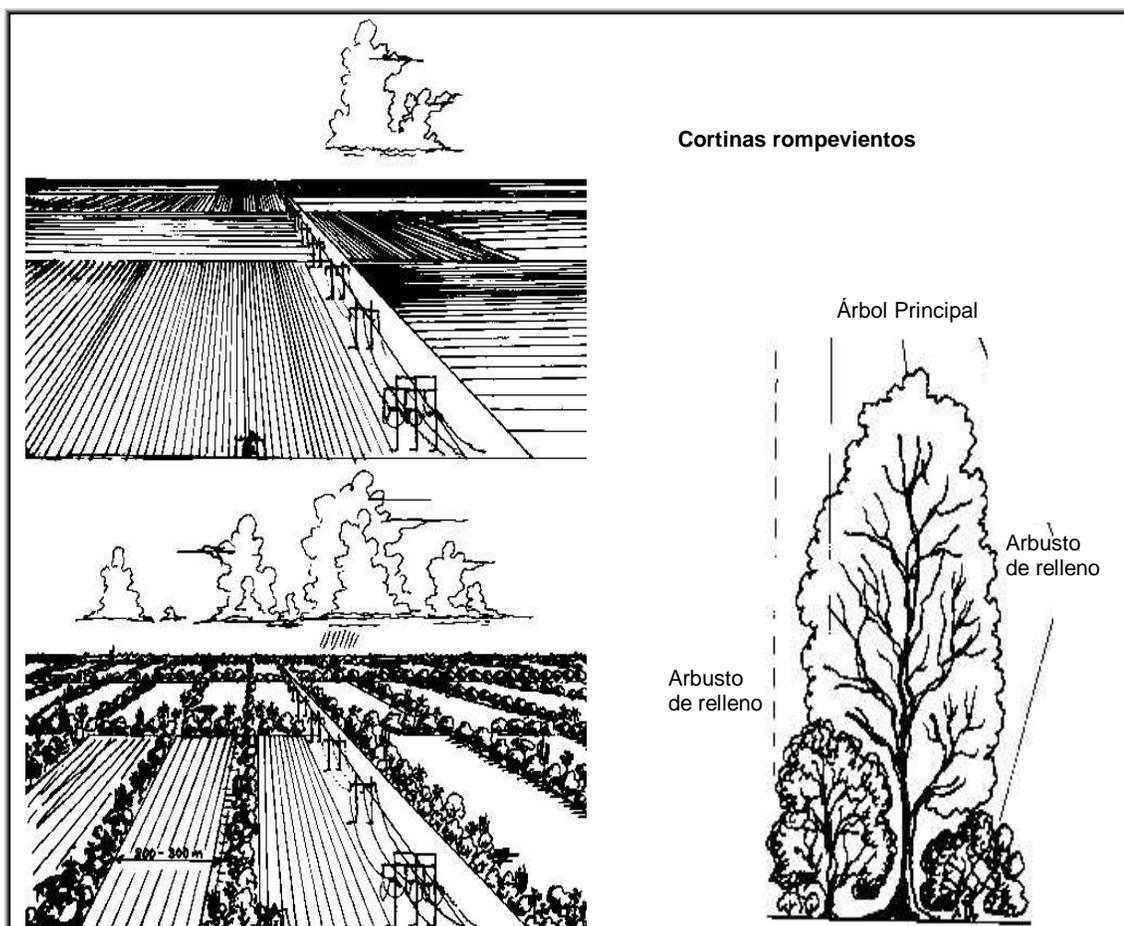


Figura (5.10). Cortinas rompevientos.

(12) Control integral de cárcavas [CCarc]

Incluye una secuencia de un conjunto de prácticas diferentes combinados entre si, para controlar el avance de una cárcava y suavizarla, minimizando un daño futuro mayor.

Por control de cárcavas se entiende la realización de acciones tendientes a detener el crecimiento de las mismas, reducir la erosividad de los escurrimientos y retener el azolve aportado por el área de drenaje, hasta lograr el relleno y/o la estabilización de los cauces. Esto se logra si se impide que la cárcava crezca, estabilizando sus paredes y su fondo.

El modelo propone además de actividades de reforestación y exclusión ganadera, acciones de ingeniería civil, como son: cabeceo, control de la erosión en taludes y fondo; empedrado, suavización de las laderas, empastados, obstaculizar y hacer más lentos los flujos de agua, zanjas de desvío de agua, presas de control de azolves etc. Cada cárcava tiene que ser tratada en forma individual, según sus características específicas edáficas y el entorno vegetativo y climatológico.

Suponiendo una cárcava de 1 m de profundidad, 1 m de anchura y 100 m longitud en un suelo de Andosoles y con pendiente de 30 %, en una ladera agrícola se requiere:

- a) suavizar las laderas y taludes en la cabeza de la cárcava
- b) empedrar cabeza de la cárcava (12 m²), de estos 3 m² con piedras grandes (en el fondo de la cárcava), que son en total 6 m³ de piedras
- c) efectuar 3 represas de piedras acomodadas en el fondo con 2 m² de piedras cada uno
- d) exclusión ganadera de 0.2 ha (cerca de 240 m de longitud)
- e) empastamiento en 0.2 ha
- f) construcción de zanja de desvío de 300 m longitud a pendiente de 5 %
- g) Empastamiento de recién construida zanja con su relleno específico 300m x 1 m = 300 m²