

## **PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION HIDRICA**

Nelba Gaete Castañeda, Ing. Agrónomo  
Centro Regional de Investigación Carillanca  
E-mail: [ngaete@carillanca.inia.cl](mailto:ngaete@carillanca.inia.cl)

Jorge Carrasco J. Ing. Agrónomo. Ph.D.  
Centro Regional de Investigación La Platina  
E-mail: [jcarrasc@platina.inia.cl](mailto:jcarrasc@platina.inia.cl)

### **INTRODUCCION**

Los procesos que provocan en forma real o potencial una disminución de la capacidad productiva del suelo se denominan procesos de degradación, siendo los más comunes la erosión hídrica, eólica, deterioro químico y físico. En Chile la degradación del suelo más importante es la erosión hídrica.

Estos procesos de degradación de los suelos, especialmente la erosión, tienen su raíz en factores económicos, sociales y culturales, traducidos en la sobre-explotación del recurso y en prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas, siendo su consecuencia más grave la pérdida de fertilidad, la reducción de los rendimientos y un empobrecimiento generalizado de los sistemas de producción agropecuaria.

A la fecha, se han realizado numerosos esfuerzos para detener la degradación de los suelos, sin embargo, son pocos los ejemplos donde este proceso realmente se ha reducido. Las causas de esta falla son numerosas, pero de acuerdo a muchos autores, la mayoría tiene su origen en programas no adaptados a los beneficiarios, donde existe una baja o nula participación de ellos en el proceso de planificación y ejecución de los trabajos; prácticas conservacionistas no adaptadas al entorno donde debían ser ejecutadas y carencia de una planificación integral en unidades fisiográficas definidas (microcuencas).

### **LA EROSION**

En la última década, en el mundo, el tema ambiental ha tomado una importancia predominante. Es objeto de permanente preocupación la contaminación de los ríos y lagos, contaminación atmosférica, problemas de deforestación, inundaciones causadas por los ríos, entre otros. Sin embargo, no se ha dado la misma importancia al problema generalizado de la erosión, principalmente a la necesidad de reducir las pérdidas de suelo y agua provocadas por el escurrimiento excesivo de las aguas de lluvia.

Entre las formas de degradación de los suelos en Chile, se reconoce que la erosión hídrica constituye desde el punto de vista ambiental y, probablemente en términos socioeconómicos, el problema de mayor relevancia en el sector silvoagropecuario. La distribución de las tierras erosionadas del país no es regular, siendo posible encontrar áreas con escasa erosión, así como sectores en los cuales las pérdidas físicas del suelo, como su capacidad productiva, son prácticamente irrecuperables.

Conforme al catastro de IREN, 1979, se relacionan la superficie afectada y la intensidad del proceso erosivo en cada una de las regiones del país. Las principales observaciones que se derivan del anexo en cuestión son las siguientes:

- Los problemas más importantes de degradación por erosión se encuentran en la entidad fisiográfica de la cordillera de la costa. Los factores edáficos, climáticos y antrópicos se han conjugado en este grado de erosión.
- Las entidades fisiográficas de precordillera y lomajes de la depresión intermedia o central, también presentan este fenómeno, en las que la intensidad de lluvias en el período de barbecho aparece como la causa dominante de esta degradación.
- Más del 75% de los suelos de secano, ya sea de aptitud agrícola, ganadera o forestal, están afectadas por procesos erosivos.
- En los ecosistemas áridos y semiáridos de la zona norte del país, donde la mayor parte de los suelos están erosionados en forma severa o moderados, se presentan niveles de cobertura vegetal entre 0-40%.
- Hacia la zona centro sur y sur del país, los suelos presentan una cobertura vegetal entre 41-80%. En éstas áreas, los niveles de erosión moderada y leve son los de mayor relevancia.

Para rehabilitar tierras muy degradadas se requiere un cambio en el uso de la tierra y la introducción de prácticas de manejo que generalmente son muy costosas para ser financiadas por el propio agricultor. Antes de iniciar obras de rehabilitación se debe efectuar un análisis económico de costo beneficio para asegurar su rentabilidad. Es preferible concentrar los esfuerzos en mantener y conservar las tierras productivas en vez de invertir en obras de rehabilitación de suelos que generalmente son de alto costo y baja rentabilidad.

## **EL SUELO Y SU IMPORTANCIA**

El suelo es la capa superficial de tierra donde se desarrollan las plantas. En él crecen todas las especies vegetales: los cultivos, las empastadas, los árboles y los arbustos. Es la fuente de nutrientes y agua, indispensables para el crecimiento de cualquier planta. Por lo tanto, la vida del hombre y de los animales depende de las plantas y ésta sería imposible si no existiera suelo.

El suelo es un recurso natural de vital importancia, que debe ser usado con especial cuidado porque es frágil y puede deteriorarse rápidamente.

### **Composición del suelo**

El suelo está formado por varios elementos, algunos son minerales (arcilla, limo, arena), piedras, aire, agua; otros son orgánicos (bacterias, lombrices, restos de plantas y animales, otros.). Todos estos elementos se combinan en diferentes proporciones permitiendo variar las características del suelo, haciéndolo más o menos permeable al agua, más o menos fértil, entre otros.

Dichos elementos no se hallan sueltos, pues se encuentran aglomerados en pequeños terrones, bajo un estado de agregación definida estructura. Un suelo estructurado favorece el crecimiento y desarrollo de las raíces, por lo tanto es más conveniente para los cultivos.

### **Textura del suelo**

Los materiales minerales del suelo (arcilla, limo y arena) provienen de las rocas pulverizadas progresivamente por acción del agua y del frío. Cada uno tiene su propia constitución mineralógica, y la proporción en que ellos se encuentren en un suelo definen la textura del mismo.

La arcilla se caracteriza por tener partículas muy finas, el limo medianas y la arena grandes. Estas tres clases de materiales se mezclan en diferentes proporciones y forman "terrones", partículas aglomeradas que conforman pequeñas "estructuras" de tierra. Generalmente los suelos adecuados para los cultivos son aquellos en que no predomina ninguno de los tres componentes, sin embargo, en la mayoría de los suelos predomina una u otra fracción.

Los suelos arenosos, conocidos también como livianos, son los que contienen mayor proporción de arena, no pueden retener mucha agua y, por lo tanto, se secan rápidamente. Las raíces de las plantas penetran con facilidad, pero no encuentran alimentos suficientes, salvo que estos suelos contengan abundante materia orgánica.

Los suelos arcillosos son aquellos que contienen mayor proporción de arcilla, existe poco espacio entre sus partículas ya que son mucho más pequeñas, y por lo tanto el agua, el aire y las raíces penetran con dificultad. Son clasificados como suelos pesados, porque son más duros de trabajar, pero suelen ser ricos en nutrientes.

Los suelos limosos poseen mayor proporción de limo. Sus cualidades de retención de agua, soltura y riqueza mineral, son intermedias entre las de los suelos arenosos y la de los arcillosos.

Los suelos francos son los que contienen proporciones similares de arena, limo y arcilla. Por lo general, son los mejores para el desarrollo de los cultivos.

### **La materia orgánica**

Además de los elementos minerales, aire, agua, entre otros, en el suelo hay restos de plantas muertas, fecas de animales y otros organismos, en diferente grado de descomposición, que reciben el nombre de materia orgánica. Para la vida del suelo es muy importante la materia orgánica, sin ella el suelo se vuelve más duro y las raíces tienen dificultad para crecer. Además la materia orgánica es muy rica en nutrientes que sirven de alimento a las plantas. También mejora la capacidad del suelo para retener el agua, ya que actúa como una esponja.

La materia orgánica del suelo es de color oscuro, por este motivo la capa superior de los suelos, que contiene mayor cantidad de restos de plantas descompuestas, suele ser de color café oscuro o negro. En los relictos naturales y bosques, que no han sido intervenidos por el hombre, se encuentran suelos casi negros por su cantidad de materia orgánica. Un suelo será bueno para la agricultura si tiene suficiente cantidad de materia orgánica.

### **Los seres vivos**

En el suelo viven lombrices, larvas de insectos, plantas diminutas, otros, también, una infinidad de microorganismos que no podemos ver porque son muy pequeños. Estos organismos vivos descomponen la materia orgánica para que pueda ser aprovechada por las plantas. Esto sucede, por ejemplo, con el estiércol que no sirve directamente a la planta ya que sus raíces no pueden absorberlo, pero luego de un tiempo, los microorganismos del suelo se alimentan del guano y lo descomponen en elementos que son fácilmente asimilados por las plantas.

## **EL DETERIORO DEL SUELO: EMPOBRECIMIENTO Y EROSION**

El suelo no permanece idéntico, está cambiando permanente. En forma similar a los seres vivos, el suelo nace, se desarrolla, puede deteriorarse y desaparecer sino se maneja en forma adecuada.

La erosión de los suelos es un proceso que puede ser ocasionado por el agua, viento o hielo. Existen factores naturales que potencian esta situación, como es el caso de la topografía de lomajes, cerros y montañas que se extiende por la mayor parte de nuestro territorio. Sin embargo, el hombre ha contribuido antiguamente y en la actualidad, a acelerar los procesos erosivos naturales. Las principales causas antrópicas de la erosión son:

- la deforestación
- el mal uso de la capacidad del suelo
- el sobrepastoreo
- la sobre-explotación de la vegetación natural para uso doméstico
- Las prácticas inadecuadas de manejo de suelos

En el caso específico de la IX Región, el agente erosivo más importante es el agua, que se presenta en formas variadas, desde el lavado superficial del suelo (llamado erosión de manto o laminar), pasando por la erosión de zanja, hasta la formación de profundas cárcavas. Por lo tanto, la orientación fundamental de esta capacitación será conocer la mecánica de la erosión provocada por este elemento, los factores que la condicionan y algunas técnicas que permiten atenuar el proceso.

## **FORMAS DE EROSION POR EFECTO DEL AGUA**

La erosión del suelo es definida como un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por efecto de agentes erosivos. El impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo, que provoca la desagregación de las partículas primarias (limo, arcilla y arena) y, la posterior acción del escurrimiento superficial, son los agentes erosivos dinámicos en el caso de la erosión hídrica.

Como consecuencia de la desagregación de las partículas del suelo, se produce un sello superficial que disminuye la capacidad de infiltración del suelo. En el momento que la precipitación pasa a ser mayor que la tasa de infiltración de agua en el perfil del suelo, se produce el escurrimiento superficial del agua que no infiltra. El resultado de este fenómeno puede ser observado después de una fuerte lluvia, cuando el agua que escurre sobre las laderas y en las quebradas es de

color café oscuro. De manera paulatina este fenómeno lava el suelo de su capa superficial y reduce su fertilidad, hasta que procesos graves de erosión provocan que la roca madre quede totalmente desnuda.

La erosión hídrica según Peralta (1993), puede manifestarse de diversas formas: de manto, de fertilidad, de encharcamiento, de zanjas y de sedimentación.

**Erosión de manto:** Denominada también erosión laminar. Es un modo uniforme de erosión, producido porque las gotas de lluvia al golpear el suelo actúan en forma pareja removiendo una capa delgada del suelo superficial, que posteriormente es transportada por la escorrentía.

Es un proceso erosivo difícil de detectar en sus primeras etapas y característico en los sectores altos de las laderas.

**Erosión de zanjas:** Se produce cuando el agua de lluvia que no pudo infiltrarse en el suelo se desplaza por la ladera adquiriendo velocidad. Cuando este proceso es reiterado aumenta la cantidad de sedimentos en suspensión y por ende su capacidad abrasiva. Este fenómeno es más intensivo en las partes bajas de la pendiente, ya que ahí se conjugan el mayor grado de velocidad y carga de sedimentos que contiene el escurrimiento, provocando que el suelo se socave con mayor rapidez en estos sectores.

**Erosión de fertilidad:** El impacto de la gota sobre el suelo por lo general provoca el desplazamiento de partículas inferior a los 2 milímetros, y que corresponden a la fracción fina del suelo (arcilla, limo y materia orgánica).

La pérdida de esta fracción fina o complejo coloidal implica una pérdida de calidad del suelo, debido a que en éstas se concentran las propiedades de intercambio catiónico, responsable de la fertilidad del suelo; su vida microbiana; retención de humedad, entre otros.

**Erosión de encharcamiento:** El golpe de la gota de lluvia destruye los agregados, compactando la superficie del suelo. Las partículas finas en suspensión van provocando un llenado de los poros y canalículos del suelo, lo que provoca una disminución paulatina de la infiltración y de la permeabilidad.

Si el suelo tiene pendiente, el agua escurre por la ladera. Si por el contrario, el suelo es plano, se producen encharcamientos superficiales que al secarse se encostran.

**Erosión de sedimentación:** Producida cuando los materiales transportados por el escurrimiento en un tiempo variable son depositados en las partes bajas. Este problema afecta a las tierras de cultivo, acequias, canales de riego, embalses, entre otros.

## LOS FACTORES DE LA EROSION

La erosión de los suelos depende de la interacción de varios factores:

**La pendiente o inclinación del terreno:** Cuanto mayor sea la inclinación de un terreno, mayor susceptibilidad a la erosión.

**La longitud de la pendiente:** La erosión es mayor en las laderas de gran dimensión, y en especial cuando no tienen interrupción de su pendiente ya sea por picas, cortinas vegetales, o cualquier otra barrera que impida el escurrimiento del agua.

**La intensidad de las lluvias y su frecuencia:** Cuanto más intensas y frecuentes sean las lluvias de un determinado lugar, mayor será la cantidad de suelo que éstas pueden arrastrar.

**La densidad de la cubierta vegetal:** A mayor densidad de la cubierta vegetal, el suelo estará más protegido y por ende habrá menor riesgo de erosión.

**El tipo de suelo:** La susceptibilidad de los suelos a la erosión varía en función de su constitución. Suelos arenosos son más susceptibles a la erosión que aquellos arcillosos o que contienen mucha materia orgánica. Esto se explica porque, los dos últimos tipos de suelo, forman estructuras que tienen mayor grado de cohesión y resisten mejor el impacto de las gotas de lluvia.

**El estado del suelo:** Un suelo mullido es más sensible a la erosión que otro conformado por grandes terrones. Mientras más mullido se encuentra el suelo, el agua arrastra más fácilmente sus partículas.

## ESTRATEGIAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Los objetivos de una buena estrategia de conservación de suelos y agua deben apuntar principalmente a:

- Controlar la erosión en los predios de la cuenca reduciendo el escurrimiento superficial, mediante el aumento de la cobertura vegetal, aumento de la infiltración o reducción de la pendiente.
- Aumentar la productividad agrícola y pecuaria en áreas de mayor aptitud de uso para permitir que el agricultor pueda forestar los sectores de mayor riesgo de erosión sin reducir la producción de alimentos del predio.
- Ofrecer al agricultor un sistema productivo sostenido.
- Incentivar el uso de prácticas conservacionistas sencillas y de bajo costo que además permitan mejorar la productividad del suelo.
- Participación activa de los agricultores.

Para alcanzar estos objetivos, en la actualidad existe un enfoque integrador de manejo y conservación de suelos y aguas, que tiene como estrategia técnica el uso de prácticas orientadas hacia:

**El aumento de la cobertura vegetal de los suelos** (incluyendo rastrojos y residuos) durante todo el año, para protegerlos del impacto de las lluvias.

La cobertura de suelo puede lograrse mediante la elección de cultivos con una arquitectura y desarrollo de rápido cubrimiento. Otra posibilidad es el uso de árboles, arbustos, malezas, rastrojos o pajas y cualquier cultivo herbáceo, arbustivo o leñoso.

El mejoramiento de la cobertura vegetal también puede lograrse aumentando la producción de biomasa de los cultivos, a través de un uso adecuado de fertilizantes, enmiendas y los componentes de la producción en general (época de siembra, densidad de plantas, otros.).

La cero labranza es una tecnología que permite establecer los cultivos con una mínima remoción del suelo y manteniendo rastrojos sobre la superficie del mismo.

**Mejorar la estructura y el drenaje de los suelos**, a fin de favorecer la infiltración del agua y la conservación de la humedad en el suelo.

Un suelo que contiene mucha materia orgánica absorbe con mayor facilidad el agua, evitando que escurra sobre su superficie. Cualquier práctica que enriquezca el suelo con materia orgánica ayuda a disminuir los riesgos de erosión.

La labranza vertical con arado cincel o subsolador, y la cero labranza, también mejoran notablemente la infiltración. El arado cincel y subsolador, al no invertir el suelo y provocar un "resquebrajamiento" del perfil a la profundidad de trabajo, permite romper napas de subsuelo compactado, favoreciendo de esta forma la infiltración del agua. Al favorecer la penetración del agua en el suelo, aumenta también sus reservas de agua, asegurando su mejor aprovechamiento para los cultivos.

En algunos casos muy particulares no es recomendable aumentar la infiltración de agua, porque podría causar deslizamientos masivos del suelo. Es el caso de algunos suelos muy superficiales o que tienen una capa impermeable.

**Control del escurrimiento superficial.** Reduce los daños de erosión por transporte de partículas en la cuenca hidrográfica y evita la sedimentación de otros terrenos, manantiales, obras de riego, ríos, entre otros.

En los terrenos en pendiente se suele establecer obstáculos o barreras al escurrimiento del agua de lluvias. Esto se hace con la finalidad de mejorar su infiltración y evitar que arrastre partículas de suelo. Algunas de estas practicas son: surcos o zanjas de infiltración, pircas o paredes de piedra, terrazas o andenes y barreras vivas.

En la mayoría de los casos, para lograr un buen efecto es necesario aplicar más de una práctica a la vez. Siempre es recomendable combinar dos a más prácticas, ya que una sola no asegura el éxito en el control de la erosión.

## **SELECCION DE PRACTICAS CONSERVACIONISTAS**

La selección de una práctica conservacionista para una propiedad o grupo de éstas, con una determinada situación, es de fundamental importancia. Su introducción al sistema productivo del agricultor va a depender del tipo de suelo, nivel tecnológico requerido, tamaño de la propiedad, nivel de inversión requerida y clima. De acuerdo a lo anterior, para aplicar cualquier técnica de conservación de suelos se deben tomar en consideración los siguientes elementos:

- **Análisis de la relación costo-eficacia.** A veces se pretende aplicar una sola medida de conservación de suelos o medidas mal planificadas de bajo costo, sin considerar cuidadosamente las condiciones de pendiente y suelo del área a conservar, ni condiciones ambientales como intensidad y frecuencia de precipitaciones. El uso de medidas ineficaces implica pérdida de tiempo y dinero, por lo tanto, el costo y la eficacia deben ponderarse meticulosamente al momento de planificar un proyecto de prácticas de control de erosión.
- **Nivel de participación.** Si se trata de hacer eficaz un proyecto de conservación de suelos, es fundamental que el técnico con el agricultor, o con un grupo de ellos, estudien las alternativas de técnicas de control de erosión, para que en conjunto elijan las más convenientes en función de sus intereses, capacidad de uso del suelo y uso actual y futuro del mismo. En el caso de pequeños agricultores, si se trata de una familia campesina que dispone de mucha mano de obra, puede considerar el adoptar una práctica de conservación intensiva. Por el contrario, si se trata de un agricultor en edad avanzada, con escasa familia viviendo en su propiedad, puede optar por usar prácticas que involucren el uso de cultivos semipermanentes o forestales.

- Control de la escorrentía. Es inevitable que el agua escurra pendiente abajo por la superficie de un terreno, particularmente en zonas de altas precipitaciones, donde suele concentrarse en los lugares bajos y la velocidad de ella aumenta a medida que la pendiente se hace más fuerte. Si no se adoptan medidas de control eficaces, pronto comenzarán a formarse surcos y cárcavas. Por lo tanto, la práctica de conservación a adoptarse, debe considerar hacer énfasis en la reducción de la velocidad, desvío y evacuación del agua de escorrentía.
- Enfoque de manejo Integrado. Cualquier práctica de control de la erosión, sea ésta de acondicionamiento de suelos, agronómicas o estructurales, debe estar inserta dentro de un manejo integrado del sistema de explotación agrícola. Además, en una concepción más amplia, dado que la distribución y el manejo del excedente de agua de lluvias tienen un ámbito geográfico bien definido, que es la microcuenca, las acciones de conservación de suelo deben considerar un trabajo conjunto e integrado en toda el área de la microcuenca.
- Establecer sistemas de producción sustentables. La conservación de suelos no debe buscar solamente controlar la erosión, sino que debe entenderse como un medio para conseguir una producción agrícola rentable y sostenida, porque en caso contrario, el agricultor no se interesará por ella. Por lo tanto, las técnicas de conservación deben estar insertas dentro de una función de producción que favorezca al agricultor y haga rentable su negocio agrícola.

## TIPOS DE PRACTICAS CONSERVACIONISTAS

En un enfoque integrador de manejo y conservación de suelos y aguas, que posee como estrategia técnica el uso de prácticas que tengan como fin aumentar la cobertura vegetal del suelo, mejorar la infiltración en el perfil del mismo y controlar el escurrimiento superficial, necesariamente debe contemplar y combinar los siguientes tipos de prácticas conservacionistas:

**Estructuras físicas;** reducen los daños de la erosión por transporte, controlan el escurrimiento superficial, regulan el régimen hídrico en la cuenca hidrográfica y evitan la sedimentación de los manantiales. Ejemplos: barreras vivas, zanjas de infiltración, canales de desviación, control de cárcavas, adecuación de caminos, manejo de empastadas con cerco eléctrico, otros.

**Prácticas de preparación de suelos;** se refiere al mejoramiento de las labores de preparación de suelo. Su principal finalidad es aumentar la infiltración de agua en el perfil del suelo y reducir el escurrimiento superficial. Ejemplos: uso de arado subsolador y cincel, cultivo mínimo, preparación del suelo a nivel, uso adecuado de enmiendas y fertilizantes, otros.

**Prácticas agronómicas**, apuntan a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, a través del aumento de la cobertura del suelo, ya sea con cultivos o residuos que permitan reducir el daño provocado por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial. Ejemplos: Rotación de cultivos, uso de abono verde, forestación, asociación de cultivos, población adecuada de plantas, cultivos en fajas, cortinas cortavientos, uso de compost, otros.

**Prácticas de siembra directa**, se caracterizan por la menor intensidad de movilización del suelo, reduciendo la exposición de éste a la acción erosiva de las lluvias, mejorando la disponibilidad de agua en el perfil del suelo y reduciendo la escorrentía superficial. Pueden realizarse con tracción animal o mecánica. Ejemplos: siembra directa con tracción mecánica o animal, siembra directa manual con matraca.

La selección de una práctica conservacionista apropiada para una cierta situación es de fundamental importancia. No pueden ser copiadas sin considerar la situación en que fueron desarrolladas.

Para introducir una práctica conservacionista se debe realizar una evaluación de las limitaciones que esta tiene de acuerdo al tipo de suelo, nivel tecnológico requerido, tamaño del predio, inversión requerida y clima.

## **DESCRIPCION DE PRACTICAS CONSERVACIONISTAS MAS UTILIZADAS**

### **Barreras vivas**

Son barreras de plantas perennes (árboles o arbustos), establecidas en las laderas en forma transversal a la pendiente del terreno y que tienen la finalidad de reducir la velocidad del agua que corre sobre la superficie de él y, asimismo, captar y retener la tierra transportada por el agua.

La distancia entre las barreras vivas va a depender del tipo de suelo, la pendiente, el tipo de cultivo a establecer y el régimen de lluvias. Cuanto mayor sea la pendiente, menor la profundidad del suelo, y mayor la intensidad de las lluvias, menor debe ser la distancia entre las barreras.

Tabla 1. Distancias entre las barreras vivas según la pendiente

Porcentaje de pendiente	Distancia entre curvas
2 %	30 m
5 %	28 m
8 %	24 m
10 %	20 m
14 %	18 m
16 %	16 m
20 %	14 m
25 %	12 m
30 %	10 m
35 %	8 m
40 %	6 m
45 %	4 m

Fuente: Elaboración propia

Una vez definida la pendiente promedio del terreno, se determina la distancia que debe haber entre las barreras y se marcan las curvas a nivel donde se establecerán las plantas.

La construcción de la curva a nivel debe ser hecha preferentemente con arado de tracción animal, de modo de obtener un trabajo más homogéneo. También es posible realizar la construcción manual, excavando una zanja de 40 centímetros de profundidad y de 50 a 60 centímetros de ancho.

Al elegir las plantas es fundamental observar si existen barreras vivas en la zona y el tipo de plantas que las componen, puesto que es importante seleccionar las de mejor adaptación al clima y suelo del lugar. Deben ser perennes, de fácil propagación, con abundante follaje, ramificaciones que se inicien bajo el suelo inmediato o lo más cerca posible de él, con un sistema radicular profundo y denso, que no sean plantas invasoras (con riesgo de transformarse en malezas), que soporten podas frecuentes y rigurosas, preferentemente leguminosas y si son destinadas a alimentación animal, deben producir buena cantidad de biomasa y ser palatables.

Una alternativa es el Tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*), arbusto forrajero leguminoso de hoja persistente, originario de las Islas Canarias e introducido en Chile por INIA. También, como una forma de crear barreras vivas, se debe considerar el establecimiento de especies forestales introducidas o autóctonas de la zona, como también especies frutícolas. La barrera no necesariamente debe constituirse de una sola especie, al contrario es preferible plantar distintas especies, unas junto a las otras. En lo posible se debe utilizar plantas de viveros o producidas por el propio agricultor.

Para que las barreras se desarrollen rápidamente es importante regar las plantas después de trasplantadas, tantas veces sea necesario hasta su perfecto prendimiento; desmalezar alrededor del tronco para evitar la competencia por agua y nutrientes; evitar que los animales hagan daño cuando las plantas aún están pequeñas y frágiles; podar periódicamente los árboles para prevenir su excesivo crecimiento y desarrollo, lo que evita que invadan el terreno y produzcan sombra en caso que se quiera establecer un cultivo en sus proximidades.

### Zanjas de infiltración

Son acequias excavadas en curvas a nivel, es decir, en forma transversal a la pendiente del terreno. Cumplen la función de interceptar el escurrimiento del agua y favorecer su infiltración en el suelo, además almacenan temporalmente el agua aumentando la disponibilidad para las plantas.

Su uso es recomendable en lugares donde llueva en forma moderada, en las partes altas de laderas con fuerte pendiente y sectores donde no se produzcan anegamientos. No deben construirse en suelos delgados ni propensos a deslizamientos.

La zanja de infiltración se construye sobre la curva a nivel previamente trazada y con ayuda del arado, se abren surcos con un ancho de la parte superior de 60 centímetros y la parte inferior de 40 centímetros y una profundidad de 40 centímetros; la tierra extraída es colocada en el borde inferior de la zanja formando un camellón. Es recomendable interrumpir la zanja con pequeños tabiques o espacios sin excavar, de unos 15 centímetros, para homogeneizar la infiltración del agua y, en el caso que la zanja tenga una ligera inclinación, se evita que el agua corra, se acumule y se desborde con una lluvia intensa.

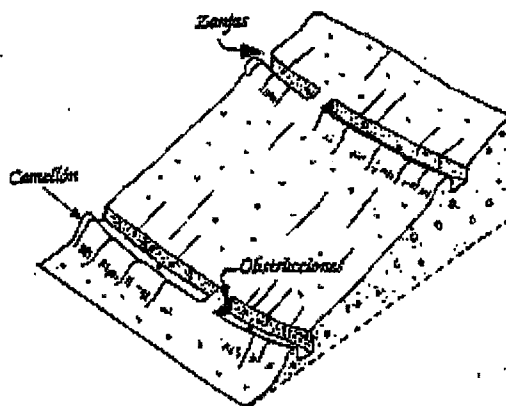


Figura 1. Zanjas de infiltración

A unos 20 centímetros del borde superior de la zanja y a lo largo de ella se plantan arbustos (barrera viva) o especies forrajeras permanentes, para que actúen como filtro del agua de escurrimiento, reteniendo el suelo y evitando que se deposite en la zanja. En el borde inferior (camellón), se pueden plantar árboles nativos de la zona, los que ayudarán a fijar el suelo. También es posible ubicar árboles de uso frutal, con el objeto de crear cubierta vegetal y aprovechar el agua infiltrada por las zanjas, lo que permitirá el desarrollo de estas especies. Las características de las especies más adecuadas a utilizar son las mismas que para las barreras vivas.

Para asegurar la eficiencia de las zanjas por mucho tiempo, se debe evitar el paso del ganado, sobre todo cuando las plantas son pequeñas; limpiar la zanja en épocas secas, dado que si permanecen con piedras, tierra o plantas, en el invierno corren el riesgo de desbordarse y causar daño al suelo. Además, se debe seguir los cuidados de las plantas protectoras recomendados en las barreras vivas.

### **Canales de desviación**

Es una estructura construida en sentido contrario a la pendiente y con un pequeño declive, que permite transportar el agua proveniente de sectores altos y evacuarla a baja velocidad hacia sectores protegidos o de baja pendiente.

El canal de desviación debe tener la capacidad para recibir el máximo de escurrimiento esperado de las precipitaciones. La pendiente debe ser elegida de acuerdo al lugar donde es construido y a los requerimientos de capacidad considerando la velocidad permisible del agua. En general se recomienda que el canal no supere el 3 por mil de pendiente.

Esta estructura es usada para diferentes propósitos. Por ejemplo: para desviar el escurrimiento en la cabecera de una cárcava, impidiendo el progreso de la erosión; para reducir la longitud de la pendiente, como práctica suplementaria en terrenos con cultivos en fajas; para desviar los excesos de aguas en las proximidades de construcciones rurales y caminos.

Cuando el canal de desviación tiene como propósito desviar el agua de la cabecera de una cárcava, debe construirse a una distancia de la cabecera tres veces superior a la profundidad de la misma, a fin de proteger el terreno consolidado y evitar nuevos desmoronamientos. Si una cárcava tiene una profundidad de tres metros, el canal debe construirse a 9 metros de su cabecera.

## Cultivos en fajas

Consiste en sembrar en forma alternada, fajas de diferentes cultivos en curvas a nivel. El largo de las fajas debe estimarse considerando la pendiente del terreno, el tipo de suelo y el cultivo específico.

El efecto del cultivo en fajas sobre el control de la erosión se basa en tres principios:

- Las diferentes densidades de los cultivos utilizados
- La división de las áreas con pendiente
- La disposición de las plantas en contorno

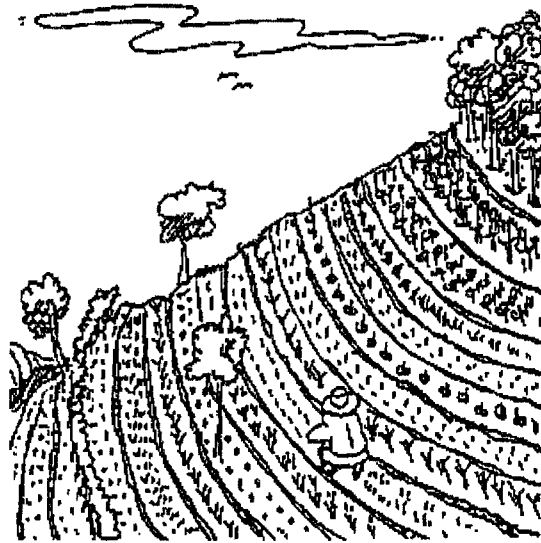


Figura 2. Cultivos en fajas

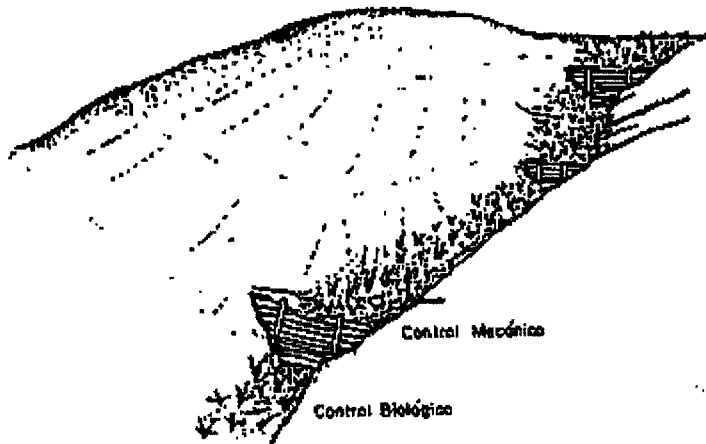
El sistema de cultivos en fajas ofrece todas las ventajas del cultivo en contorno y de la rotación de cultivos, y una protección adicional a través de las fajas de cultivos más densos, que disminuyen la velocidad y el volumen de agua que escurre de los cultivos más abiertos.

## Control de cárcavas

La cárcava es un tipo de erosión localizada, en forma de surco o zanja, cuya dimensión puede variar desde poca consideración hasta el tamaño de un barranco, con longitudes y profundidades considerables.

Las cárcavas son originadas y localizadas en condiciones muy diversas, pero su control obedece a algunos principios generales que se pueden aplicar en casi todas las situaciones, y que se detallan a continuación:

- Aislamiento de la cárcava: se debe impedir la entrada del cauce de agua en la cárcava. Para esto es necesario adoptar medidas de manejo de la cuenca, por ejemplo: adecuar caminos, establecer un correcto manejo de los suelos con producción agrícola y de toda la cuenca.
- Estabilización de la quebrada: se recomienda estabilizarla cuando no es técnica o económicamente viable su recuperación, aislándola con cercos y estableciendo vegetación en el talud.
- Estructuras físicas: Su objetivo es reducir la longitud y la pendiente del talud. Algunos materiales utilizados son piedras, tronco de arboles, sacos rellenos de arena, otros.



**Figura 3. Protección de cárcavas**

Para el repoblamiento de la ladera se recomienda sembrar alguna especie forrajera, plantar árboles y arbustos que desarrollen un sistema denso de raíces y favorecer el crecimiento de la vegetación herbácea y arbustiva propia del lugar, son dos medidas importantes para evitar que las cárcavas sigan desarrollándose.

El repoblamiento con vegetación se hace tanto en los bordes como en los suelos aguas arriba de la cárcava. Cerca del borde se recomienda plantar árboles o arbustos de pequeño tamaño, para evitar desmoronamientos del suelo por el peso que éstos pudieran ejercer. La cabecera de la cárcava debe repoblarse densamente, pues la erosión siempre es más intensa en la parte superior.

Es importante cercar el área erosionada para evitar el ingreso de animales que puedan dañar la plantación e impedir la regeneración de la vegetación natural. Como este proceso es lento, se necesitan varios años de vigilancia permanente por parte de los interesados.

### **Mínima Labranza**

La mayoría de los agricultores realiza excesivas labores de preparación de suelos utilizando el arado de vertedera, exponiendo el suelo a la acción erosiva de las lluvias por largos periodos. En la actualidad se considera apropiado preparar el suelo, sólo lo necesario para reducir las malezas y proporcionar las condiciones adecuadas para el crecimiento del cultivo.

Con este objetivo se desarrolló el arado cincel, herramienta que realiza una labor primaria de suelo, identificada como labranza vertical, cuya característica es soltar el suelo sin invertir ni mezclar las distintas capas del perfil.

Este sistema permite una mejor protección de la superficie del suelo contra la erosión, dado que el rastrojo queda cerca o en la superficie, se evita la formación de una estrata impermeable pie de arado y se mejora la infiltración del agua en el perfil.

### **Arado cincel de tracción animal**

El arado cincel realiza la labor en forma vertical, sin invertir el suelo y permite trabajar con residuos sobre la superficie del suelo. Dispone de 3 a 5 vibrocultivadores, especialmente proyectados para vibrar y romper la resistencia del suelo durante el deslizamiento, logrando soltarlo. Un equipo de tres cinceles tiene un ancho de trabajo de 30 centímetros y 5 cinceles de 50 centímetros.

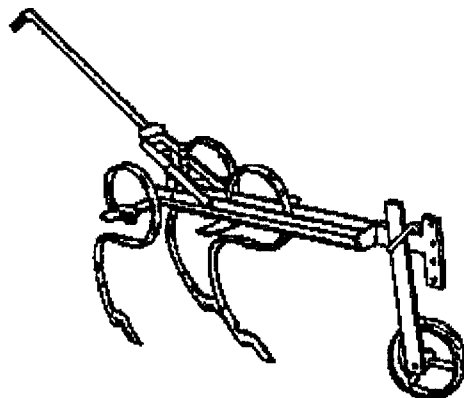


Figura 4. Arado cincel de tracción animal

El uso de este implemento tiene los siguientes efectos benéficos sobre el suelo:

- Reduce la compactación superficial
- Mejora la protección del suelo dejando residuos en la superficie
- Mejora la infiltración

La capacidad de trabajo del equipo permite eliminar la práctica de barbecho y dada la rapidez de la labor, es posible romper el suelo y sembrar el mismo año. Mediciones realizadas por INIA Quilamapu (1993), señalan que un equipo trabajando a 12 centímetros de profundidad, con un ancho de trabajo de 46,7 centímetros requiere una necesidad de tiro de 136 kilogramos, lo que puede ser realizado con una pareja de animales.

La labor de suelo con el arado cincel debe desarrollarse en forma perpendicular a la pendiente, la segunda pasada se debe desviar en un ángulo de 30° respecto de la primera.

### **Arado subsolador de tracción animal**

La mayoría de los pequeños agricultores utilizan el arado de vertedera para la preparación de suelo, práctica que trae consecuencias negativas principalmente porque invierte el suelo exponiéndolo a la erosión y compacta la base del suelo por donde se desliza formando una estrata denominada "pie de arado".

Para eliminar esta compactación ubicada entre 15 y 20 centímetros de profundidad, se utiliza el arado subsolador de tiro animal, el cual puede trabajar a 20 centímetros de profundidad, con un requerimiento de tracción promedio de 200 kilogramos de tiro, demanda que puede ser cubierta por una yunta de bueyes. Se recomienda pasar cada 30 centímetros de ancho, requiriéndose aproximadamente 17 horas de trabajo para subsolar una hectárea.

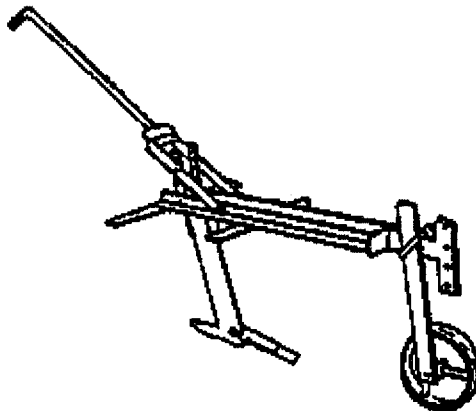


Figura 5. Arado subsolador de tracción animal

El uso de arado subsolador tiene por objetivo mejorar las condiciones de infiltración del suelo, sin invertirlo.

Para realizar un trabajo eficiente de subsolación, se requiere una humedad adecuada de suelo y detectar la profundidad de la estrata compacta, con el objeto de adecuar la profundidad de trabajo del implemento. En general se recomienda realizar esta labor con las primeras lluvias del otoño o al final del invierno, cuando el suelo no esté excesivamente húmedo.

### **Cero labranza**

La siembra con cero labranza constituye una alternativa entre las más eficientes para el control de la erosión hídrica. Estudios realizados por INIA Carillanca en el secano costero de la IX Región demuestran que el uso de esta técnica reduce, hasta en un 90 %, las pérdidas de suelo respecto de la labranza convencional.

La siembra directa o cero labranza permite depositar la semilla directamente en los surcos hechos por la máquina, sin previa preparación del suelo. Esta técnica de siembra exige cambios profundos en el sistema de producción del agricultor, sin embargo, es una alternativa promisoriosa para la protección del suelo frente a la erosión. Las ventajas de la cero labranza en la agricultura campesina son: la reducción del esfuerzo físico del agricultor, de los animales y del tiempo gastado en la preparación del suelo; la reducción de la erosión y el mantenimiento de la humedad del suelo.

En la actualidad, INIA Carillanca lleva adelante un proyecto de capacitación en técnicas de conservación de suelo, en la comuna de Carahue, donde la cero labranza ha sido la tecnología de mayor aceptación por parte de los agricultores.

La máquina utilizada corresponde a una sembradora de flujo continuo, con un sistema abridor de surco tipo cincel, que permite romper el suelo con un menor requerimiento de potencia en comparación con otros sistemas abridores. Una zapata especial deposita la semilla junto con el abono en el surco abierto por el cincel. Se han observado buenos establecimientos en trigo, cebada, avena y arveja. La capacidad efectiva de trabajo, en el caso de trigo, es de aproximadamente 1,6 ha/día

Los factores que han limitado una adopción masiva de la cero labranza han sido la necesaria inversión que requiere hacer el agricultor para la adquisición de la maquinaria y la falta de acceso a recursos que permitan que éste pueda comprarla.

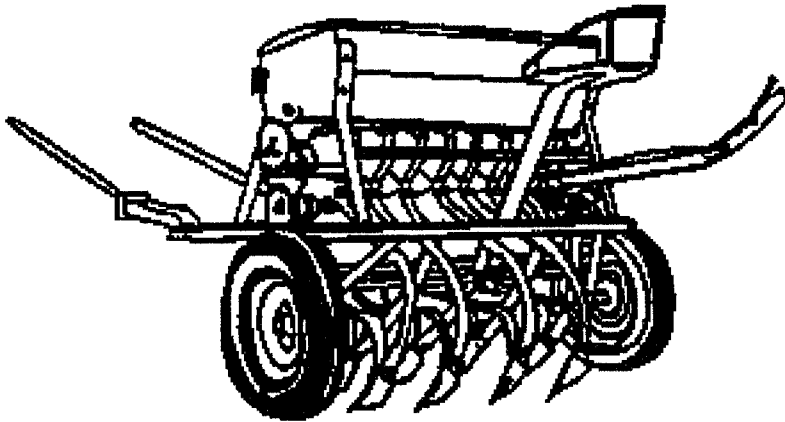


Figura 6. Máquina cero labranza para tracción animal

Para comenzar el sistema de cero labranza se requiere tener en consideración algunas recomendaciones:

- Evitar cultivar en suelos con estratas compactadas, éstas son posibles de romper con un arado subsolador.
- No quemar los residuos de cultivos anteriores.
- Mejorar la fertilidad del suelo
- Comenzar con pequeñas experiencias.

El sistema de cero labranza involucra un fuerte cambio en los métodos convencionales de cultivo y es deseable que el pequeño agricultor comience con una pequeña área hasta dominar totalmente el sistema.

Una de las complicaciones para establecer cultivos con cero labranza son los residuos de cultivos anteriores, los cinceles los acumulan y arrastran impidiendo la operación de la máquina. En el proyecto de capacitación de Carahue, la alternativa más efectiva consiste en cortar la paja, hilerarla con una rastra de mallas (fabricada por Otto Schuster) y acordonarla en fajas a lo largo del potrero. Otra alternativa sería enfardar los cordones de paja. Retirar el 50% del rastrojo significa trabajar con un residuo de alrededor de 2.500 a 3.000 kg de M.S./ha, cantidad con la cual esta máquina permite realizar establecimientos exitosos.

Otro problema importante es el daño causado por pájaros y babosas, ambos están directamente asociados a la presencia de residuos. En la medida que exista una mayor cantidad de residuos o que estén aun verdes, aumenta el porcentaje de semilla destapada y el daño causado por pájaros.

## Curvas a nivel

Las curvas a nivel pueden ser consideradas una práctica básica en el manejo y conservación de suelos y agua. Para construir terrazas, surcos en contorno, zanjas de infiltración, barreras vivas, surcos de infiltración, siembras con cero labranza, uso de subsolador, arado cincel, entre otros. Se requiere tener como guía el trazado de la curva a nivel, que permitirá efectuar las labores en forma perpendicular a la pendiente.

Las curvas a nivel se trazan en forma transversal a la pendiente del terreno, iniciando el trabajo desde la parte más alta. La forma más rápida de delinearlas es con un nivel topográfico o un inclinómetro, pero en el caso de no disponer de esta tecnología son útiles los niveles tipo "A" y el de "caballete".

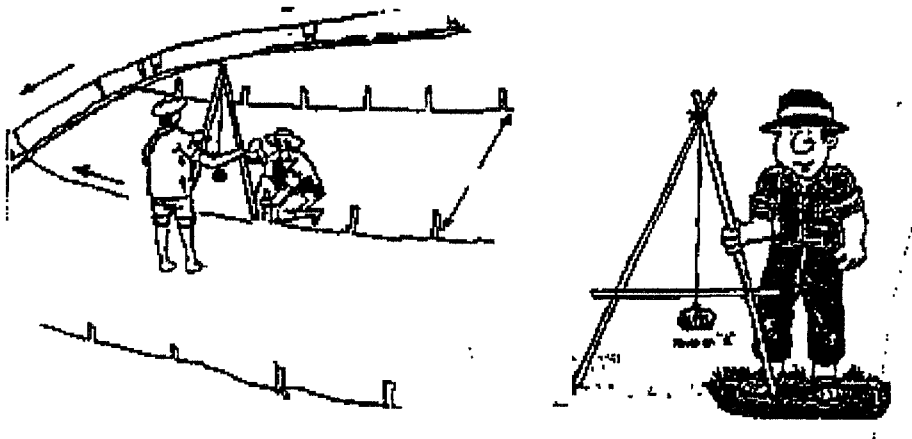


Figura 7. Curvas a nivel y nivel en "A"

En conservación de suelo, dependiendo de los objetivos (cultivo y/o forestal), la pluviometría y el tipo de estructura (barrera viva, zanja u otras), se recomiendan dos tipos de curvas a nivel:

- En un suelo agrícola con pendiente inferior al 15%, para establecer un cultivo con manejo entre hileras (lentejas, habas, arvejas, garbanzos, chícharos, papas), el trazado de la curva de nivel debe ser con pendiente de un 0 por ciento, es decir todos los puntos de la curva tienen la misma cota o altura topográfica. La curva con pendiente "0", en el caso de los pequeños agricultores, se puede construir con un nivel tipo "A".

- En regiones lluviosas es conveniente dar a las curvas a nivel una ligera inclinación transversal, con una pendiente no mayor a un 3 por mil, es decir, por cada 1.000 metros de distancia, debe haber un desnivel de 3 metros entre un extremo y el otro de la curva. Con ello se facilita el desagüe lento evitando que el agua se encharque. Esta curva se puede trazar con un nivel de "caballete", para establecer surcos en contorno, barreras vivas, zanjas, otros.

## LITERATURA CONSULTADA

- BRAGAGNOLO, N. (ed.) 1995. Manual integrado de prácticas conservacionistas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Documento de campo N° 10. 128 p.
- BRAGAGNOLO, N., AGO, H. Y KESSLER, A. (eds.) 1995. Guía de manejo y conservación de suelos y aguas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Documento de campo N° 9. 114 p.
- CARRASCO, J. y VALENZUELA, J. 1994. Obras para la conservación de suelos. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu (61): 31-36.
- FAO. 1994. Erosión de suelos en América Latina: Suelos y Aguas. Basado en los trabajos presentados en el Taller sobre la utilización de un sistema de información geográfica (GIS) en la evaluación de la erosión actual de suelos y la predicción del riesgo de erosión potencial. Santiago, Chile. 219 p.
- FAO. 1994. Memorias del taller sobre planificación participativa de conservación de suelos y aguas. Santiago, Chile. 317 p.
- FNDR. 1999. Capacitación en técnicas de conservación de suelos para el control de la erosión en el secano costero de la IX Región. Informe Final temporada 1998/99. Gobierno Regional de la Araucanía. Temuco, Chile. 108 p.
- RIQUELME, J. 1993. Establecimiento de cultivos y conservación de suelos. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu 57: (7-13).
- RIQUELME, J. y KREFT, R. 1994. Arado cincel de tiro animal. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu 60: (35-36).
- RIQUELME, J. y KREFT, R. 1994. Sembradora de cero labranza de tiro animal. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu 60: (37-38).
- RECKMANN, A. (ed.) 1993. Tecnologías de conservación de suelos y agua. Instituto de Investigaciones Agropecuarias CRI La Platina. Santiago. Chile. Serie La Platina N°46. 141 p.