



Publicación Miscelánea No. 54
Estación Experimental "Santa Catalina"
Septiembre, 1990

orge Layupanta J.
Juan J. Córdova

ALGUNAS ALTERNATIVAS AGRONOMICAS Y MECANICAS PARA EVITAR LA PERDIDA DEL SUELO



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ECUADOR**

ALGUNAS ALTERNATIVAS AGRONOMICAS Y MECANICAS PARA EVITAR LA PERDIDA DEL SUELO

*Jorge Tayupanta J **
*Juan J. Córdova ***

INTRODUCCION

La producción de los cultivos se basa en la interacción suelo-agua-planta-atmósfera; la variación de uno de estos componentes produce un desequilibrio entre ellos, perjudicando notablemente a las cosechas. El suelo, principal componente de este sistema, es el escenario donde las plantas a través de sus raíces extraen los nutrientes y el agua necesarios para poder cumplir con su ciclo biológico.

El problema de la erosión es la causa por la cual millones de hectáreas de la superficie terrestre han perdido su fertilidad y utilidad agrícola, constituyendo en la actualidad una amenaza seria para el bienestar de la humanidad. La pérdida de suelo constituye uno de los factores que limita gravemente la producción agrícola y las posibilidades de aprovechamiento de la tierra, no es posible obtener ingresos económicos rentables con la sola utilización de variedades mejoradas y prácticas agronómicas adecuadas, sino se mantiene y conserva el suelo con un grado óptimo de fertilidad.

En Ecuador las variaciones climáticas, su topografía accidentada, la distribución y tamaño de la propiedad, los asentamientos de población desordenados, el mal manejo de suelos, cultivos y maquinaria agrícola, entre otros, son factores que han contribuido a que las áreas erosionadas se incrementen día a día, produciendo el afloramiento de un subsuelo endurecido denominado "tobas volcánicas", comúnmente conocido como cangahua, que posee poca o ninguna fertilidad.

Este estado de deterioro del suelo por causa de la erosión produce, entre otros factores, las migraciones de la población hacia las grandes ciudades, dejando en completo abandono el campo.

La presente publicación tiene como objetivo dar una imagen general sobre el problema erosivo y emitir algunas alternativas que incluyen prácticas agronómicas-culturales y obras mecánicas para frenar en lo posible la degradación del suelo.

* *Ing. Agr. Técnico del Departamento de Suelos, área de Física y Conservación del Suelo y Agua de la Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP.*

** *Ing. Agr. MSc. Jefe del Departamento de Suelos de la Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP.*

LA EROSION

Es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes del intemperismo. (Anaya M., Martínez M. et. al., 1982).

La erosión, al desprender el suelo de su lugar de origen, transportarlo y depositarlo en otros sitios, elimina progresivamente la capa superficial, que contiene una alta proporción de minerales, materia orgánica, elementos nutritivos y agua, necesarios para el crecimiento de las plantas.

LIMITES TOLERABLES DE EROSION

Es difícil evitar la acción erosiva en su totalidad, por esta razón se han establecido límites de tolerancia de la pérdida del suelo, que permitan mantener su nivel de productividad por un período considerable.

Bennett, 1939 citado por Anaya ha estimado que bajo condiciones naturales sin disturbio de la vegetación, se necesitan cerca de 300 años para producir una capa de 25 mm de suelo superficial, sin embargo, cuando existe alteración del suelo por el laboreo, pastoreo, etc. se acelera el intemperismo y el período de formación de dicha capa se reduce a más o menos 30 años (Hudson, 1971). Una velocidad de formación de 25 mm en 30 años equivale aproximadamente a 1.8 t/ha/año, y esta cifra ha sido considerada como la cantidad máxima tolerable de ser erosionada, naturalmente que la tolerancia sobre la pérdida de suelo depende del tipo de éste, de su profundidad y de sus características físicas.

Los límites aceptables de pérdida de suelo varían desde 0.4 t/ha/año, hasta 1.8 t/ha/año, estas cantidades para un suelo franco ($da^* = 1.4 \text{ g/cm}^3$) representa la pérdida de una capa de suelo de 0.28 mm/ha/año a 1.28 mm/ha/año respectivamente. Generalmente se permiten pérdidas de 1.8 t/ha/año en suelos profundos, bien drenados y permeables y, pérdidas de 0.4 a 0.8 t/ha/año en suelos poco profundos con un subsuelo cargahoso o rocoso y de permeabilidad reducida (FAO, 1968).

Según estudio llevado en la Estación "Santa Catalina" por Flores (1979) señala como límite de tolerancia 12 t/ha/año para suelos profundos, fértiles y bien cultivados y 6 t/ha/año para suelos poco profundos con problemas de fertilidad.

CLASES DE EROSION Y AGENTES CAUSALES

Erosión Hídrica

El agente más importante de erosión es el agua. El impacto de la gota de agua de lluvia produce un desprendimiento y salpicado del suelo dejando las partículas sueltas, que son acarreadas en suspensión hacia otros lugares por acción del escurrimiento superficial. Foto 1.

Erosión Eólica

La fuerza ejercida por el viento sobre la superficie del terreno produce un movimiento de partículas del suelo, que son transportadas por saltación, deslizamiento superficial o suspensión, dependiendo del tamaño de las partículas, la duración, velocidad y turbulencia del viento. De esta forma el suelo es sacado de su lugar de origen y depositado en las depresiones naturales del terreno, que generalmente son las zonas bajas y planas de las microcuencas hidrográficas. Foto 2.

* da = densidad aparente



FOTO 1. Dispersión de las partículas del suelo por el impacto de la gota de agua de lluvia.

FOTO 2. Acción erosiva causada por el viento.



FOTO 3. Resquebrajamiento de rocas por variaciones de temperatura y agua.

Erosión Geológica

Es considerada como una erosión natural o normal que se produce sobre toda la tierra como consecuencia de las fuerzas de la naturaleza.

En este tipo de erosión, los cambios muy lentos o minúsculos se vuelven significativos luego de largos períodos de tiempo. Un ejemplo es el rompimiento de las rocas y más materiales por variaciones de temperatura.

La acción conjunta de las clases de erosión y los procesos geológicos dejan los suelos completamente infértiles. Foto 3.

Erosión Biológica

Se lleva a cabo principalmente por acción de las raíces de las plantas, vegetales superiores, microorganismos, determinadas especies de mamíferos, artrópodos y gusanos. Por ejemplo las lombrices y hormigas remueven el suelo incrementando la aireación y oxidación, acelera así el proceso de conversión de la roca a suelo erosionable.

Los organismos vivos debido al continuo pisoteo de las rocas o el suelo y al comer parcial o totalmente la vegetación que le protege, lo disgregan y hacen que sea más fácilmente transportado por el agua o el viento; un caso típico constituye el sobrepastoreo. Foto 4.

Erosión Antrópica

Los cambios en el paisaje producidos por el hombre son conocidos como erosión inducida, acelerada o antrópica. En este tipo de erosión, a más de las fuerzas naturales, interviene la acción del hombre, mediante el aprovechamiento de los recursos naturales. Un mal manejo y laboreo del suelo, destrucción de la cobertura vegetal, la realización de cultivos en áreas con pendientes pronunciadas, influyen en la erosión del suelo, degradándolo con mayor velocidad e intensidad.

El mal uso de la maquinaria agrícola y la excesiva preparación de los terrenos rompe la estructura del suelo, baja la capacidad de infiltración y retención de agua, produce compactación de los estratos inferiores a la capa arable, los cuales se vuelven impermeables favoreciendo al escurrimiento superficial y la consecuente erosión. Fotos 5 y 6.

EFFECTOS DE LA EROSION

El agua que no es retenida por el suelo, se desliza sobre la superficie dando lugar al apareamiento de pequeños canalillos, que aumentan en ancho y profundidad formando surcos, cárcavas y zanjas. La erosión en canalillos y surcos se presenta en la mayoría de los terrenos y es subestimada frecuentemente por los agricultores por cuanto las huellas que deja en el suelo pueden ser borradas fácilmente con las labores agrícolas. Fotos 7, 8.

La pérdida acelerada del suelo produce un lavado de los nutrientes, disminuye el estado de fertilidad y aflora el suelo improductivo de cangahua. Fotos 9 y 10. El agua y suelo proveniente del escurrimiento superficial ocasiona sedimentaciones en los cultivos, daños en caminos, carreteras, alcantarillas, taponamiento de represas y reservorios, los cuales acumulan sedimentos los que al tratar de ser removidos representan costos elevados. Fotos 11, 12, 13.

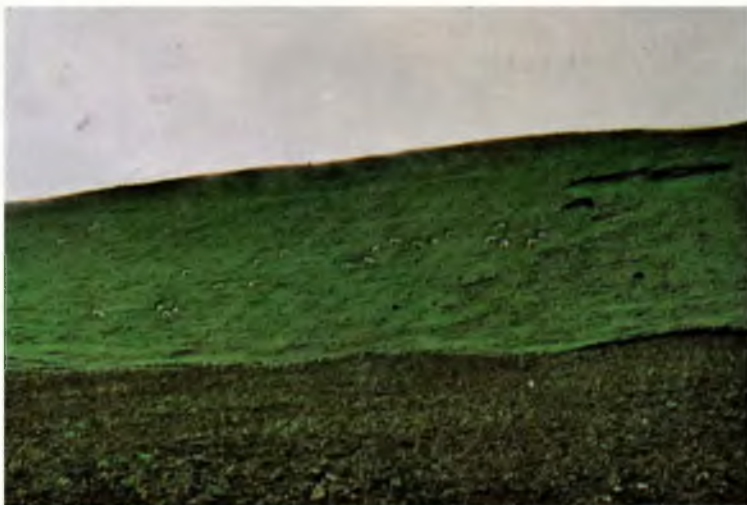


FOTO 4. Erosión biológica por sobrepastoreo.



FOTO 5. Erosión causada por el mal uso de la maquinaria agrícola.



FOTO 6. Compactación y cambios en la estructura del suelo por sobreutilización de maquinaria agrícola.

FOTO 7. Surcos y cárcavas producto del escurrimiento superficial.

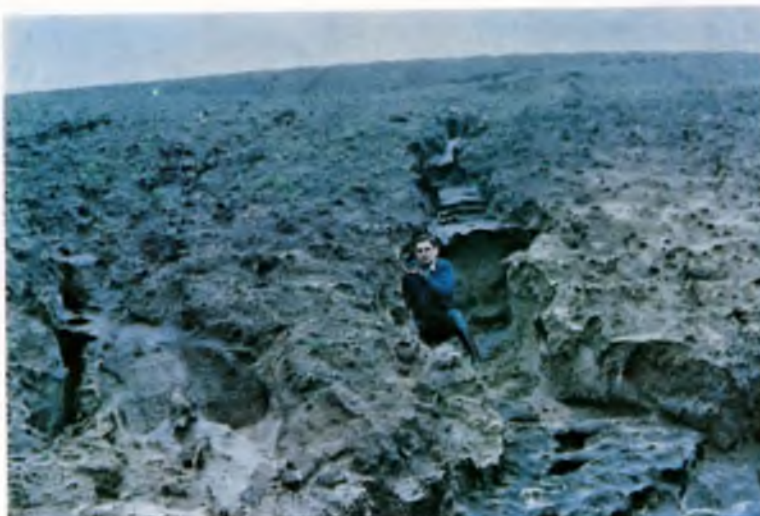


FOTO 8. Zanjas de mayor profundidad que impiden las labores agrícolas.

FOTO 9. Suelos infértiles producto de la erosión.





FOTO 10. Suelos improductivos de cangahua.

FOTO 11. Acarreo de sedimentos y daños en cultivos.



FOTO 12. Taponamiento de represas por acumulación de sedimentos.

FOTO 13. Dragado de materiales depositados en canales de riego.



FOTO 14. Daños en cultivos comerciales en campos de agricultores.

FOTO 15. Efecto de los deslaves producidos por una falta de manejo de microcuencas hidrográficas.



La falta de manejo adecuado de las cuencas hidrográficas genera crecidas de cauces y ríos en la época lluviosa, produciendo inundaciones o a su vez el agua represada fluye a través de la pendiente en forma de deslaves que arrastran el suelo y todo cuanto encuentran a su paso, causando serios daños en campos y ciudades (Fotos 14, 15). Además el hombre acelera la erosión por un mal manejo del suelo y cultivos, tala-roza-quema indiscriminada de la vegetación, sobrepastoreo de ganado, etc. Fotos 16, 17, 18, 19.

RESULTADOS DE PERDIDA DE SUELO

En el INIAP a nivel experimental en microcuencas hidrográficas, según datos recopilados durante el ciclo, mayo de 1985 a octubre de 1986, se evidenciaron pérdidas de suelo bajo diferentes usos del mismo, con valores que oscilan entre 0.041 t/ha (pasto natural) y 11.219 t/ha (suelos desnudos de cangahua). La pérdida de suelo disminuyó según la presencia de: cultivos con cereales menores (trigo), bosque de pino, pastos (rye grass), bosque de eucalipto, cultivos de escarda (arveja, papa).

También durante el período enero a julio de 1984 se verificaron pérdidas de suelo entre 1.56 t/ha y 23.07 t/ha de acuerdo con diferentes sistemas de labranza con cultivo de maíz.

Flores (1979), reporta resultados de pérdida de suelo de 82.72 t/ha/año en condiciones de suelo disturbado.

ALTERNATIVAS PARA DETENER EL PROCESO EROSIVO

A. Agronómicas y Culturales

Son todas aquellas prácticas que incluyen el manejo del suelo y desarrollo de plantas o cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo.

Entre las principales prácticas agronómicas se consideran las siguientes:

1. Rotación de cultivos

Una rotación es la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos, sobre un área de terreno determinada.

Esta práctica debe programarse tomando en cuenta las condiciones ecológicas y socioeconómicas de cada región, se debe incluir en la rotación "cultivos densos", tales como los cereales (trigo, cebada, avena, etc.) o pastos (alfalfa, vicia, etc.) y los "cultivos de escarda" o hilera (maíz, papas, fréjol, haba, etc.).

a. Factores que deben considerarse para una buena rotación

- Precipitación en la zona
- Velocidad y frecuencia de los vientos
- Uso de cultivos con facilidades de mercadeo
- Condiciones ecológicas (clima, suelo, vegetación)
- Grado de erosión de los suelos
- Condiciones socioeconómicas del agricultor

b. Requisitos para un buen ciclo de rotación

- Incluir un cultivo de leguminosas dentro de la rotación

FOTO 16. Utilización inadecuada de la maquinaria agrícola en la preparación del suelo.



FOTO 17. Sistema inadecuado de cultivo al ubicar los surcos en sentido de la pendiente.

FOTO 18. Tala indiscriminada del bosque.



- Establecer pastizales compuestos con gramíneas y leguminosas que favorezcan el corte o pastoreo y establecer una vegetación que genere mejores condiciones de fertilidad
- Mantener una secuencia de los cultivos, sean de escarda o densos, la cual estará determinada por el grado de erosión y por la mayor o menor incidencia de las lluvias.

c. Ventajas de un sistema de rotación de cultivos

Al adoptar un plan de rotación de cultivos se puede:

- Ocupar el suelo lo máximo posible
- Mantener una cobertura permanente que disminuya los riesgos de erosión
- Conservar y mejorar la fertilidad del suelo
- Alternar cultivos para prevenir y controlar la incidencia de plagas y enfermedades, como el caso de "gusano blanco" *Premnotripes vorax* que tanto daño causa al cultivo de la papa especialmente en zonas donde se practica el monocultivo.

Finalmente una buena rotación será la que incluya cultivos densos de buena cobertura, los cuales ofrecen mayor protección al suelo, disminuyen el escurrimiento, permiten un mejor aprovechamiento de la humedad presente y controlan la erosión. Un ejemplo de rotación ilustra la foto 20.

2. Cultivos en fajas

Son fajas alternas y de anchura variable con cultivos de escarda o cultivos densos.

Las fajas con cultivos densos disminuyen el impacto de la lluvia, aumenta la infiltración del agua y reduce el escurrimiento a las fajas siguientes en donde se ubican los cultivos de escarda.

La utilización de fajas con cultivo se debe acompañar con un plan de rotación y una obra mecánica con el fin de obtener los mejores resultados en cuanto a control de la erosión.

En las fajas con cultivo denso se debe incluir leguminosas en la rotación, que aporten materia orgánica y mejoren las condiciones físicas y químicas de los suelos (abonos verdes).

Dependiendo del agente erosivo que más incidencia presente en el suelo se pueden establecer diferentes tipos de fajas:

a. Fajas en contorno y rotación

Se utilizan en suelos cuyo agente erosivo principal es el agua. En este sistema se disponen los cultivos, uno de escarda y uno denso, en fajas alternas, siguiendo las curvas de nivel y en sentido perpendicular a la pendiente del terreno.

b. Fajas de contraviento

Se recomienda este tipo de fajas en áreas planas y en donde el principal agente erosivo es el viento. Se trazan de un ancho uniforme en forma recta y perpendicular a la dirección de los vientos dominantes, construyéndose así verdaderas barreras vivas que tienden a elevar la corriente de aire y evitar la acción abrasiva sobre el suelo.

FOTO 19. Quema de la vegetación y consecuente desprotección al suelo.



FOTO 20. Práctica de rotación de cultivos.



c. Fajas de contención

Se recomienda para terrenos en donde existe poca pendiente y topografía irregular. Están constituidas por pastos, leguminosas o una asociación de éstos que se localizan entre las fajas de cultivos de escarda, son de anchura irregular por ajustarse a las curvas de nivel del terreno.

d. Fajas por fracciones

Se recomiendan en terrenos poco uniformes y donde el relieve es muy ondulado, éstas no son continuas y se adaptan a porciones específicas del terreno. Se establecen en forma perpendicular a la pendiente del terreno, su ancho es uniforme y no siempre se ajustan a las curvas de nivel.

Consideraciones para el establecimiento de fajas

El ancho de las diferentes fajas está en función de los cultivos, la rotación, pendiente del terreno, características físicas del suelo, precipitación, velocidad y dirección de los vientos.

Los cálculos del ancho y la longitud de la pendiente para el cultivo en fajas se pueden realizar utilizando las tablas 1 y 2 o mediante cálculos que están citados en lo referente a diseño de canales de desviación (obras mecánicas).

TABLA 1. Cálculo del ancho de las fajas en función de la pendiente y el drenaje interno de los suelos.

PENDIENTE °/o	ANCHO DE LAS FAJAS (m)	
	SUELOS BIEN DRENADOS	SUELOS CON DRENAJE MEDIANO O MALO
0 - 7.0	60.0	45.0
7.5 - 12.0	45.0	30.0
12.5 - 15.0	30.0	22.5

FUENTE: *Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Chapingo. México. 1982*

TABLA 2. Valores para la longitud máxima de la pendiente para el cultivo en fajas.

PENDIENTE ‰	LONGITUD MÁXIMA DE LA PENDIENTE (m)
1 - 2	240
3 - 5	180
6 - 8	120
9 - 12	70
13 - 16	50
17 - 20	35

FUENTE: *Wischmeier y Smith, 1978.*

Las fotos 21 y 22 son un ejemplo de cultivos en fajas

3. Cultivos de Cobertura

Es una cubierta vegetal para conservar y mejorar el terreno. Para áreas lluviosas con terrenos de textura gruesa y que presentan factores limitantes de topografía y erosión se recomiendan los cultivos de cobertura, o constituidos básicamente por pastos, leguminosas y cereales de grano pequeño que reúnan ciertas características deseables entre las que se citan:

- Fácil adaptación a las condiciones ecológicas de la zona.
 - Hábito rastrero con el fin de proporcionar la mayor cobertura en el menor tiempo.
 - Tolerar las condiciones propias de la asociación a que esté sometida con el cultivo base.
- Foto 23.

4. Distribución adecuada de los cultivos

Constituyen la base de todo programa de conservación de suelos. Para hacerlo se consideran los diferentes aspectos topográficos y climatológicos.

En terrenos con pendientes que presentan mayor susceptibilidad a erosión, los bosques y pastos constituyen las mejores y más eficientes coberturas de protección del suelo; en tanto que los cultivos de escarda y densos deben situarse en terrenos con topografía moderada, de mejor fertilidad y menos expuestos a riesgos de erosión.

En los suelos con alto grado de erosión se debe permitir la regeneración de la vegetación nativa o realizar reforestaciones con el fin de tener una cubierta permanente que reduzca los escurrimientos y los procesos erosivos.



FOTO 21. Cultivos en fajas en lotes de pequeños agricultores.

FOTO 22. Cultivos en fajas en explotaciones grandes.



FOTO 23. Cultivos de cobertura-densos

La distribución adecuada permite obtener cultivos comerciales en condiciones óptimas, los cuales generan mayores ingresos económicos y elevan el nivel de vida de los agricultores. Foto 24.

5. Cultivos en Contorno

Esta es una práctica sencilla para detener la erosión, pues cada surco forma un canal que disminuye la velocidad del escurrimiento superficial, aumenta la infiltración y evita la formación de canalillos y cárcavas.

Esta práctica es recomendable para terrenos con pendientes no mayores a 5°/o; cuando la pendiente es mayor será necesario complementarla con otras obras mecánicas para conservación del suelo.

En regiones con precipitaciones mayores a 800 mm/año de textura arcillosa o pesada y que tienen un subsuelo impermeable es necesario modificar los surcos dándoles un desnivel de 0.01 a 0.03°/o (1 a 3 por mil) y desalojar los excedentes de agua a cauces naturales protegidos con vegetación u obras mecánicas previamente construídas para dicho fin (bordes de campo, caminos de agua, terrazas de base ancha), de lo contrario los excesos de agua captados perjudican el desarrollo de los cultivos. Foto 25.

Para el trazado de los surcos en contorno deberán seguirse los siguientes pasos:

- a. Determinar y señalar la línea de pendiente máxima.
- b. A partir del punto señalado trazar una línea guía o curva de nivel mediante el uso de estacas separadas a 10 m entre sí. Para esta labor se podrá utilizar un nivel de caballete, nivel en A o clinómetro.
- c. Valiéndose de los puntos marcados abrir la línea guía utilizando un tractor, azadón u otro implemento de labranza.
- d. Surcar paralelamente a la línea guía, hacia arriba y hacia abajo hasta cubrir toda el área.
- e. En los terrenos inclinados y poco uniformes se necesitará más de una línea guía y su construcción se empieza desde el punto más alto. En este caso los surcos deben trazarse paralelos a la línea guía hacia arriba y hacia abajo, hasta cubrir la mitad de la distancia que separa a esta línea con la siguiente.

La foto 26 ilustra el trazado de surcos en contorno.

6. Barreras vivas

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso sembradas a través de la pendiente, casi siempre en contorno. El objetivo de dichas barreras es reducir la velocidad del agua que corre sobre la superficie del suelo y retener las partículas de sedimento que están siendo transportadas; disminuyen también la velocidad del viento y protegen al suelo.

Es necesario recalcar que deben utilizarse plantas de crecimiento denso que, en el menor tiempo, formen un obstáculo al libre deslizamiento del agua; se utiliza con éxito plantas tales como penco (*Furcroya alba*), espinos (*Opuntia ficus-indica*), sig-sig (*Cortadelia nitida*), y también árboles como ciprés (*Cupressus macrocarpa*), pino (*Pinus radiata*), etc. Foto 27



FOTO 24. Distribución adecuada de cultivo de papa, siguiendo las curvas a nivel.



FOTO 25. Trazado de surcos en contorno.



FOTO 26. Surcos en contorno y con curvas a nivel.

El distanciamiento que debe existir entre barreras está de acuerdo con el tipo de cultivos que disponga la finca; en el caso de estar explotando cultivos que no presten mayor cobertura al suelo como: papa, maíz, etc., las barreras se establecerán con una separación menor que cuando se tenga en explotación cultivos densos o bosques.

Mientras mayor sea la altura alcanzada por la cortina, el área protegida de los vientos es mayor y por consiguiente el espaciamiento entre cortinas también se incrementa. Se ha demostrado que una cortina ofrece protección 7 veces su altura viento arriba y 20 veces viento abajo.

7. Abonos Verdes

Es la práctica de sembrar un determinado cultivo en el terreno, con la finalidad específica de incorporarla al suelo durante la época propicia de su desarrollo vegetativo. Generalmente las plantas son incorporadas antes de la etapa de floración.

La aplicación de abonos verdes al suelo tiene la finalidad de agregar materia orgánica, lo que permite mantener e incrementar la fertilidad de los suelos, aumentar la capacidad de retención de humedad, reducir los escurrimientos superficiales y la erosión, incrementar la infiltración y mejorar la estructura del suelo.

Las plantas a utilizarse como abonos verdes deben: tener crecimiento rápido, poseer un desarrollo foliar vigoroso, consistencia succulenta, no leñosa e incorporarse antes de que lleguen a su madurez para enriquecer al suelo en nutrimentos. Para ello se emplean altas densidades de siembra con semillas previamente inoculadas con la bacteria específica para favorecer la nodulación y fijación del nitrógeno. Las leguminosas reúnen estas características y tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico e incrementar el contenido de este nutriente en el suelo. Foto 28.

Algunas gramíneas se pueden utilizar como abonos verdes siempre y cuando el costo de semilla sea bajo y se incorporen en forma oportuna.

Los cultivos de alfalfa y trébol aportan 220 y 130 kg de N/ha/ciclo, respectivamente. La vicia aporta 90 kg de N/ha/ciclo aproximadamente. Anaya, 1982.

Para garantizar el éxito con la práctica de abonos verdes se recomienda lo siguiente:

- a. Preparar el terreno adecuadamente para que las plantas puedan emerger.
- b. Efectuar la siembra cuando se inicie el período de lluvias con el fin de lograr un buen desarrollo del cultivo; generalmente se siembra al voleo y con densidades altas para lograr mayor cantidad de plantas.
- c. Con las especies leguminosas se debe inocular la semilla con bacterias específicas antes de la siembra que favorezcan la nodulación y fijación del nitrógeno atmosférico.
- d. Incorporar al suelo el cultivo al inicio de la floración ya que en esta etapa las plantas cuentan con una mayor cantidad de nutrientes y una consistencia acuosa que favorece su descomposición, proceso que dura entre 60 a 90 días dependiendo de las condiciones del suelo y ambiente.



FOTO 27. Cercas vivas a base de pencos.



FOTO 28. Lenteja, vicia, leguminosas que pueden incorporarse como abonos verdes.

En suelos de textura gruesa (francos, franco arenosos) el abono verde puede incorporarse con arado de vertedera, ya que la buena aireación de estos suelos permite una rápida descomposición del material vegetal.

En cambio en suelos de textura fina (arcillosos, arcillo limosos) incorporar con arado o rastra de discos para triturar y enterrar simultáneamente el material, facilitando la descomposición en suelos mal aireados.

En nuestro medio no es usual la incorporación de cultivos como abonos verdes debido al costo económico que genera, sin embargo, cuando se trata de recuperar suelos con problemas de erosión su inversión está muy justificada, pues se mejora las propiedades físicas y permiten posteriormente la implantación de cultivos con gran rentabilidad económica.

8. Labranza Reducida y Cero labranza

Constituye una práctica que ayuda a conservar las características deseables del suelo y la conservación del agua.

La labor de arar con tractores es costosa, pues existe un desgaste de la maquinaria e implementos agrícolas, gastos de combustible, mano de obra y tiempo, debe por tanto utilizarse con eficiencia los equipos agrícolas y tratar de disminuir el número de labores.

Las investigaciones han demostrado que el laboreo excesivo contribuye a que la erosión se produzca en forma acelerada, provocando mayores daños debido a la compactación del suelo y pérdidas indebidas de humedad.

Es de mucha importancia dejar los residuos de las cosechas en el campo, pues aportan materia orgánica y ofrecen una cobertura al suelo que impide el impacto directo de la lluvia, disminuye la acción erosiva sea ésta hídrica o eólica, reduce los cambios bruscos de temperatura en el suelo y la evaporación. La presencia del mulch también contribuye notablemente a la conservación de la humedad y aumenta la actividad microbiana. Foto 29.

Cero Labranza

La práctica de cero labranza implica sembrar el nuevo cultivo sin preparar el suelo y esto ha determinado una mayor utilización de herbicidas para malezas.

En estudios realizados por el INIAP, en años con bajas precipitaciones, utilizando cero labranza en maíz y trigo se encontró que esta práctica ayuda a conservar el agua en la época de crecimiento del cultivo, lo cual determinó incrementos significativos en los rendimientos. Foto 30.

Investigaciones realizadas en otros países señalan algunas ventajas que presenta el sistema de cero labranza como:

- a. Rendimientos más altos.
- b. Costos de producción reducidos.
- c. Mejor retención del agua.
- d. Menor erosión.



FOTO 29. Protección del suelo con residuos de cosechas.

FOTO 30. Labranza cero con cultivo de maíz.



FOTO 31. Reforestación en suelos no aptos para agricultura.

- e. Baja compactación al no permitir la formación de estratos impermeables a poca profundidad.
- f. Siembras en épocas óptimas sin considerar condiciones relativamente húmedas pues se pueden realizar siembras tempranas y obtener más y mejores cosechas.
- g. Buena aireación y desarrollo radicular, sin alterar las condiciones del terreno, permitiendo la formación de canales internos por acción de procesos biológicos y naturales (acción de lombrices, gusanos, raíces, dilatación o contracción del suelo debido a cambios en su estado de humedad, etc).

Sin embargo, la adopción de un sistema para reducir la labranza presenta ciertas limitaciones como:

- Una mayor utilización de herbicidas para el control de malezas.
- Falta de investigación en cuanto a herbicidas selectivos para los diversos cultivos o mezclas de productos que resuelvan oportunamente el problema de malezas.
- Posibilidad de que la cobertura vegetal dejada en el campo atraiga o presente condiciones propicias para la propagación de nuevas plagas y enfermedades.

9. Reforestación

Es la práctica que permite la regeneración de la vegetación natural mediante la implantación de árboles en combinación con el establecimiento de pastizales.

En aquellos suelos que presentan limitaciones para el desarrollo de los cultivos agrícolas debe mantenerse la cubierta vegetal, lo que constituye la forma más efectiva y económica de controlar la erosión. Foto 31. El dosel formado por las copas de los árboles, la cubierta inferior constituida por hierbas y arbustos, la capa de mantillo y humus constituida por residuos vegetales orgánicos en distintos grados de descomposición, protegen al suelo de la erosión.

Es importante considerar las especies con las cuales se va a reforestar debiendo analizarse sus hábitos de crecimiento, vigor, compatibilidad de asociación con otras plantas, resistencia a plagas y enfermedades, características morfológicas, rentabilidad económica; existiendo plantas autóctonas que cumplen con estos requisitos. Foto 32.

Se debe conservar los recursos forestales y el suelo, bajo el adagio "si un árbol es cortado otro inmediatamente debe ser plantado", lo cual permitirá mantener un nivel de productividad alto e ingresos económicos que eleven el nivel de vida y la condición social del agricultor y su familia.

B. Mecánicas

Son aquellas actividades efectuadas con implementos agrícolas, equipo pesado o mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra con la finalidad de disminuir los escurrimientos superficiales y reducir la erosión en terrenos con pendiente.

Las prácticas mecánicas incluyen estructuras construidas con diferente tipo de materiales (tierra, madera, piedra, cemento, etc) con el fin de retener, regular o controlar el flujo del agua; estas obras constituyen un complemento a las prácticas agronómicas o vegetativas.

1. Caminos de agua

Son salidas de agua naturales o construídas, bien protegidas con vegetación (pastos) para evitar que el agua de escorrentía proveniente de otras obras de conservación como canales de desviación o bordes de campo causen daño a la superficie del desagüe.

Para que un camino de agua funcione eficientemente debe dársele la capacidad suficiente y forma adecuada, asegurando la eliminación del agua de escorrentía que está en exceso en el campo, es importante además preparar el suelo adecuadamente para que el pasto protector se desarrolle en buenas condiciones.

Los caminos de agua sirven como vía de salida del agua de escorrentía y para rehabilitar zanjas profundas producidas por la misma escorrentía pero en altas concentraciones.

Es aconsejable establecer en lo posible caminos de agua naturales y si en éstos hay un fuerte flujo de agua de escorrentía, se protege el centro del canal con piedras o chambas de kikuyo sujetas al suelo con estacas o también colocando pacas con rastrojo de cereales a determinados intervalos a lo largo del canal.

Una vez establecido el camino de agua es importante realizar trabajos de mantenimiento como cortes de igualación y fertilizaciones que mantengan la vegetación vigorosa, restringiéndose además la circulación vehicular por dichos caminos. Foto 33.

2. Bordes de Campo

Son franjas de vegetación perenne constituida por vegetación herbácea o arbustos que se establece en el borde de un campo, éstas constituyen fajas de drenaje que permiten el escurrimiento del agua a través de la pendiente deteniendo en sus raíces o tallos las partículas de suelo que están siendo arrastradas.

Los bordes de campo se constituyen a base de pastos como rye grass o cultivos densos y su ancho varía entre 2 y 5 m dependiendo de las condiciones del suelo y uso que tendrá dentro de la explotación agrícola.

Al igual que los caminos de agua deben practicarse trabajos de mantenimiento y fertilizaciones que permitan el establecimiento de pastos en buenas condiciones. Foto 34.

3. Canales o zanjas de desviación

Esta práctica es destinada a cortar el flujo del agua proveniente de las partes superiores del terreno, trasladándolas a caminos de agua o bordes de campo previamente establecidos en donde no existe riesgos de erosión. Las desviaciones pueden ser construídas en forma triangular, de V, de U, pero generalmente son de sección trapezoidal y la velocidad permisible para que corra el agua dependerá del tipo de suelo y la clase de vegetación con que se recubra el canal.

Los canales deben ser protegidos con pastos o gramíneas, es común, en algunas zonas los revestimientos con kikuyo, en esta forma se establece un manto protector permanente que actúa como filtro al detener los sedimentos que están siendo transportados.

Experimentalmente en la Estación Santa Catalina se han probado gradientes desde 1 a 8 por mil

FOTO 32. Reforestación con especie nativa (capulí).



FOTO 33. Camino de agua.

FOTO 34. Borde de campo.



(desnivel de 1 m en 1000 m) sin que se presenten problemas de erosión, recomendándose caídas entre 1 y 3⁰/o o (1 a 3 por mil) asegurándose siempre de que el canal tenga una capacidad suficiente para transportar la cantidad de agua a recolectarse.

Los canales de desviación se establecen en el campo de acuerdo con las condiciones de falta o exceso de agua en el suelo pudiendo ser de infiltración o escorrentía respectivamente. Su construcción se realiza mediante maquinaria agrícola (arado de discos o vertedera, hoja de nivelación), tracción animal o en forma manual dependiendo de la disponibilidad de implementos, topografía del terreno y condiciones económicas del agricultor.

Con los canales de desviación se pretende:

- Reducir la longitud de la pendiente.
- Impedir el escurrimiento superficial a través de pendientes pronunciadas.
- Conducir el agua a sitios comunes para represarla y utilizarla posteriormente para la irrigación.
- Proteger otros sistemas de conservación que tengan surcos en curvas a nivel.
- Evitar inundaciones y daños por acumulación de sedimento en las zonas bajas o planas de las microcuencas hidrográficas.

a. Criterios de diseño

1) Longitud máxima

De acuerdo con las condiciones topográficas los canales tendrán una longitud máxima de 500 m con un parte-aguas central, es decir 250 m a cada lado, éstas distancias pueden reducirse en el caso de suelos arenosos por ser más fácilmente erosionables, lo que no sucede en terrenos arcillosos.

2) Velocidad permisible del agua

Depende del tipo de suelo y la vegetación con que está recubierto el canal, pudiendo utilizarse un valor 0.3 m/seg en suelos arenosos y desprotegidos de vegetación y 2.5 m/seg para suelos arcillosos con buena cobertura (protegidos con pastos). Tabla 3.

3) Capacidad del canal

Los canales deben diseñarse con una capacidad que puedan transportar la mayor cantidad de agua de escorrentía producto de la máxima intensidad en un menor tiempo, debiendo apoyarse en datos meteorológicos de por lo menos 10 años atrás y sus respectivos mapas.

- En primer lugar se determina el volumen de escurrimiento (Q) que llevaría el canal, mediante la fórmula:

$$Q = 0.028 C L A$$

Donde:

Q = Escorrimento máximo (m³/seg)

C = Coeficiente de escurrimiento

L = Lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno de 5 años (cm)

Para nuestra Sierra puede considerarse un valor de 6 cm

A = Area (ha)

TABLA 3 Máxima velocidad en cobertura esperada

TIPO DE MATERIAL	S U E L O		
	DESNUDO	COBERTURA MEDIA	COBERTURA MUY BUENA
	m/seg	m/seg	m/seg
Arena muy liviana	0.30	0.75	1.5
Arena liviana	0.50	0.90	1.5
Arena coarsiva	0.75	1.25	1.7
Suelo arenoso	0.75	1.50	2.0
Limo-arcilloso	1.00	1.70	2.3
Arcilloso con grava	1.50	1.80	2.5
Coarsivo con grava	1.50	1.80	
Suelo duro con rocas suaves, etc.	1.80	2.10	
Conglomerados de cementado fuerte	2.50		

FUENTE: Orbe, 1983

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento se utilizará la tabla 4.

TABLA 4. Valores de escorrentía, coeficiente C.

TOPOGRAFIA	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARCILLOSO (gruesa)	FRANCO-LIMO ARCILLOSO (media)	ARCILLA DURA (fina)
COBERTURA VEGETAL			
Bosques			
Plana (0 - 5°/o pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulada (5 - 10°/o pendiente)	0.25	0.35	0.50
Ladera (10 - 30°/o pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastos			
Plana	0.10	0.30	0.40
Ondulada	0.16	0.36	0.55
Laderas	0.22	0.42	0.60
Cultivada			
Plana	0.30	0.50	0.60
Ondulada	0.40	0.60	0.70
Laderas	0.52	0.72	0.82
Áreas urbanas	30°/o	50°/o	70°/o
		DE AREA IMPERMEABLE	
Plana	0.40	0.55	0.65
Ondulada	0.50	0.65	0.80

FUENTE: Orbe, 1983

- El área de escurrimiento se establece al medir las distancias existentes entre las desviaciones y puede determinarse mediante triangulaciones o con áreas parciales de las distintas figuras geométricas que se formen. La medición puede realizarse con teodolito, cinta, etc y luego se trasladan los datos a un mapa o plano en donde se especifica el área medida.

Con esta información se determinan las dimensiones del canal que permita manejar el volumen de agua con una velocidad segura, deberá calcularse los parámetros hidráulicos en base a la sección o forma del canal, la inclinación de taludes, la pendiente del terreno y considerar el coeficiente de rugosidad.

b. Espaciamiento entre desviaciones

Depende principalmente de la pendiente, la precipitación de la zona y la sección de la desviación. El espaciamiento entre dos canales se puede determinar utilizando la diferencia de nivel entre ellos denominado intervalo vertical o considerando la distancia horizontal o intervalo horizontal.

La fórmula de cálculo que considera la pendiente y la precipitación es:

$$IV = \left(2 + \frac{P}{3 \text{ ó } 4} \right) (0.305)$$

- IV = Intervalo vertical (m)
- P = Pendiente del terreno (°/o)
- 3 = Factor considerado cuando la precipitación anual es menor a 1.200 mm
- 4 = Factor considerado cuando la precipitación anual es mayor a 1.200 mm
- 0.305 = Factor de conversión de pies a metros.

Cuando se utiliza el intervalo horizontal

$$IH = \left(\frac{IV}{P} \times 100 \right) f$$

- IH = Intervalo horizontal (m)
- IV = Intervalo vertical (m)
- P = Pendiente del terreno (°/o)
- f = Factor campesino para las condiciones de la Sierra

El factor campesino se introduce debido a que el agricultor no siempre permite utilizar estrictamente los espaciamientos que determina la fórmula, aduciendo que hay división exagerada de su propiedad, este factor considera un espaciamiento mayor que multiplica de 2 a 5 veces el intervalo horizontal calculado.

Por ej: Si tenemos una pendiente del 20°/o y la precipitación es de 1000 mm, utilizando la tabla 5 corresponde un intervalo vertical de 2.6433 y un intervalo horizontal de 13.22 m, pero el propietario no permite trazar los canales a esta distancia y por tanto se considera un espaciamiento de 4 veces, estableciéndose la próxima desviación a 52.88 m (13.22 x 4 = 52.88).

c. Construcción

Dependiendo del espaciamiento horizontal calculado se procede a ubicar el canal de desviación mediante la utilización de un nivel ya sea de forma triangular, en A, clinómetro o nivel de ingeniero. Si se utiliza el nivel triangular o caballete y el nivel en A se trazarán segmentos de 2 m, en cambio con el clinómetro y el nivel de ingeniero se establecerán los segmentos cada 10 m, debiendo en cada uno de los casos anotarse en un registro de nivelación cada segmento replanteado.

En esta forma se traza la línea base, la cual una vez estacada debe ser revisada moviendo si es necesario algunas estacas para evitar curvas muy agudas que impedirían el uso del tractor y los implementos agrícolas, pero manteniendo siempre la inclinación requerida.

En áreas donde no hay disponibilidad de tractor o la pendiente del terreno limita su uso, los canales se construyen con tracción animal o manualmente valiéndose de azadón, pico, pala u otro implemento de labranza, en este caso se utilizará una cuerda para unir los tramos del canal y trazar una línea guía con mayor precisión. Fotos 35, 36, 37.

Cuando se utiliza tractor éste va provisto con arado de discos o vertedera siendo común el realizar unos tres pases de este implemento para ir formando el talud correspondiente, posteriormente, se pasa una hoja de nivelación que forma definitivamente los taludes. Fotos 38, 39, 40.

Es necesario establecer la cobertura vegetal lo más pronto posible para evitar la erosión en el canal. La vegetación establecida (pasto gramíneas) debe recibir un tratamiento adecuado en cuando a fertilización para asegurar un crecimiento vigoroso, posteriormente se realizarán los cortes necesarios para que el exceso de vegetación no impida el libre flujo del agua. Fotos 41, 42.

Finalmente, la mejor época para construir los canales de desviación es cuando las condiciones de precipitación no son muy fuertes .

El éxito o fracaso de una zanja de desviación depende del mantenimiento que se le provea y de una buena descongestión del agua proveniente del escurrimiento superficial.



FOTO 35. Diseño y señalización de canales de desviación.



FOTO 36. Apertura del canal.



FOTO 37. Canal construido en forma manual.

FOTO 38. Apertura de zanjas de desviación utilizando tractor con arado.



FOTO 39. Conformación de taludes utilizando tractor con hoja de nivelación en canales de desviación de agua.

FOTO 40. Acondicionamiento definitivo de canales de desviación de agua.





FOTO 41. Siembra de gramíneas para el revestimiento del canal.



FOTO 42. Canal de desviación revestido con pastos.

TABLA 5. Espaciamientos verticales y horizontales para replantar desviaciones en terrenos de ladera según el ^o/_o de pendiente y la precipitación.

PENDIENTE °/ _o	ZONAS CON PRECIPITACIONES MENORES A 1200 mm/año		ZONAS CON PRECIPITACIONES MAYORES A 1200 mm/año	
	Intervalo vertical IV m	Intervalo Horizontal IH* m	Intervalo vertical IV m	Intervalo horizontal IH* m
2	0.8133	40.67	0.7625	38.13
3	0.9150	30.50	0.8388	27.96
4	1.0167	25.42	0.9150	22.88
5	1.1183	22.37	0.9913	19.83
6	1.2200	20.33	1.0675	17.79
7	1.3217	18.88	1.1438	16.34
8	1.4233	17.79	1.2200	15.25
9	1.5250	16.94	1.2963	14.40
10	1.6267	16.27	1.3725	13.73
11	1.7283	15.71	1.4488	13.17
12	1.8300	15.25	1.5250	12.71
13	1.9317	14.86	1.6013	12.32
14	2.0333	14.52	1.6775	11.98
15	2.1350	14.23	1.7538	11.69
16	2.2367	13.98	1.8300	11.44
17	2.3383	13.75	1.9063	11.21
18	2.4400	13.56	1.9825	11.01
19	2.5417	13.38	2.0588	10.84
20	2.6433	13.22	2.1350	10.68
21	2.7450	13.07	2.2113	10.53
22	2.8567	12.94	2.2875	10.40
23	2.9483	12.82	2.3638	10.28
24	3.0500	12.71	2.4400	10.17
25	3.1517	12.61	2.5163	10.07
26	3.2533	12.51	2.5925	9.97
27	3.3550	12.43	2.6688	9.88
28	3.4567	12.35	2.7450	9.80
29	3.5583	12.27	2.8213	9.73
30	3.6600	12.20	2.8975	9.66
31	3.7617	12.13	2.9738	9.59
32	3.8633	12.07	3.0500	9.53
33	3.9650	12.02	3.1263	9.47
34	4.0667	11.96	3.2025	9.42
35	4.1683	11.91	3.2788	9.37
36	4.2700	11.86	3.3550	9.32
37	4.3717	11.82	3.4313	9.27
38	4.4733	11.77	3.5075	9.23
39	4.5750	11.73	3.5838	9.19
40	4.6767	11.69	3.6600	9.15
41	4.7783	11.63	3.7363	9.11
42	4.8800	11.62	3.8125	9.08
43	4.9817	11.59	3.8888	9.04
44	5.0833	11.55	3.9650	9.01
45	5.1850	11.52	4.0413	8.98
46	5.2867	11.49	4.1175	8.95
47	5.3883	11.46	4.1938	8.92
48	5.4900	11.44	4.2700	8.90
49	5.5917	11.41	4.3463	8.87
50	5.6933	11.39	4.4225	8.85

* Valor que se multiplica por 2, 3, 4 ó 5 veces según permite el agricultor.

4. Estructuras para control de azolves

Son diferentes tipos de presas que se construyen en forma perpendicular a la dirección de la corriente teniendo como finalidad disminuir la velocidad del agua y suavizar la pendiente de la cárcava por la sedimentación de azolves

Las cárcavas constituyen socavaciones producidas en el terreno debido al flujo incontrolado del agua proveniente del escurrimiento superficial y se forman generalmente siguiendo las depresiones naturales, debido a un mal manejo del suelo, el agua y la cobertura vegetal. La falta de obras de conservación de suelos permite que el agua escurra libremente causando daños en caminos, carreteras o en obras mecánicas construídas para detener la erosión, produciendo así la ruptura de canales de desviación o terrazas

Las cárcavas pueden ser pequeñas, medianas o grandes según la profundidad que hayan alcanzado correspondiendo valores de: menos de 1 metro, entre 1 a 5 metros y mayores a 5 metros, para el caso respectivo .

Las presas pueden ser de carácter temporal (empleadas en cárcavas pequeñas en base a vegetación arbórea o permanente (cuando el material utilizado es de larga duración) como se verá posteriormente.

Previo a la construcción de cualquier tipo de estructura para controlar azolves debe tomarse en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- La altura de la presa se mide desde el fondo de la cárcava hasta la cresta del vertedor y tiene influencia sobre el espaciamiento entre estructuras y el volumen de sedimentos retenidos. La altura depende tanto del tamaño de la cárcava como de la disponibilidad y el costo de los materiales para la construcción, debiendo no exceder a 1.50 m en caso de presas temporales y de hasta 5 m de altura efectiva para presas permanentes.
- El espaciamiento entre dos presas o la distancia horizontal que las separa se establece mediante el sistema cabeza pie que significa construir la presa en la parte donde termina el sedimento depositado por la presa siguiente, que se encuentra aguas abajo (espaciamiento unitario), o también se puede considerar un doble espaciamiento unitario omitiéndose algunas estructuras.

El espaciamiento unitario se calcula:

$$E = \frac{H}{P_c} \times 100$$

Donde:

E = Distancia entre dos presas consecutivas (m)

H = Altura efectiva de la presa(m)
Pc = Pendiente de la cárcava (°/o)

- El empotramiento debe orientarse capaz de que el agua no produzca socavaciones que pongan en peligro la estabilidad de la obra.
- Las presas deben estar provistas de un vertedor que es generalmente de cresta ancha y la descarga se calcula mediante la fórmula:

$$Q = 1.45 L H^{3/2}$$

Donde:

Q = Volumen máximo de descarga (l/seg)
1.45 = Coeficiente del vertedor
L = Longitud efectiva del vertedor (m)
H = Carga sobre la cresta del vertedor (m)

- Es necesario crear un revestimiento o "delantal" con el mismo material que se construye la presa en la zona inmediata aguas abajo de la estructura, para evitar efectos erosivos que pueda causar el agua que pasa por el vertedor, el delantal tendrá una longitud equivalente de 1.5 a 1.7 veces la altura efectiva de la presa.

a. Presas de Ramas

Son de tipo temporal y se utilizan en cárcavas pequeñas o medianas con áreas de captación pequeña y donde existe abundante vegetación arbórea.

La construcción se realiza abriendo una zanja de 0.30 m de ancho por 0.30 m de profundidad en sentido perpendicular a la dirección de la cárcava, luego se colocan postes empotrados en la cárcava y que sirven de sostén a las ramas a colocarse las cuales van sujetas con alambre y con las puntas hacia abajo, éstas ramas van muy juntas entre sí y deben utilizarse también para la formación del delantal aguas abajo. Se ha probado con buenos resultados los rastrojos de cereales como trigo, cebada, avena, como material de relleno y para el delantal, los cuales se colocan uno junto a otro en forma de pacas (rastrojos compactados con empacadoras).

b. Presas de palos acomodados horizontal y verticalmente.

Estructuras más comunes en el control de cárcavas pequeñas o medianas y con cuencas de drenaje pequeños siendo factible su utilización en zonas donde existen suficientes palos. Son también de carácter temporal, de construcción sencilla y consiste en abrir una zanja de 0.30 m de profundidad por 0.30 m de ancho, se colocan luego los postes de 0.20 m de diámetro por 2 m de largo uno junto a otro asegurándose de empotrar en los taludes los extremos de la estructura, posteriormente se rellena la zanja con tierra apisonando bien el suelo. Foto 43.



FOTO 43. Diseño y construcción de presa de palos acomodados en sentido vertical, con vertedor central.



FOTO 44. Presa de palos acomodados en sentido vertical, con vertedor central.



FOTO 45. Estabilización de presas de palos acomodados.

FOTO 46. Presa de sacos de yute rellenos con tierra.



FOTO 47. Presa de piedra acomodada.

FOTO 48. Presa de gaviones.



En la parte central de la presa se hace un corte que actúa como vertedor para que descargue el agua. Foto 44.

Los postes finalmente van asegurados con alambre de púa y grapas en hileras cada 0.20 m lo cual estabiliza en mayor grado la presa e impide el robo del material. Foto 45.

Para la presa en sentido horizontal se seguirá el criterio anterior, considerando que los postes estén asegurados en los taludes del terreno (unos 0.50 m incrustados en el borde) y debidamente colocados uno sobre otro para luego protegerlos con alambre de púa y grapas consiguiéndose una mayor estabilidad de la estructura.

c. Presas de sacos de yute con tierra

Constituyen obras de tipo permanente, aunque en ocasiones resultan temporales debido a la consistencia del material, se utilizan para zanjas y cárcavas amplias y poco profundas y consiste en hacer una excavación de acuerdo con el tamaño de sacos rellenos con tierra y disponer en forma tal que queden travados o entrecruzados entre sí. En la última fila acomodada, se debe dejar una escotadura central que sirve como vertedor del agua de escurrimiento. Foto 46.

d. Presas de piedra acomodada

Su diseño es de tipo permanente debido a la duración del material y se recomiendan para cuencas y cárcavas pequeñas o medianas y su construcción depende de la facilidad para conseguir la piedra y el costo del material.

El procedimiento de construcción es similar a la presa de palos acomodados, se establece una cimentación en la base de la cárcava y las piedras, sean planas o redondeadas son acomodadas hasta cumplir con las especificaciones para el talud y la altura de la presa, queda la parte central más baja para que sirva de vertedor. Foto 47.

e. Presas de gaviones

Son estructuras de carácter permanente constituídas por mallas de alambre que se unen para formar una caja o paralelepípedo, que se rellena con piedra. Se recomiendan para cárcavas de cualquier tamaño por sus buenos resultados.

Para su construcción se establece la zanja en sentido perpendicular a la pendiente y se colocan los cajones que son generalmente de 1 m³ y se rellenan con piedra de cualquier tamaño, procurando taponar las oquedades entre piedras grandes con otras de menor tamaño, los gaviones quedan unidos entre sí mediante amarres con alambre.

El delantal de la presa se construye aguas abajo con dimensiones variables, pero con el fin que se amortigue la caída de agua a través del vertedor. Foto 48.

5. Terrazas

Desde tiempos primitivos el hombre ha construido un tipo de canales distribuidos a intervalos adecuados para cortar la pendiente y la escorrentía, evitando en esa forma que el agua corra libremente a velocidades cada vez mayores y provocando daños al suelo. Estas obras se denominan

terrazas y constituyen terraplenes formados entre los bordes y canales contruídos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno. Foto 49.

Existen diferentes tipos de terrazas de acuerdo con la condición de escurrimiento y a la sección transversal de las mismas, entre las primeras se tiene:

- a. Terrazas de absorción: Su construcción se realiza a nivel con el fin de almacenar el agua a lo largo de la terraza, se recomiendan en áreas de precipitaciones bajas que tengan suelos profundos con buena permeabilidad.
- b. Terrazas de desagüe o drenaje: Se utilizan en: zonas húmedas, de altas precipitaciones y períodos de lluvia prolongados, en suelos donde la permeabilidad y su profundidad permiten que el agua se acumule en exceso debiendo por tanto ésta ser desalojada hacia cauces naturales, u obras protegidas y que han sido previamente construídas como son los bordes de campo y caminos de agua.

En cuanto a la sección transversal existen terrazas de base ancha y angosta ajustándose a las condiciones de pendiente, tipo de suelo y cultivos que se encuentren establecidos en la finca.

El espaciamiento entre terrazas depende de la pendiente, la precipitación, el tamaño de las parcelas y los implementos agrícolas que se van a utilizar, de cualquier forma, éstas deberán diseñarse con la capacidad suficiente para almacenar o transportar las mayores cantidades de agua que se produzcan con las precipitaciones máximas por lo que es necesario disponer de datos meteorológicos registrados de los últimos 10 años con sus respectivas intensidades máximas.

El espaciamiento se puede ajustar según los intervalos horizontal y vertical explicados anteriormente en los canales de desviación.

Otro factor que debe considerarse es la longitud de las terrazas, pues espaciamientos largos presentan dificultad para la construcción y manejo, éstas estructuras se pueden diseñar con espaciamientos de 400 m para suelos arcillosos y 250 m para los arenosos.

Para la construcción de las terrazas debe considerarse esencialmente:

- 1) Época de construcción: Será durante la estación seca en donde no se dificulte la operación de la maquinaria agrícola y los movimientos de tierra correspondientes.
- 2) Equipo para la construcción: Se utiliza mano de obra valiéndose de un nivel en A e implementos rústicos (azadón, pala, pico) para pequeños movimientos de tierra; este sistema actualmente es utilizado por los habitantes de la Cordillera de los Andes, tal es el caso de Ecuador, Perú. Para movimientos grandes de tierra será necesario disponer de equipo pesado (Buldozer, niveladoras, etc), en todo caso no deben realizarse grandes movimientos de tierra que causen cambios de volumen por compactación y reacomodo de las partículas del suelo durante las diferentes operaciones.



FOTO 49. Terrazas

LITERATURA CONSULTADA

1. **ANAYA G. MANUEL, MARTINEZ M. MARIO et. al.** 1982, "Manual de Conservación del Suelo y del Agua", 2da. edición, Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, Dirección General de Conservación del Suelo y Agua.
2. **CARDENAS C., HUGO.** 1987, Tesis Ing. Agrónomo, "Relación precipitación-escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la microcuenca de las quebradas El Pugru y Saguanchi", INIAP, Estación Experimental "Santa Catalina".
3. **DELGADO FERNANDC** 1987, Prácticas agronómicas de conservación de suelos, CIDIAT, Venezuela, 69 p.
4. **FLORES DEL POZO, CARLOS R.** 1979, Tesis Ing. Agrónomo, "Medición de las características de erosionabilidad de un suelo Entic-Dystrandep", INIAP, Estación Experimental "Santa Catalina".
5. **HUDSON, NORMAN** 1981, "Soil Conservation", Second Edition, Ithaca, New York, Cornell University, Press U.S.A. pp 38.
6. **JARAMILLO E., VILLALBA H.** 1985, Tesis Ing. Agrónomo, "Estimación preliminar de la pérdida de suelo superficial bajo diferentes sistemas de labranza en maíz", INIAP, Estación Experimental "Santa Catalina".
7. **KIRBY, M.J., MORGAN R. P. C.** 1984, "Erosión de los Suelos", Primera edición, Editorial Limusa S.A. México D.F. pp 68.
8. **ORBE, GILBERTO** 1983, Copiados de curso sobre conservación y manejo de recursos naturales renovables, Cuenca-Ecuador.
9. **SOLANO DE LA SALA, J. A.** 1982, Tesis de Maestría en Ciencias, "Efecto de la relación precipitación escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la cuenca del río Texcoco", Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
10. **SOLANO DE LA SALA, J., TAYUPANTA J. et. al.** 1986, "Conservación y Manejo de Suelos y Aguas", Boletín de Divulgación y Enseñanza, Capacitación Técnica, INIAP, Estación Experimental "Santa Catalina".
11. **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE** 1979, "Engineering Field Manual for Conservation Practices", Third Printing, Soil Conservation Service, Washington D.C.
12. **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE** 1979, Technical Guide Section IV, Soil Conservation Service, North Carolina.

“ El Proteca es un esfuerzo del Gobierno Nacional para elevar los niveles de producción y productividad del sector rural. Mediante la integración de las actividades de investigación, extensión agropecuaria, producción de semillas y la capacitación de técnicos y agricultores”.

*PRODUCCION:
DEPARTAMENTO DE COMUNICACION SOCIAL
DEL INIAP
Casilla 2600 -- Quito - Ecuador
Publicación Miscelánea No. 54
Septiembre, 1990
AdeR.*