

Manual de Conservación de Suelos y Agua



Gabriel Sánchez Ledezma
Fernando García Flores
Humberto Morales Fuentes

CECADESU

Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable

**MANUAL
DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

1a. reimpresión

**Gabriel Sánchez Ledezma
Fernando García Flores
Humberto Morales Fuentes**



México 2001

Manual de conservación de suelos y agua

Primera edición: 1997

Primera reimpresión: 2001

Ilustraciones: Gabriel Gutiérrez

D.R. © Centro Campesino para el Desarrollo Sustentable, A.C.

Av. Obregón Norte 54,

90240, Hueyotlipan, Tlaxcala

Teléfono (01) 241 501 80

campesin@apizaco.podernet.com.mx

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por la edición.

Bulevar Adolfo Ruíz Cortínez 4209, col. Jardines en la Montaña,

14210, México, D.F., Tlalpan

www.semarnat.gob.mx/cecaadesu

Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable

Progreso 3, primer piso, col. del Carmen Coyoacán,

04100, México, D.F.

Teléfono: 5658 3380 y 5658 3431

Correo electrónico: cecaadesu@semarnat.gob.mx

ISBN 968-817-386-X de la primera edición.

ISBN 968-817-501-3 de la reimpresión.

Impreso y hecho en México.

PRESENTACIÓN

La Cruzada por los Bosques y el Agua es un esfuerzo para motivar y comprometer a los diversos grupos sociales y económicos a favor de la recuperación del entorno, potenciar los recursos económicos y conservar nuestros bosques, principales centros de producción de oxígeno, retenedores de suelo, hábitat de la biodiversidad y captadores de agua de lluvia.

Para llevar a cabo esta Cruzada deben incorporarse todos los sectores del país, además de fomentar la participación de la sociedad civil y sus organizaciones, quienes tendrán la oportunidad de emprender acciones concretas para mejorar el medio ambiente.

Limitar la ampliación de la frontera agrícola a favor de las masas forestales es una tarea a realizar. Sin embargo, debemos presentar alternativas para la conservación de los terrenos donde se realizan actividades productivas agropecuarias, sobre todo en las áreas rurales, ya que proveer de alimentos suficientes a la población mexicana exige aumentar 50% los rendimientos actuales de los principales productos del campo. Por otra parte, las tierras aptas para la agricultura han llegado a sus límites productivos o están a punto de hacerlo.

Esta situación ha impulsado a la gente a revalorar el potencial de las tierras marginales; es decir, lugares de topografía accidentada y carentes de infraestructura para el riego. Para producir en estos terrenos es necesario pensar en modelos productivos distintos a los de la Revolución Verde.

El presente trabajo es el resultado de varios años de difusión de prácticas agrícolas en terrenos marginales, donde la conservación de suelos ha permiti-

do aumentar los rendimientos de los cultivos, mejorar las características de los suelos, aumentar la fertilidad y disminuir la aplicación de insumos externos como fertilizantes y plaguicidas.

Esta reimpresión del *Manual de conservación de suelos y agua* es posible debido al interés del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en apoyo a las acciones de la Cruzada por los Bosques y el Agua.

El contenido de este pequeño manual es el resultado de l esfuerzo y el trabajo de mucha gente, quienes con alto espíritu de servicio y visionaria percepción de la problemática del campesinado han facilitado la formación del equipo de promotores agrícolas que han desarrollado esta experiencia en tierras tlaxcaltecas. Especial mención merece Rogelio Cova, quien impulsó este proceso de capacitación en distintas instituciones, a partir de las cuales se ha extendido su impacto, entre ellas, el Comité de Servicio de los Amigos de México, A.C.; Servicio, Desarrollo y Paz, A.C. (Sedepac) y el Centro de Educación Ambiental y Acción Ecológica, A.C., donde escribimos la primera versión de este manual. Durante quince años se han realizado cientos de cursos cortos, pláticas, recorridos y demostraciones en parcelas productivas, los cuales han permitido elaborar propuestas de acción para contener la erosión y mejorar las condiciones de vida de las comunidades.

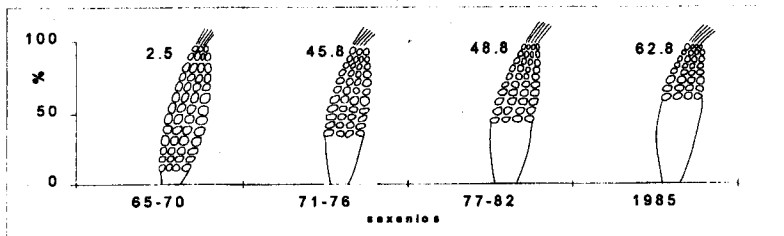
Campesino, A.C. continúa la labor iniciada por este equipo con el propósito de contribuir a que este esfuerzo perdure. Tenemos la confianza de que alimentar esta experiencia es una oportunidad para mejorar y conservar nuestros recursos naturales, así como mejorar nuestra calidad de vida y la de nuestros semejantes. Dedicamos este documento a la gente que ha resuelto afrontar la problemática ambiental y que confía en que un ingrediente indispensable es la dignificación de la labor de los productores del campo.

Los autores

INTRODUCCIÓN

La importancia de la agricultura se refleja fácilmente al observar nuestra alimentación. Ésta depende, generalmente, de la producción de granos y frutas. En este sentido, el apoyo al desarrollo de la agricultura evita la dependencia externa en el campo alimentario y posibles problemas de desnutrición de la población. Por ejemplo, la importación de alimentos en México no ha cambiado sustancialmente en los últimos años; en 1996 la compra de alimentos del exterior representó una salida de 1 200 a 1 600 millones de dólares. Ante el rápido crecimiento de la población en las últimas décadas, y la puesta en práctica de un modelo de desarrollo inadecuado, en México se ha realizado un mal manejo y sobreexplotación de los suelos, que ha ocasionado erosión, salinización, infertilidad y contaminación en gran parte de ellos.

Por otra parte, el modelo de desarrollo agrícola adoptado por nuestro país desde la década de los años 60, conocido como la Revolución Verde, requiere



Porcentaje de alimentos en relación con el volumen total de alimentos consumidos en el país.

superficies planas y la introducción de insumos externos como fertilizantes, herbicidas, plaguicidas y maquinaria agrícola, la cual muchos productores no están capacitados para manejarla y dependen de expertos técnicos externos, quienes deciden sobre el curso de los cultivos. Ejemplo de ello son las dosis de agroquímicos o el cultivo de variedades híbridas.

En México, con una gran diversidad geográfica y cultural, este modelo agrícola no ha mostrado viabilidad. Menos de 10% de los agricultores del país aplican el modelo de la Revolución Verde en su más pura esencia. Cabe destacar que 90% de los campesinos mexicanos cultivan sus parcelas de temporal en terrenos con pendientes pronunciadas y de baja productividad —los suelos de temporal, con buena productividad, producen aproximadamente 1.64 toneladas de maíz por hectárea al año y las parcelas marginales escasamente media tonelada de maíz al año—. La producción de alimentos para los mexicanos del futuro dependerá de este 90% de agricultores. Ante esta situación se requieren tecnologías manejables por los campesinos, adaptadas a diferentes patrones culturales y que integren la diversidad geográfica del país, en particular lo accidentado de nuestra topografía.

En este manual se describen prácticas que han demostrado ser viables en varias partes del mundo, algunas puestas en marcha en nuestro país durante más de 15 años por el equipo técnico de Campesino del ejido Vicente Guerrero, Tlaxcala. Estas prácticas, conocidas en su conjunto como conservación de suelos y agua, tienen como objetivo principal conservar y mejorar los suelos, así como aumentar la producción. Es importante señalar que en lugares donde se ha aplicado esta técnica cada año aumenta la producción y mejoran las condiciones de los suelos. La conservación de suelos y agua también es flexible en el sentido de los cultivos practicados y los instrumentos con que se realizan las labores agrícolas. Por último, permite incorporar nuevas prácticas o modificar las descritas aquí.

El contenido de este manual cubre los principales conceptos y procedimientos de la conservación de suelos y agua. En el primer capítulo se pretende ubicar cuáles son las mejores condiciones para tener éxito en la agricultura. En el segundo se describen las causas y efectos de la erosión. En las secciones siguientes se abordan las prácticas de conservación de suelos y agua. En el tercer capítulo se describen los procedimientos para establecer estructuras físicas que disminuyen la erosión. Los últimos dos apartados se refieren a prácticas que refuerzan la conservación de los suelos. El primero de ellos bosqueja las acciones que permiten el mejor aprovechamiento del terreno; el segundo analiza las acciones que deben realizarse para mejorar, aprovechar y mantener la fertilidad de los suelos.

EL SUELO Y LA AGRICULTURA

1. Composición del suelo. Partículas y seres vivos

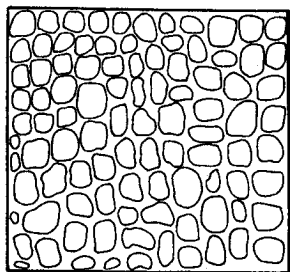
Hace miles de años la superficie del planeta Tierra estaba formada por piedras. No había suelo. El tiempo, el agua, el aire y el calor fueron fragmentando las piedras en pedazos cada vez más pequeños hasta deshacerlas y convertirlas en suelo. Así se formaron las arenas y los barros; ahí crecieron las plantas y los animales. Las plantas dejaban caer hojas; los animales aportaron su estiércol; los seres vivos murieron poco a poco y sus restos se transformaron por la acción de microorganismos. Por otro lado, de manera paulatina los minerales arrojados por los volcanes se mezclaron para formar el suelo. Actualmente hay pocos lugares en el mundo (cerca de los volcanes o de otras montañas) donde no ha ocurrido el proceso de formación de suelo. Muchas tierras todavía están en el mismo lugar donde se formaron en un principio. En cambio, hay otras que se han movido a diversos sitios, generalmente debido a corrientes de ríos o de aire. Por ello encontramos tierras diferentes en distintos lugares. Estas diferencias se deben a la variedad del clima, del terreno, de las clases de piedras y plantas que se mezclaron para formar la tierra y a las prácticas hechas por los agricultores. Hoy en día la tierra está formada por los siguientes componentes:

- a) *Materia inorgánica*: compuesta de piedras y material arrojado por los volcanes; es la parte de la tierra que nunca ha estado viva. Por su tamaño podemos distinguir diferentes tipos de partículas: piedras, gravas, arena, arcilla y limo.

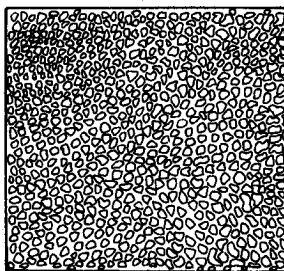
- b) *Materia orgánica*: incluye todo lo que estuvo vivo como plantas, animales, desperdicios de comida, etcétera. De 2 a 6% de la tierra está compuesta por materia orgánica. Muy pocas veces hay más de 6 kg de materia orgánica en cada 100 kg de tierra. A pesar de esta poca cantidad, la materia orgánica es muy importante, porque permite que la tierra sea más fértil, al conservar más humedad, aumentar el contenido de **nutrientes**, regular la acidez del suelo (pH) y facilitar el trabajo de labor de los cultivos. La materia orgánica y la inorgánica forman la parte sólida de la tierra.
- c) *Aire y agua*: entre las partículas o pedazos de la parte sólida del suelo siempre hay espacios. En el dibujo vemos varias partículas de tierra y los espacios que hay entre ellas. En estos espacios permanecen el aire y el agua. Cuando la tierra está seca los vacíos son ocupados por el aire, pero cuando llueve, el agua se introduce en ellos y el aire es desplazado. Una vez que el agua es absorbida por las plantas o se va a otros lugares dentro de la tierra, el aire llena otra vez estos espacios desocupados.

Las plantas no podrían sobrevivir sin el agua ni el aire que necesitan sus raíces para crecer. Por esta razón debe *barbecharse* el suelo para aflojarlo. Es decir, dejar más espacios entre las partículas sólidas de tierra para conservar la humedad.

Cuando hacemos un hoyo en la tierra, de acuerdo con la profundidad, podemos observar cambios de forma y color parecidas a capas sobre puestas. En la capa superior se observa un color oscuro y materia orgánica. Debajo de esta capa se encuentra el subsuelo con menos materia orgánica, generalmente más arcilloso y compacto. La capa superior es muy importante para el agricultor, ya que es ahí donde se desarrolla la mayoría de los cultivos. Como las raíces crecen en esa capa es fácil saber que la mayor parte del agua y los alimentos que las plantas consumen provienen de esta capa. Además, todas las



Textura arenosa



Textura arcillosa

prácticas hechas en la tierra, desde la aplicación de abonos hasta su movimiento, afectan mayormente la capa superior y no la tierra situada más abajo. Por otra parte, el subsuelo también tienen importancia para el agricultor, ya que contiene muchos alimentos para las plantas, no sólo los que siempre han estado ahí, también los que se filtran desde la capa superior por la acción de la lluvia.

2. La vida en el suelo

Una gran cantidad de seres vivos habitan el suelo: lombrices, escarabajos, arañas, gallinas ciegas, gusano alambre y muchos **microorganismos** que no podemos observar; no obstante, realizan las mismas funciones que cualquier ser vivo: nacen, crecen, se reproducen y mueren. Este ciclo permite transformar el suelo en varios aspectos.

Al moverse de un sitio a otro, muchos microorganismos colaboran con el agricultor en la formación de huecos y túneles, los cuales aumentan la porosidad del suelo. Esto permite que la humedad y las raíces penetren con mayor facilidad. Otros, al alimentarse de insectos, desechos vegetales, rastrojos y estiércol, convierten estos materiales en excretas, y facilitan que los minerales sean utilizados por las plantas; estas excretas también aglutinan y unen suavemente las partículas de suelo.

Lo anterior contradice la creencia de que todos los seres vivos que habitan los suelos perjudican los cultivos y, por tanto, deben eliminarse.

En la naturaleza nadie ni nada está de más; por el contrario, los nutrientes para las plantas son proporcionados por los seres vivos y el suelo; y los residuos agrícolas son el alimento de los seres vivos y funcionan como mejoradores del suelo. Todo está relacionado, si algo le pasa a uno afecta a los otros. Lo recomendable es informarnos, al hacerlo, podemos conservar los recursos y aumentar la producción de alimentos.

3. Textura de la tierra

Es importante saber que la mezcla de las diferentes partículas produce varios tipos de suelo. La mezcla de arena, arcilla y limo se denomina textura. Ésta influye en las siguientes características del suelo: cantidad de nutrientes en la tierra, capacidad de conservar la humedad y retención de los nutrientes y la materia orgánica, buen drenaje, y facilidad para trabajarla. Si la tierra es de textura arenosa probablemente se encontrarán las siguientes desventajas: 1)

contienen muy pocos nutrientes, 2) no conserva bien la humedad, 3) se erosiona más fácilmente, y 4) tienen poca capacidad para conservar los nutrientes, que habrán de agregarse como materia orgánica y fertilizante. Las ventajas son buen drenaje y fácil de cultivar. Los suelos de textura arcillosa son comunes en México; son compactos y duros cuando están secos, por lo cual son difíciles de labrar. Cuando llueve se forman charcos y *escorrentía* muy rápido; se mantienen húmedos por mucho tiempo y contienen altos porcentajes de materia orgánica. La tierra de textura mediana, que tiene arena y arcilla en buenas cantidades, posee todas las ventajas de las dos clases de tierra antes mencionadas, sin desventaja alguna. Este tipo de tierra es la más fértil.

Textura limosa. Esta clase de tierra presenta muchas desventajas debido a que retiene la humedad por mucho tiempo y, por otra parte, a lo pequeño de sus partículas; cuando llueve forma una capa impermeable y no deja filtrar la humedad. En estos terrenos es común que los cultivos mueran por pudrición de la raíz.

4. ¿Cómo saber si un suelo es arenoso, arcilloso, limoso o franco?

En el campo existen prácticas como la botella con agua y el tacto en suelo húmedo que permiten mostrar la cantidad de partículas que forma el suelo de un terreno, lo que da una idea del tipo de textura .

Botella con agua



- a) Llenar tres cuartas partes de una botella de vidrio transparente con tierra de la capa arable.
- b) Rellenar con agua y agitarla hasta que se mezcle bien con la tierra, procurando que no se salga el agua.
- c) Reposar la mezcla hasta que se asienten las partículas. Las más pesadas (arena) formarán una capa en el fondo, después se formará una capa de polvo finísimo constituido por el limo y, finalmente, la arcilla se disolverá en el agua. Los restos de vegetales formarán una capa sobre el limo o flotarán en el agua.

Tacto en suelo húmedo

Consiste en tomar con una mano un poco de suelo de la capa arable, humedecerla y frotar los dedos sobre ella; con un poco de práctica se notará que:

- a) Los suelos arcillosos son pegajosos y sirven para moldear figuras;
- b) los suelos limosos son de consistencia pastosa-chiclosa, similares a la mantequilla o al jabón, y
- c) los suelos arenosos están compuestos de tierra suelta que no se **cohesiona**, por lo que no pueden moldearse figuras.

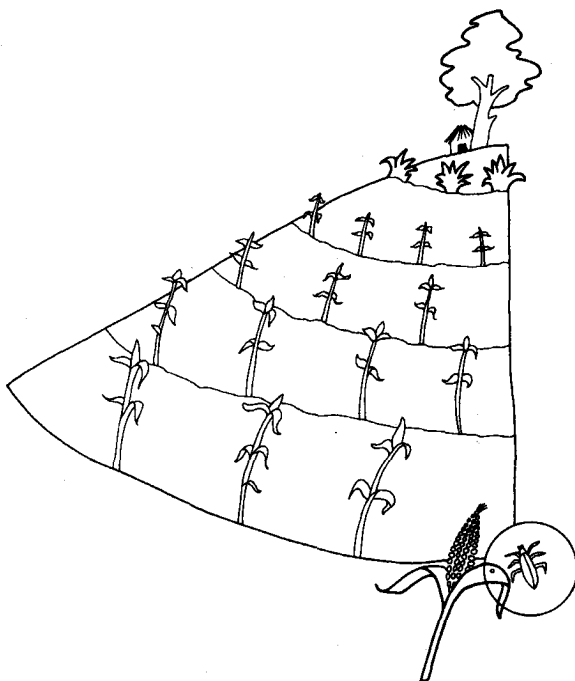
Es muy importante identificar la textura del suelo para escoger las mejores técnicas y disminuir las desventajas y aprovechar las ventajas del terreno. En el siguiente cuadro se presentan algunas ideas básicas que pueden servir para tomar decisiones.

5. Recursos que ayudan a la agricultura

Medidas para aprovechar las ventajas y disminuir las desventajas de la textura del suelo

Características	Arenoso	Arcilloso	Limoso	Franco
Filtración de agua y drenaje.	Nunca se encharca.	Se forman charcos y escorrentía rápidamente.	Se encharca.	Buena filtración y buen drenaje.
Retención de humedad.	No retiene.	Sí retiene.	Sí retiene.	Sí retiene.
Retención y disponibilidad de nutrientes.	Mala.	Abundante.	Mala.	Buena.
Facilidad para trabajar el terreno.	Siempre se puede trabajar.	No se puede trabajar por el exceso de humedad y cuando está seco es muy duro.	Igual que los arcillosos. Una vez secos son terrenos difíciles de desbaratar.	Los terrenos secos se desbaratan con facilidad.
Medidas recomendadas.	Zanja a nivel. Incorporación de abonos.	Zanjas y terrazas a 1% de desnivel. Incorporación de abonos.	Zanjas y terrazas a 1% de desnivel. Incorporación de abonos.	Zanjas a nivel e incorporación de abonos.

Nota: Zanjas en terrenos de hasta 45% de inclinación y terrazas en parcelas con una pendiente de 45 a 60 por ciento.



El suelo y su cubierta vegetal, los seres vivos, el agua, la temperatura, la luz del sol y el aire son recursos que en forma adecuada permiten obtener cultivos productivos. Podemos notar que un suelo **estéril/árido** tiene las siguientes características: no permite que penetre suficiente aire ni agua; carece de la materia orgánica suficiente; los microorganismos no pueden vivir; las raíces no se desarrollan fácilmente, y la estructura y textura del suelo no es buena. Por esta razón, es importante identificar los elementos que necesitamos incorporar o corregir en nuestros terrenos para mejorar su fertilidad y obtener mejores cosechas.

6. Reconocimiento del terreno

Es preciso hacer un recorrido del terreno para observar la inclinación, la vegetación, la erosión, los cultivos y los problemas de producción que pueden presentarse por deficiencias de nutrientes y presencia de plagas.

LA EROSIÓN

1. Definición, agentes y clases

La erosión se define como la **remoción** y pérdida del suelo de su lugar de origen, ocasionada principalmente por la acción del agua y del viento. Es un proceso en donde interactúan los siguientes elementos:

- *Agua.* La fuerza de la **precipitación pluvial**, así como su desplazamiento por la superficie en forma de corriente, causa la remoción y transportación del suelo.
- *Viento.* Desprende y carcome las rocas; transporta y deposita las partículas del suelo arrastradas. Un ejemplo de ello son los remolinos, que en la temporada de secas se mueven a altas velocidades y forman columnas de aire que arrastran las partículas o pedacitos de suelo, trasladándolas a grandes distancias.
- *Temperatura.* Los cambios de temperatura ocurridos durante el día y la noche, así como los cambios entre las estaciones de verano e invierno, provocan que las rocas se desquebrajen y que el suelo se reseque, permitiendo su arrastre por el aire o el agua.
- *Agentes biológicos.* Destruyen las rocas y exponen el suelo a la erosión causada por el agua y el viento.

La erosión del suelo puede dividirse en dos grandes clases:

- **Erosión geológica:** es ocasionada por diversos fenómenos naturales. Es un proceso muy lento, que necesita muchos años para producir cambios en la superficie de la tierra. La erosión natural es un proceso constante que se presenta a pesar de todo lo que haga el hombre para evitarla.
- **Erosión inducida:** es la causada por el hombre; acelera la pérdida de los suelos al destruir la cubierta vegetal con las labores de los cultivos, el exceso de los barbechos y las rastras continuas, dejan demasiado suelto el suelo, lo que facilita que el agua y el viento lo arrastre; las talas desmedidas y los sobrepastoreos, y la quema de rastrojos y bosque.

2. *Salpica y cubierta muerta*

Cuando llueve las gotas golpean el suelo, desmenuzándolo en pequeños pedazos o partículas. Este material se eleva junto con el agua para caer nuevamente en el suelo en forma de lodo, el cual se deposita en las cavidades o poros del suelo. Este lodo, llamado limo, que al secarse parece una costra, cierra los poros del suelo e impide la penetración del agua. Por esta razón, aunque llueva, el agua no penetra y escurre formando **escorrentías**, las cuales arrastran las partículas y se produce la erosión. ¿Qué puede recomendarse para impedir la erosión? Evitar la causa de ésta: el golpe de las gotas de agua. Esto se logra tapando o cubriendo el suelo, para lo cual se usan dos clases de cubiertas: la muerta (rastrajo de maíz, cáscaras de todo tipo, virutas, aserrín, ramas, paja de trigo, hojas secas de árboles, etc.), y la cubierta viva (pastizal, árboles frutales, cultivos como maíz, papa, chícharo, tomate, frijol, camote, trigo, arroz, etc.) La mejor cubierta viva la forman los cultivos densos (alfalfa, cebada, avena, trébol, etc.) Por ello, es importante no quemar el rastrojo. Aunque la quema es una práctica muy arraigada para limpiar los terrenos después de las cosechas, los beneficios son menores que el mal que se quiere evitar, por ejemplo:

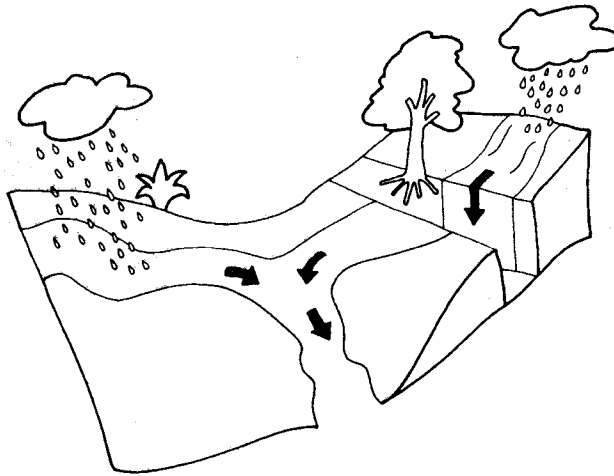
- a) El suelo queda desnudo y en posibilidades de erosionarse;
- b) se quema una parte importante de materia orgánica, y
- c) al quemar, se causan daños a los alrededores de la parcela.

3. *Escurrimiento y filtración*

No toda el agua de lluvia penetra en el suelo; una gran cantidad se escurre, este fenómeno se denomina *escorrentía*. La cantidad y velocidad de ésta influye en la

erosión. Por otra parte, la penetración del agua de lluvia en la primera capa del suelo se llama filtración.

Las condiciones de los terrenos determinan la cantidad de agua que se filtra en ellos. Si dos suelos son iguales en todas sus condiciones, pero uno está **roturado** y el otro no, el agua penetrará mejor en el roturado. Si un terreno es plano y otro ladera, el líquido penetra más en el plano porque en las laderas el agua no se detiene, ya que pasa rápido y no tiene el tiempo suficiente para filtrarse en la tierra. Penetra más agua en un suelo con suficiente vegetación que en otro que carece de ella, ya que cada tallo reduce la velocidad del agua, las raíces perforan el suelo, el follaje hace sombra y evita la evaporación y hay más materia orgánica que absorbe fácilmente el agua. En un terreno cubierto de vegetación con raíces profundas penetra más el agua que en un suelo donde la vegetación tiene raíces superficiales o cortas. Un agricultor puede facilitar la filtración de agua en su terreno si realiza las siguientes prácticas:



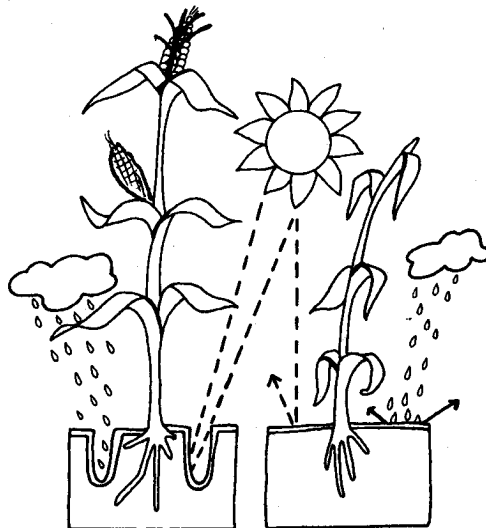
- Rotular y **mullir** bien si el terreno es compacto;
- trazar curvas a nivel y construir **acequias** o zanjas de ladera;
- mantenerlo con cubierta vegetal el mayor tiempo posible;
- sembrar plantas de raíces profundas, y
- aplicar el sistema de cultivo en fajas.

4. Rotulación y mullimiento de los suelos

Por rotulación de suelos se entiende romper la capa arable del suelo (a una profundidad de 20 a 30 cm) para facilitar la penetración del agua, la luz, el aire, las raíces, etc., y para que los macro y microorganismos trabajen mejor dentro de la tierra y haya mejor drenaje. El suelo se rotula con palas, arado de tracción animal o mecánico. Si no se realiza la rotulación, el suelo se compacta y se filtra poca agua de lluvia. Esto provoca que el suelo se reseque. Además, existe mal crecimiento de la raíz porque se desarrolla superficialmente. Por último, no se aprovechan bien los fertilizantes, ya que el suelo es de capa delgada y no penetran, de tal manera que el agua los arrastra fácilmente.

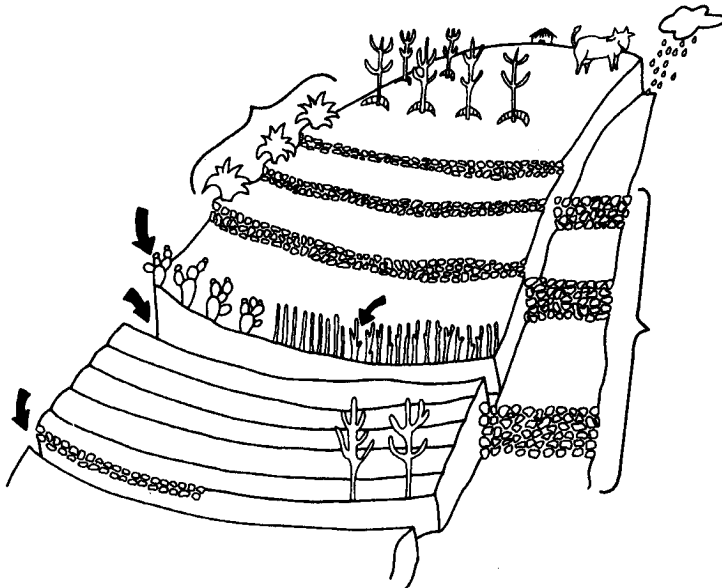
Rotular después de haber terminado las lluvias proporciona las siguientes ventajas: ayuda a controlar las plagas por los cambios de clima; barbechar el suelo con anticipación se considera un trabajo adelantado y se podría sembrar en seco, y proporciona el tiempo suficiente para que se pudran los abonos verdes y los restos de los cultivos se incorporen como materia orgánica.

Después de la rotulación se practica el mullimiento; éste consiste en romper los terrones grandes hasta convertirlos en pedazos pequeños. Las ventajas son: aumentan los poros del suelo y se capta más agua; las plantas crecen parejas al no haber terrones que obstaculicen su crecimiento, en particular las hortalizas; las raíces tiernas y finas crecen con facilidad, profundizándose mejor, y facilita los trabajos de limpieza o labores de cultivo, así como una germinación uniforme de las semillas de cualquier especie.



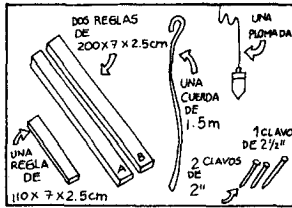
MEDIDAS MECÁNICAS

Para evitar la erosión y aumentar la filtración del agua deben realizarse las siguientes prácticas, de acuerdo con la pendiente de los terrenos y del tipo de textura del suelo: curvas a nivel o desnivel; terrazas continuas e individuales; terrazas de camellón; barreras vivas; barreras muertas y **diques**.

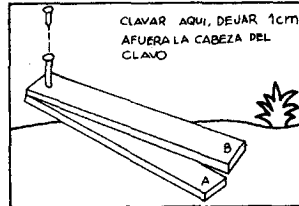


Para efectuar estas medidas es necesario seguir los siguientes pasos: 1) construir el aparato A o cilindro rústico, 2) obtener el porcentaje de inclinación, 3) consultar la tabla de distancias, 4) ubicar la línea madre, 5) trazar curvas al nivel o desnivel, 6) corregir los trazos, 7) construir zanjas o acequias, y 8) terracear. Estos pasos se describen a continuación.

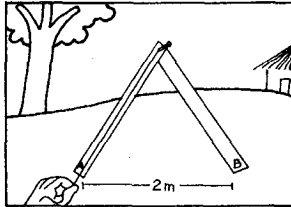
1. Construcción del aparato A



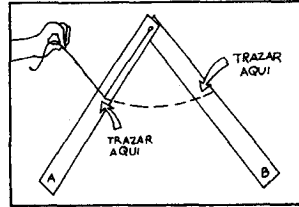
1. Reunir el material.



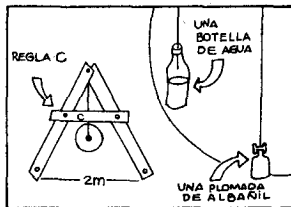
2. Colocar la regla "B" sobre la "A" y clave.



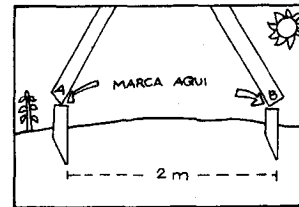
3. Separe 2 mts. los extremos de las reglas. Cuelge el hilo del clavo y extiéndalo sobre "A".



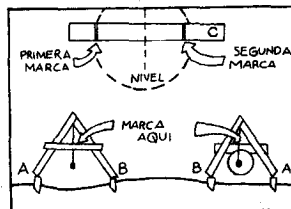
4. Doble el hilo por la mitad y marque en ambas reglas.



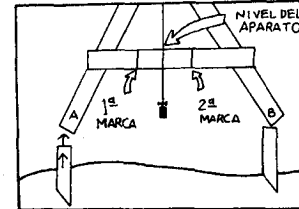
5. Sobre las marcas clave la regla "C" asegurando que los extremos se separen 2 metros. Cuelge la plomada en el clavo.



6. Clave dos estacas grandes en el suelo, coloque sobre el aparato "A", marque el sitio donde se apoyan "A" y "B".



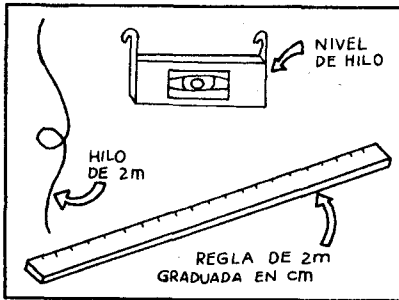
7. Marque en "C" el lugar por donde pasa el hilo de la plomada, invierta la posición del aparato y vuelva a marcar en "C".



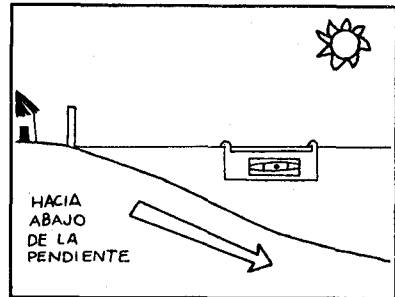
8. El sitio entre las dos marcas es el nivel del aparato. Nivela las estacas hasta que coincidan con el hilo de la plomada, invierta la posición y verifique.

2. Porcentaje de inclinación o de pendiente

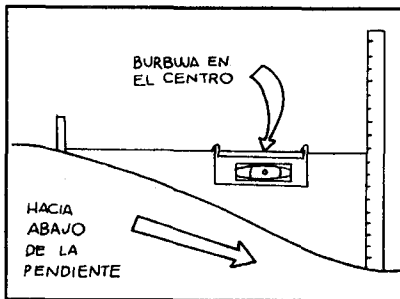
Si observamos una ladera notaremos que existen partes donde la inclinación es más pronunciada que en otras. Para saber qué tipo de medida de conservación debemos realizar en nuestros terrenos es preciso conocer el porcentaje de inclinación de la ladera, el cual se calcula de la siguiente manera:



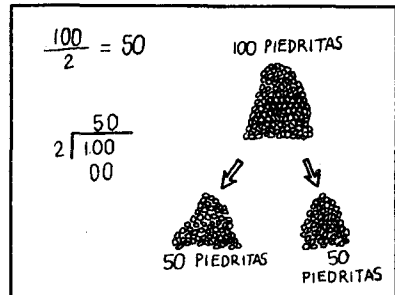
1. Reunir los materiales.



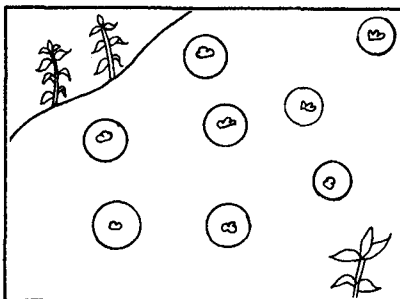
2. Colocar el nivel sobre la cuerda. Extender la cuerda hacia abajo de la pendiente.



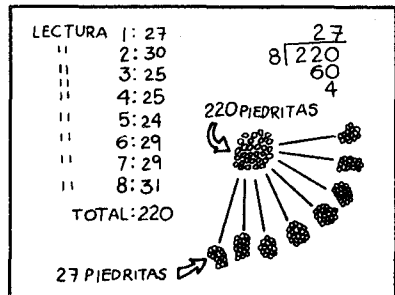
3. Poner la cuerda a nivel. Medir en el extremo cuántos centímetros de altura de diferencia tiene en estos dos metros.



4. El resultado anterior dividido entre dos.



5. Repetir por lo menos 8 veces en todo el terreno estas condiciones.

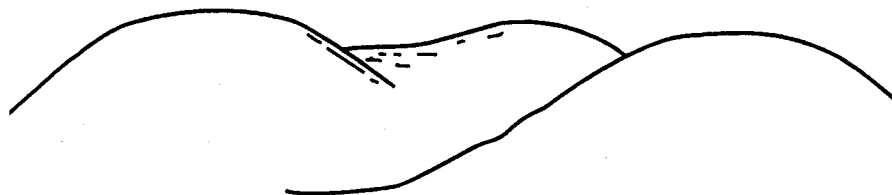


6. Promediar las mediciones. Este último valor se usará en los siguientes procedimientos.

Es importante saber que las laderas reciben diferentes nombres, según su porcentaje de inclinación. En el cuadro siguiente se presentan los porcentajes y el nombre correspondiente.

Porcentaje de inclinación de la ladera	Nombre de la ladera
1-2	Plana
3- 5	Suavemente inclinada
6-12	Moderadamente inclinada
13-20	Fuertemente inclinada
21-40	Moderadamente escarpada
41-60	Escarpada
60 o más	Muy escarpada

Sabemos que el agua no escurre igual en todas las laderas. Por eso, la distancia entre zanjas o **terrazas** son diferentes para cada ladera, según su inclinación. Por ejemplo, en una ladera con 20% de desnivel, la distancia horizontal entre zanjas debe ser de 14 m; mientras que para una ladera con 10% de desnivel la distancia entre éstas debe ser de 20 m, porque mientras mayor sea el porcentaje de inclinación de la ladera, el agua escurre más rápido y en mayor cantidad. Por esta razón las zanjas a nivel deben estar más cerca una de otra, para que puedan aprovechar la mayor cantidad de agua posible.



3. Tabla de distancia

Para saber la distancia entre zanjas debe consultarse la tabla siguiente:

Para una ladera del siguiente porcentaje	Distancia horizontal entre zanjas (metros)
2	30
5	28
8	24
10	20
14	18
16	16
20	14
25	12
30	10
35	8
40	6
45	4

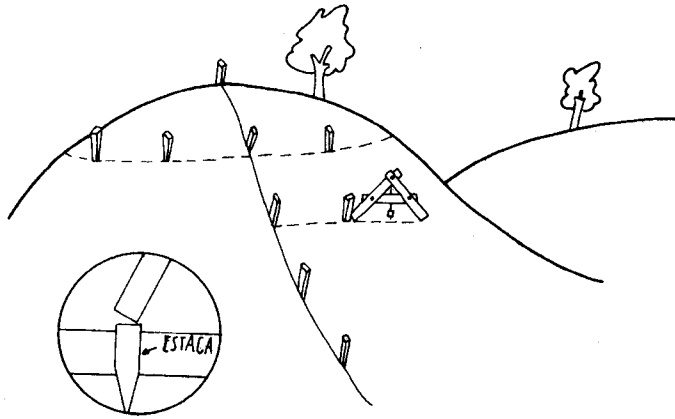
En laderas con más de 45% de inclinación se recomiendan las *terrazas individuales o continuas*. La distancia entre éstas depende si es para reforestación o para árboles frutales y de la clase de árboles que se siembren. Si las laderas tienen más de 60% de pendiente se dejan únicamente para la vida silvestre. Las distancias pueden variar un poco para poder establecer un número determinado de surcos o bien, para determinada maquinaria agrícola.

El uso de esta tabla ha dado muy buenos resultados en suelos bastante profundos de buen drenaje, así como en lugares inclinados, donde existe mayor necesidad de conservar el agua.

4. Colocación de la línea madre

En el terreno, la distancia entre zanjas se calcula con ayuda de la línea madre, que consiste en una fila de estacas clavadas en dirección de la ladera. A continuación se describe el procedimiento para su trazado.

- a) La primera estaca se clava en la parte más elevada de la ladera;
- b) en la dirección de la pendiente clave las estacas que quepan, de acuerdo con la distancia que le indique la tabla de distancias entre zanjas, y
- c) debe hacerse a la mitad de la parcela, buscando la parte más inclinada.

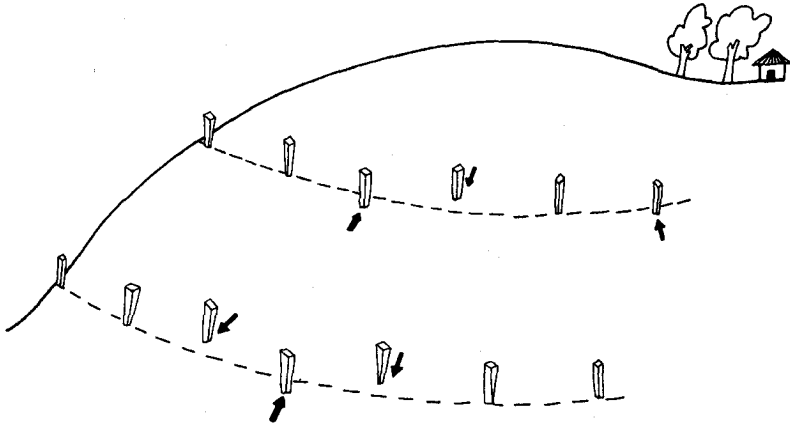


5. Trazos a nivel

- Coloque el aparato A con el pie A, a la par de la primera estaca de la línea madre. El pie B debe moverse de arriba a bajo de la ladera hasta que la plomada o nivel marque el centro. Entonces coloque otra estaca pegada al pie B, pero al lado inferior.
- Desplace el aparato A y ponga el pie A donde estaba el pie B. Continúe así hasta atravesar toda la ladera que se desea trazar. Todas las estacas incrustadas de acuerdo con el aparato A dibujan una línea llamada *curva a nivel*.

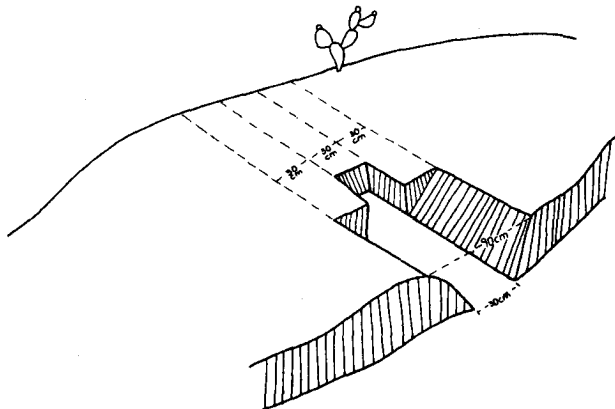
6. Corrección de trazos o estacas

- Colóquese en un extremo de la curva y vea la línea que forman todas las estacas. La mayor parte dibujan una línea curva, otras salen de ésta y forman líneas quebradas.
- Arregle la curva, ya sea subiendo unas estacas o bajando otras, para que queden líneas curvas fáciles de trabajar con maquinaria o yunta. Se pueden mover algunas estacas para corregir los trazos, pero siempre conservando el trazo inicial. Como máximo se moverán 3 de cada 10 estacas, 6 de cada 20, 9 de cada 30 y así sucesivamente.
- Repita este procedimiento con todas las líneas a nivel que haya trazado en el terreno.



7. Construcción de zanjas o acequias de laderas

- a) A partir de cada estaca de la curva a nivel se miden 90 cm hacia la parte superior del terreno y se clava otra estaca. Los 90 cm se dividen en tres partes de 30 cm. Se escarba primero 30 cm de profundidad (los centrales). Después se recortan los taludes.
- b) La zanja o acequia debe ser trapezoidal, es decir, que tenga forma de batea o artesa. Se recomienda esta forma porque tiene más capacidad para retener el agua y se derrumba menos. Las medidas son: 90 cm en la parte superior, 30 cm de profundidad y 39 cm en la parte inferior.

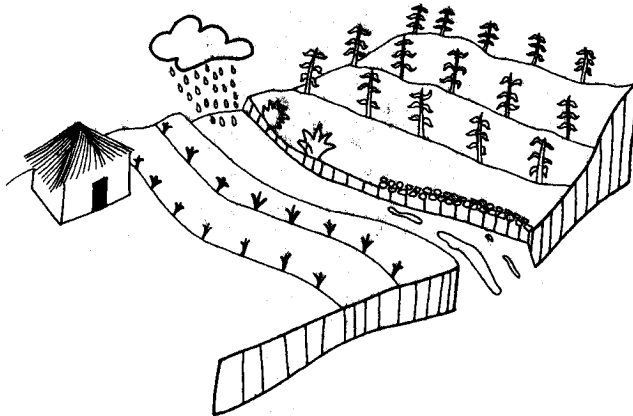


- a) Estas zanjas deben llevar reguladores atravesados cada 8 o 10 metros para retener el agua y resistir más.
- b) Con esta forma la capacidad de retención del agua en las zanjas a nivel es de 198 litros por cada metro lineal.

Nota: Para verificar lo anterior se hace la siguiente operación: se suma el ancho inferior y el superior; así, $90 + 30 = 120$. Al obtener la mitad (60) y multiplicarla por la profundidad (33 cm), obtenemos 1 980; esta cantidad se divide entre la **longitud** (1 metro), lo cual da 198 mil cm cúbicos, divididos entre los mil cm que tiene el litro, el resultado es 198 litros. Un tonel de agua aproximadamente en un metro de longitud en este tipo de acequia.

Ventajas de un terreno con zanjas o acequias

- Cada zanja detiene el agua que escurre, protegiendo la faja del terreno inferior.
- Un terreno pantanoso tiene la capacidad de drenar el exceso de agua, siempre y cuando tenga un poco de desnivel.
- Después de las lluvias, el agua almacenada en las acequias se filtra poco a poco en la tierra.
- El suelo de esta ladera se afloja conforme se humedece.
- Se puede trabajar mejor en todo tiempo y se equilibra la humedad.
- En los suelos drenados con acequias se obtienen mejores cosechas, gracias al equilibrio en la humedad y al aprovechamiento de la materia orgánica y los fertilizantes químicos.



Nota: Este método de conservación de suelos y agua es muy práctico, pero debe cuidarse efectuar el procedimiento exacto para el funcionamiento eficiente en cuanto a la retención del suelo y manejo del agua. Si se aplica mal es más perjudicial que benéfico.

8. Construcción de terrazas

En terrenos con más de 45% de inclinación, la distancia entre terrazas será de tres metros y se construyen bajo el siguiente procedimientos:

1. Se trazan las curvas a nivel con la ayuda del aparato A. Se procura respetar la distancia recomendada para cada tipo de árbol; por ejemplo, 3.5 m para el manzano, chabacano y ciruelo, y 7 m para el nogal, aguacate y mango.
2. Cada estaca de la curva a nivel será considerada el centro de la cepa en el que se plantarán los árboles. A partir de este punto se miden 60 cm hacia arriba, abajo, a la derecha y a la izquierda.
3. Se escarban 60 cm del lado de arriba y la tierra removida se coloca en los 60 cm de la parte de abajo. Se nivela y se procura que el frente de la terraza esté más elevado que el fondo de la misma, es decir, debe quedar con una inclinación contraria a la que originalmente tenía.
4. Se cortan otros 30 cm hacia arriba para formar el **talud**.

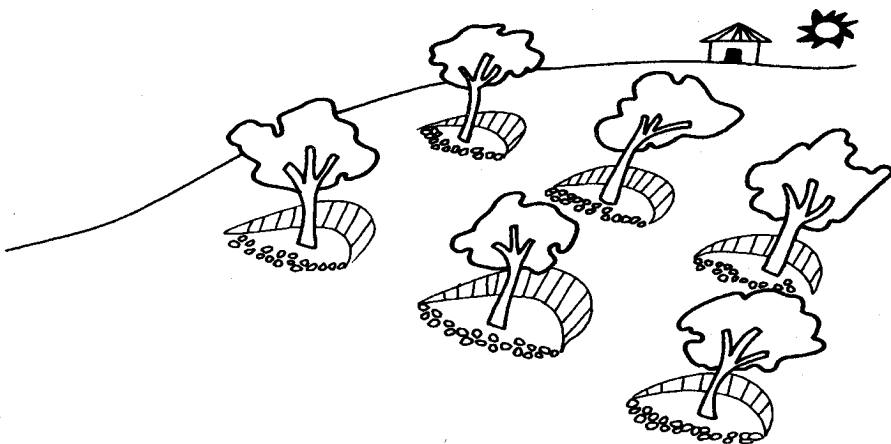
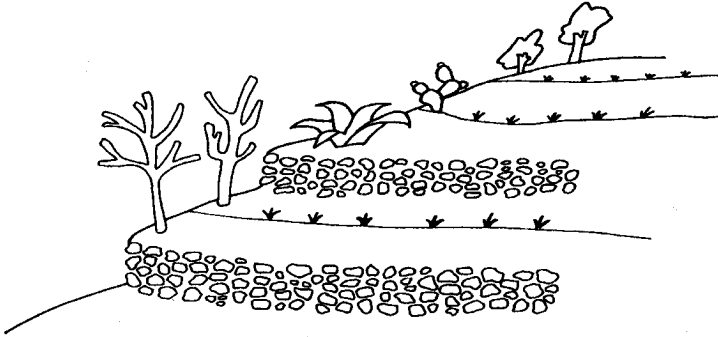
9. Siembra de barreras vivas y construcción de barreras muertas

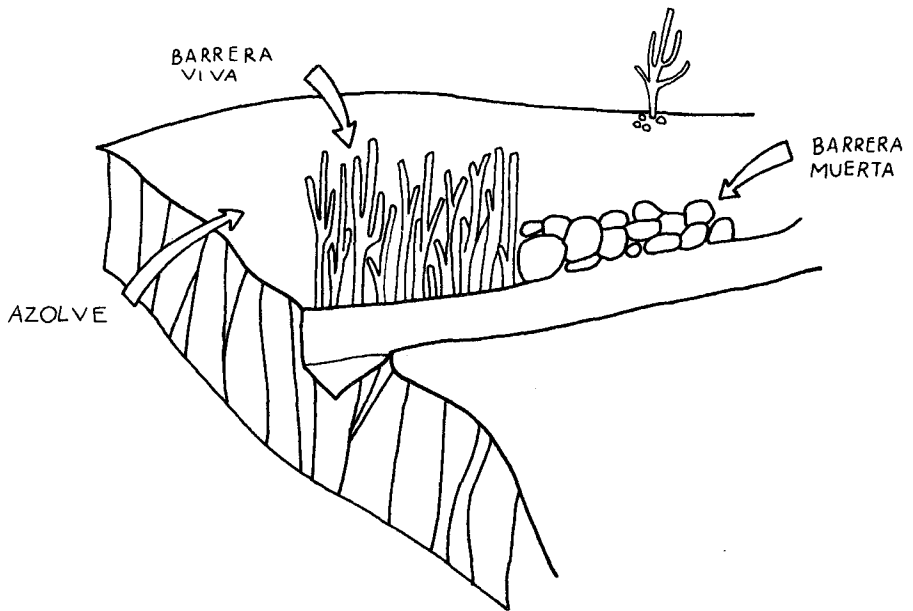
Estas barreras son una especie de pared, muro o colador, construidas de manera transversal a la pendiente con el objetivo de retener la mayor parte del suelo agrícola y la materia orgánica arrastrados por el agua de lluvia. Estas barreras pueden ser de dos clases: vivas o vegetales y muertas. Las primeras consisten en sembrar especies de pasto en el lado superior de las acequias, terrazas continuas o terrazas de banco. Estos pastos deben tener las siguientes características: que no sea pasto rastrero, sino de tallos erguidos; que sea capaz de retoñar una vez que se coseche, y que tenga otros usos, además de retener y amarrar el suelo con sus raíces, y el pasto obtenido de estas barreras puede usarse para la alimentación del ganado, la construcción de aboneras para incorporarlas como abono verde o cubierta del suelo, semilleros o viveros, así como para colchón de animales en los pesebres o caballerizas. Según la región, hay muchas plantas que sirven para barreras vivas: maguey, nopal, caña de azúcar, sorgo y árboles

frutales. Con este tipo de barreras vivas se obtienen los siguientes resultados: se evita que la tierra se desmorone, la acequia se conserva más tiempo limpia y funciona para el fin destinado; se retiene mayor cantidad de suelo y materia orgánica que puede ser arrastrado por las lluvias.

La siembra de pasto para barreras vivas deberá hacerse en hileras dobles o simples por el lado superior de las acequias o terrazas, separadas de 15 a 20 cm de la orilla. En caso de que se siembren estacas, éstas deberán tener desde 20 cm hasta un metro de largo; los canutos cortos se pueden sembrar inclinados y las cañas largas completamente acostadas. El cuidado principal que debe tenerse para su germinación es que exista bastante calor y humedad, lo que se consigue en los primeros meses de lluvia.

Las barreras muertas se construyen con piedras hasta formar un muro de 50 cm de alto y 40 cm de ancho, siempre en el contorno de la zanja.



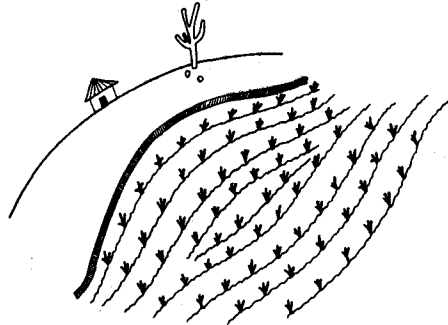


MEDIDAS AGRONÓMICAS

En este apartado se describen las prácticas que refuerzan la conservación de suelos y agua, en particular las vinculadas con el manejo adecuado de los cultivos, de tal manera que mantengan las condiciones de fertilidad y permitan aumentar la producción.

1. Cultivos en contorno

Es recomendable trazar los surcos de acuerdo con las zanjias a nivel. Esto permite una mejor distribución y filtración de agua y evita el rompimiento de surcos. Esta forma de trazar los surcos hace que cada uno funcione como una zanja a nivel, distribuyendo la humedad y reteniendo el agua. Los surcos se hacen a partir de las partes superiores de los terrenos hacia las partes más bajas. Es probable que en algunas zonas del terreno la distancia entre dos zanjias a nivel o desnivel no sea uniforme, lo que provoca que algunos surcos no finalicen. Éstos deben quedar en la parte baja de cada faja.



2. Cultivos en faja

La faja (llamada también cajón, melga o metepantle) son los terrenos que se ubican entre las zanjas. En una parcela dividida puede sembrarse cada cajón con un cultivo distinto para aprovechar mejor el terreno. Por esta razón, es necesario conocer la forma y labores de cada cultivo. Podemos distinguir dos clases de cultivos: limpios (los que requieren escardas) y densos (los que se siembran al **voleo**).

<i>Cultivos limpios</i>	<i>Cultivos densos</i>
Maíz	Trigo
Frijol	Cebada
Haba	Alfalfa
Papa	Trébol
Soya	Ebo
Sorgo	Chícharo
Calabaza	Avena
Melón	Veza
Sandía	Lenteja

Deben sembrarse alternadamente. En un cajón un cultivo limpio y en otro un cultivo denso, y al siguiente ciclo cambiarlos. De esta manera se obtienen las siguientes ventajas: mejor control de las malas hierbas, enfermedades y plagas; los cultivos densos refuerzan las medidas mecánicas y disminuyen la erosión, y se obtienen varios productos, lo que evita la dependencia de un producto.

<i>Primer año</i>	<i>Segundo año</i>
Maíz (limpio)	Lenteja (denso)
Chícharo (denso)	Maíz (limpio)
Calabaza (limpio)	Chícharo (denso)
Lenteja (denso)	Calabaza (limpio)

3. Rotación de cultivos

Esto significa cambiar el cultivo sembrando en el terreno, **alternando** un ciclo con leguminosas y al siguiente gramíneas, o de otra familia. De esta manera recuperaremos nuestros suelos, aumenta la producción y disminuye la presencia de plagas, enfermedades y malas hierbas.

Medidas agronómicas

<i>Cultivos de diferentes familias</i>			
Gramíneas	Leguminosas	Cucurbitáceas	Solanáceas
Maíz	Frijol	Calabaza	Papa
Trigo	Haba	Pepino	Tomate
Cebada	Chicharo	Sandía	Jitomate
Sorgo	Ebo	Melón	Yuca
Centeno	Trébol	Chilacayote	Camote
Avena	Alfalfa	Chayote	
Caña de azúcar	Veza		
Alpiste	Lupinus		
Ajonjolí	Lenteja		
Arroz			

Características de las gramíneas: espigas, monocotiledónea (un solo grano), hojas largas y palmeadas, tallos con nudos, raíces fibrosas y adventicias (superficiales).

Características de las leguminosas: semilla en vaina, dicotiledónea (el grano se parte en dos), trifoliales (grupos de tres), tallos ramificados, raíces pivotantes (profundas) con nódulos que sirven para incorporar el nitrógeno del aire al suelo y flores completas.

4. Selección de semillas

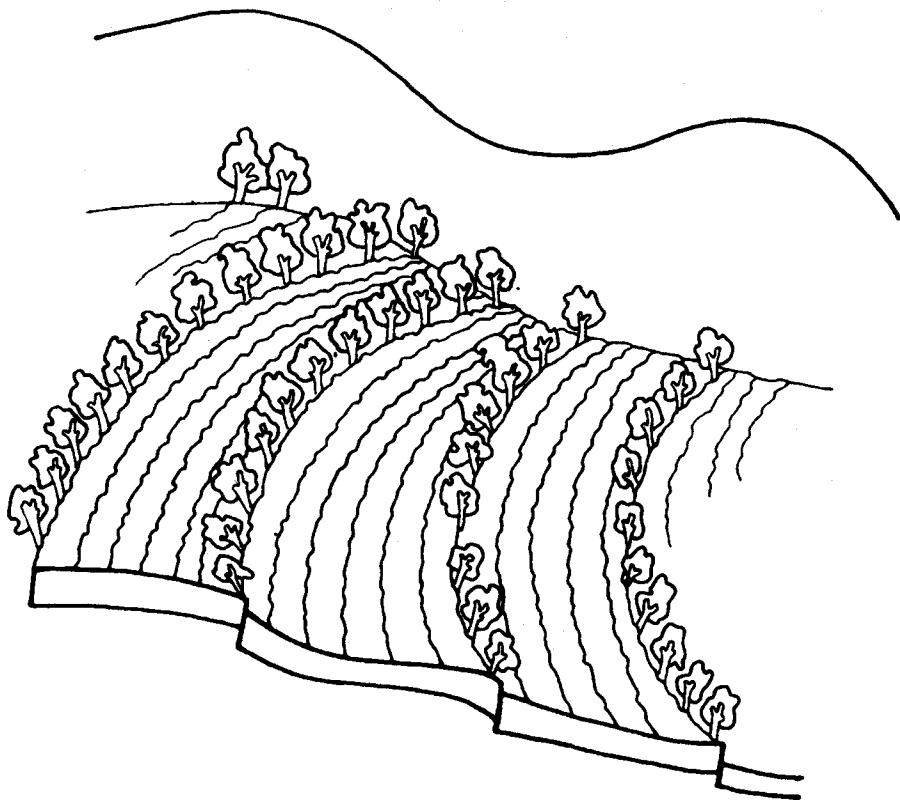
Es importante observar el desarrollo de los cultivos para seleccionar las mejores plantas de donde obtendremos semillas de buena calidad, las cuales rendirán más que las de mala calidad. Al **seleccionar** una planta deben considerarse las siguientes características: tallos fuertes, competencia completa, buen follaje, buena floración, que no esté enferma, y que tenga buen producto. Por ejemplo, en el maíz se toman en cuenta: *a)* plantas en el centro del terreno, porque es más seguro que no fueron polinizadas por plantas de otras parcelas; *b)* las plantas de dos mazorcas, de tallos fuertes, con la mazorca a la mitad de la planta, de buena floración, que tenga la carrera de granos uniformes y que cubran todo el elote; *c)* una mata con 2 o 3 plantas y *d)* alejada de plantas estériles (sin productos).

Las plantas seleccionadas (500 plantas por hectárea) deben marcarse para separar su semilla (con tiras de plástico de colores, por ejemplo). De las 500 mazorcas seleccionadas se escogen 300 con las siguientes características: *a)* con granos hasta la punta; *b)* hileras derechas y completas, y *c)* sin granos enfermos.

De estas mazorcas se toman sólo las semillas de la parte central, ya que se ha observado que la germinación y el crecimiento del cultivo es uniforme, lo cual permite aumentar los rendimientos. En cambio, si se seleccionan semillas del asiento de la mazorca las plantas no se desarrollan bien y el producto no crece. Y si se seleccionan los granos de la punta de la mazorca, éstos impiden la germinación rápida, aunque la planta crezca alta, no tiene vigor y el producto es pequeño y tardío.

5. Cortina rompe-vientos

Se entiende por cortina rompe-vientos a la plantación de árboles en las orillas de los terrenos con la finalidad de proteger nuestros cultivos de los vientos. De esta forma evitamos los acamamientos de los cultivos. Los árboles sembrados sobre las curvas a nivel sirven también como barreras vivas.



MEDIDAS DE FERTILIDAD

Para que las plantas crezcan vigorosamente y se obtengan producciones satisfactorias debe tomarse en cuenta la presencia de diferentes factores, entre los que destacan: la concentración de nutrientes para las plantas; la humedad del suelo; la temperatura; la textura; el pH del suelo, y muchos más que en conjunto se llaman fertilidad del suelo. En este capítulo se describen prácticas que tratan de prevenir la pérdida temporal de la fertilidad a consecuencia del consumo de las cosechas o por la lixiviación (arrastre de nutrientes hacia capas profundas del suelo) y por **anegamiento**. Estas prácticas son: conocimiento y manejo de los nutrientes del suelo; incorporación de abonos orgánicos, y corrección del pH.

1. Conocimiento y manejo de los nutrientes del suelo

Para obtener una buena fertilidad en la tierra hay que aprender a identificar los nutrientes que se encuentran en ella, cuáles hacen falta, qué clase de ellos aportan los abonos y cómo y cuándo deben aplicarse. Básicamente, las plantas necesitan 15 nutrientes y el agua. Si falta cualesquiera de ellos las plantas crecen raquíticas. Por ejemplo, si al maíz le falta nitrógeno, las plantas se ven amarillas; si se siembra papa, pero el terreno no tiene azufre, no se obtiene una cosecha abundante. Los 15 nutrientes se dividen en:

Macro nutrientes	Micro nutrientes
	hierro (Fe)
nitrógeno (N)	manganeso (Mn)
fósforo (P)	cobre (Cu)
potasio (K)	zinc (Zn)
calcio (Ca)	boro (Bo)
magnesio (Mg)	cloro (Cl)
azufre (S)	sodio (Na)
	molibdeno (Mb)
	aluminio (Al)

Los macronutrientes son los alimentos que necesitan las plantas en mayores cantidades y los extraen de la tierra en esta proporción. Por esa razón hay que devolver a la tierra las mismas cantidades.

Importancia del nitrógeno. Probablemente para las plantas no exista otro alimento más indispensable que el nitrógeno, si no lo tienen en cantidad suficiente las cosechas son pobres. Este elemento es fundamental para la formación de **clorofila**, sustancia que da el color verde a las hojas y necesaria para la transformación de los alimentos de la planta, de la misma manera que la sangre es vital para la vida del hombre. Por ejemplo, cuando éste consume sus alimentos, éstos no son absorbidos inmediatamente por el organismo, se da un proceso de cambio (la digestión). Lo mismo sucede con las plantas. Sus raíces absorben los nutrientes de la tierra, pero no pueden usarlos de inmediato, ya que necesitan cambiar de forma para ser aprovechados. A este proceso se llama fotosíntesis.

El nitrógeno es necesario para la formación de proteínas; éstas son tan importantes para las plantas como para el hombre. Si las plantas carecen de aquéllas se debe a que no tienen nitrógeno para producirlas. Por último, este elemento también se utiliza en la formación de hormonas y vitaminas necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

¿Cuándo hace falta nitrógeno a las plantas? La forma más fácil de saber si una planta carece de nitrógeno consiste en observar el color de sus hojas. Si están muy verdes, no les falta. En cambio, si tienen un color amarillento lo más probable es que requieren nitrógeno; cuando presentan ese color se debe a que no pueden producir clorofila. Por ejemplo, si al maíz le falta nitrógeno, toda la

planta está amarilla, el centro de las hojas también cambia de color y finalmente mueren.

¿De dónde proviene el nitrógeno? Tiene su origen en cuatro fuentes principales:

- De materia orgánica: de toda clase, como broza (desechos vegetales) estiércol, plantas leguminosas, etc. La cantidad de nitrógeno que hay en 100 kg de materia orgánica varía de 1.5 a 2 kg, dependiendo de la clase de materia orgánica.
- Del aire: aunque éste contiene mucho nitrógeno, la mayoría de las plantas no pueden aprovecharlo. Sin embargo, las leguminosas (ebo, frijol, haba, chícharo, canavalia o frijol terciopelo, tamarindo, jamaica, etc.), sí aprovechan algo de nitrógeno presente en el aire. Esto se debe a que en las raíces de estas plantas viven microorganismos que absorben el elemento del aire y lo introducen en la tierra para que las plantas puedan asimilarlo.
- De los fertilizantes químicos.
- Relámpagos y lluvia.

El nitrógeno puede escaparse del suelo por tres vías:

1. A través del aire, y la única forma de prevenir que se escape es cubrir los fertilizantes que lo contienen. Mientras el estiércol se pudre debe cubrirse con tierra; cuando se aplica a los cultivos debe revolverse con la tierra igual que el fertilizante químico. Si las cañas de la milpa y la paja del trigo permanecen sin enterrar por varios días, también se pierde el nitrógeno.
2. Cuando se quema materia orgánica todo el nitrógeno contenido en ésta se escapa al aire.
3. Disuelto en agua (se lava con las lluvias). Si se ha aplicado en forma soluble, se lava en dos meses de lluvia. Por eso, si se aplica fertilizante químico a la milpa o al trigo una vez al año, en dos meses adquieren un color amarillo.

Importancia del fósforo

Éste es necesario porque realiza cuatro funciones importantes para las plantas: ayuda a la realización de la fotosíntesis; en la formación de granos y semillas. Cuando falta fósforo se observan dos grandes efectos: los granos tienen menos valor nutritivo y las semillas no germinan bien; en la formación de fuertes

raíces (las plantas bien fertilizadas tienen doble cantidad de raíces), y en la formación de tallos fuertes. Por ejemplo, las deficiencias de fósforo en el barro provocan que las hojas inferiores tengan un tono rojizo o morado, especialmente en las orillas; las plantas tengan raíces y tallos débiles, y las puntas de las mazorcas se doblen.

¿De dónde proviene el fósforo? De tres fuentes importantes:

1. Del barro. Toda clase de este material contiene algo de fósforo. Sin embargo, algunos barros no lo tienen en cantidades suficientes, por eso se recomienda aplicarlo.
2. La materia orgánica.
3. Fertilizantes. Son la única fuente de elementos en grandes cantidades. Por ejemplo, 100 gramos de superfosfato simple (00-20-00) contiene 20 kg, mientras que necesitamos de 7 a 8 toneladas de estiércol de caballo o de vaca para conseguir la misma cantidad. Debemos notar que las fuentes de fósforo son diferentes de las del nitrógeno; éste puede conseguirse del aire a través del uso de plantas leguminosas; no sucede lo mismo con el fósforo.

Características del fósforo contenido en el a tierra:

- Sólo una parte del fósforo es soluble: de cada 100 kg de este elemento en la tierra sólo 25% es aprovechable. Es claro que no es tan importante agregar fósforo a la tierra, sino asegurarse que éste pueda aprovecharse.
- El fósforo no se mueve en la tierra: la mayor parte no es soluble, es decir, no se mezcla con el agua; por esto no puede ser llevado a otro lugar. Por tanto, si aplicamos el fósforo encima de la tierra las raíces de las plantas tienen que subir hasta donde está para aprovecharlo. La manera correcta para su aprovechamiento es colocarlo debajo de la semilla.
- Este elemento permanece en la tierra mucho tiempo. De cada 100 kg de fósforo en la tierra, por lo menos 75 kg estarán ahí el año siguiente. Por eso no debemos verter fósforo dos veces al mismo cultivo, salvo que se trate de los que tardan en producir o que sean perennes, como los frutales.
- Una gran proporción del fósforo se vuelve soluble cuando hay mucha materia orgánica en la tierra. La cantidad de fósforo que usan las plantas puede aumentar de dos maneras: agregando una mayor cantidad de alimentos a la tierra y mejorando las condiciones del suelo.

Por ejemplo, sabemos que en un terreno hay 100 kg de fósforo; que de cada 100 kg de éste, uno es soluble, pero queremos aumentar la cantidad aprovechable de las plantas. Si agregamos mucha materia orgánica, como las cañas de la milpa, la cantidad de fósforo soluble de las plantas aumenta de uno a dos kilogramos.

- Hay más fósforo soluble cuando el pH o la acidez de la tierra está entre 5.5 y 7.0. Un buen pH tiene el mismo efecto que la aplicación de altas cantidades de materia orgánica.

Importancia del potasio

Este elemento tiene tres funciones muy importantes: es necesario en las plantas como complemento en la formación de proteínas; ayuda a combatir las enfermedades, y es necesario para la formación de azúcares y almidones. Existen tres fuentes para obtener este elemento:

- En la materia inorgánica. Las tres clases más importantes son: arena, barro y cenizas volcánicas.
- En la materia orgánica. Se considera que en cada 100 kg de materia orgánica existen menos de 2 kg de potasio.
- En los fertilizantes químicos.

Deficiencia de potasio en los cultivos. Cuando las orillas de las hojas presentan un color amarillo, como si estuvieran quemadas, es señal de la falta de potasio. Éste tiene tres características principales: igual que el fósforo, hay poco potasio soluble en la tierra; el potasio no se lava en tierra arcillosa porque el barro lo sujeta muy bien, mientras que sí se lava fácilmente en terrenos arenosos, y si las plantas toman más potasio del que requieren, permanece en la planta y no sirve mucho, pues no mejora las cosechas, y si después de cosechar no se reintegra a la tierra, se pierde todo este potasio.

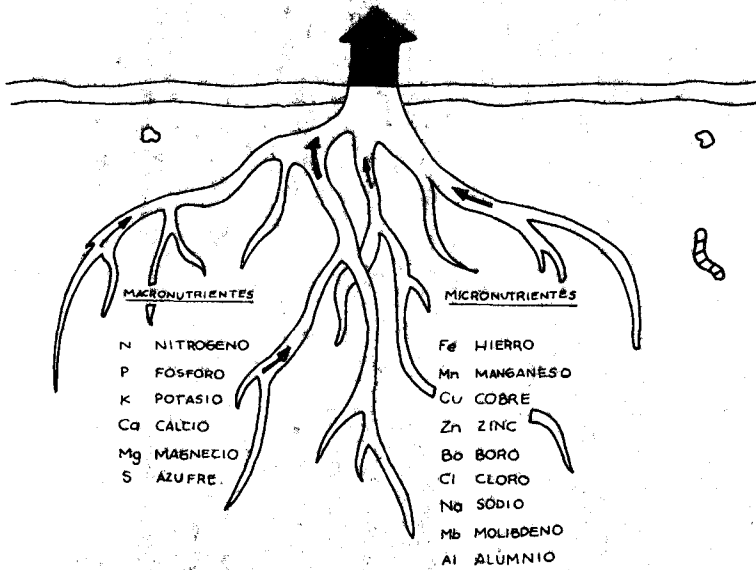
Calcio y magnesio

Al igual que los otros elementos, son necesarios para que las plantas crezcan bien. Los terrenos alcalinos casi nunca carecen de calcio o magnesio. Pero los terrenos ácidos (pH más bajo de 5.5) presentan deficiencias de estos elementos. Por eso se recomienda agregar cal a la tierra. Ésta mejora el suelo, ya que lo neutraliza.

Azufre

Es necesario también en el desarrollo de las plantas. Sirve en la formación de proteínas y algunas vitaminas. Ayuda, asimismo, en varios cambios que ocurren en las plantas. La materia orgánica es rica en azufre. Los terrenos pobres de materia orgánica es muy probable que carezcan de este elemento. En los terrenos que se utiliza abono químico con nitrógeno se presentan deficiencias de azufre (en los sacos de los fertilizantes se indica si contiene azufre).

Vigor, resistencia a plagas y producción



Los micronutrientes

Los micronutrientes (micro: pequeño y nutriente: alimento, es decir, pequeños alimentos) son un grupo que las plantas requieren en pequeñas cantidades. También se llaman *elementos menores*.

Es raro encontrar deficiencias de micronutrientes, pero la falta de uno puede significar una cosecha baja, tanto como la falta de nitrógeno o fósforo. Sin molibdeno las plantas mueren, aunque sólo se necesiten unos gramos por hectárea. ¿Cómo identificar la falta de un micronutriente? Si en los terrenos hay mucha materia orgánica es poco probable que hagan falta micronutrientes. En cambio, si se han quemado siempre los restos de los cultivos o no los entierra, es posible que haya deficiencia de alguno. El pH o acidez de la tierra es otro indicador; si está entre 5.5 y 7.0 es casi imposible que falten micronutrientes, pero menos de 5.5, tierras muy ácidas, puede haber deficiencias. En esta situación lo recomendable es mejorar el pH o acidez de la tierra.

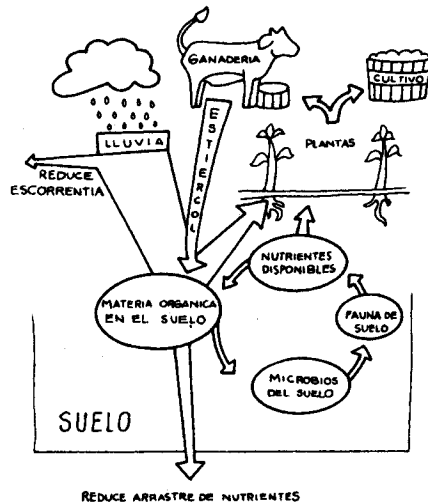
Incorporación de abonos orgánicos

Como pudimos observar, incorporar materia orgánica a los terrenos proporciona nutrientes indispensables a los cultivos; además, ayuda al terreno en los siguientes aspectos: equilibra o neutraliza el pH del suelo; retiene el agua y equilibra la humedad, evitando la evaporación; mejora la textura del suelo, facilitando la entrada de aire y mejorando el drenado; se desarrollan y viven mejor los macro y microorganismos; disuelve los fertilizantes químicos y la arcilla; evita la erosión; aumenta la fertilidad de los terrenos; facilita que profundicen y crezcan mejor las raíces; hace más resistentes las plantas contra las plagas y enfermedades, y aumenta la vida de los árboles frutales.

Las fuentes de materia orgánica son muy diversas:

Abonos verdes

Las plantas verdes ubicadas en el terreno que se incorporan a través de un barbecho. Las leguminosas son de especial interés por su capacidad de fijar el nitrógeno del aire. La mejor época para incorporar los abonos verdes es cuando las plantas tienen entre 50 y 80% de floración; en este momento contienen la mayor cantidad de nutrientes y las leguminosas tienen más bacterias en las bolitas de las raíces llamados nódulos.



Estiércol

El de las aves de corral es uno de los mejores abonos orgánicos. Sin embargo, depende de la alimentación del animal y del cuidado que se dé al estiércol, ya que si permanece amontonado o expuesto a la lluvia se lavan (pierden) muchos nutrientes y el nitrógeno escapa al aire. Las desventajas en el uso de los estiércoles son: la dificultad para conseguirlos; que su mal manejo puede ocasionar su pérdida. Por ejemplo, al mojarse aumenta su peso, despiden olores fétidos y se convierte en criadero de moscas, y puede quemar la planta si se aplica crudo y demasiado cerca de la planta.

Uso del estiércol de gallina (gallinaza)

- En árboles frutales debe ser enterrado a 20 o 25 cm de profundidad y alrededor de la sombra que produce la misma planta.
- Debe prepararse el terreno donde se va a sembrar y se riega al voleo, con una proporción aproximada de 4 a 5 kg por metro cuadrado. Inmediatamente después se debe barbechar.
- Para la siembra en surcos, debe enterrarse a 20 o 30 cm de profundidad, aplicando de 3 a 4 kg por metro lineal en cada surco; se cubre con tierra y se queda así hasta que cae la lluvia para sembrar.

Medidas de fertilidad

Cantidades de alimentos para las plantas por cada tonelada (1000 kilos) de material Kilos

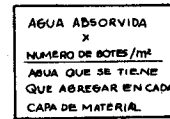
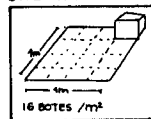
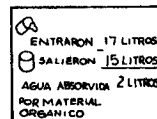
Abonos orgánicos	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
Estiércol de caballo	7	3	5.5	5	3	0.5
Estiércol de vaca	6	2	4.5	10	3	0.5
Estiércol de cerdo	5	3	4	0	0	0
Estiércol de pollo	10	8	4	10	3	2.5
Sangre seca de animal	130	20	10	5	0	0
Caña milpa	8	3	10	0	0	0
Ceniza de madera	0	20	50	35	35	6

Fertilizantes químicos

18 / 46 / 0	180	460	0	0	0	0	0
17 / 17 / 17	170	170	170	0	0	0	0
10 / 8 / 4	100	80	40	0	0	0	0
46 / 0 / 0	460	0	0	0	0	0	0
20.5 / 0 / 0	200	0	0	0	0	0	0
0 / 46 / 0	0	460	0	0	0	0	0
0 / 0 / 46	0	0	460	0	0	0	0
0 / 20.5 / 0	0	200	0	0	0	0	0

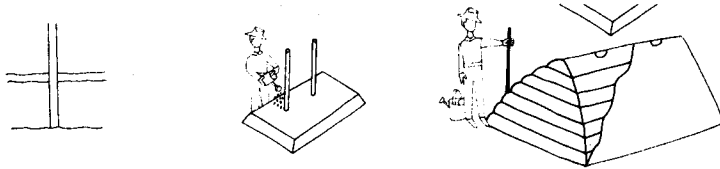
Abonera

Un método para obtener abono orgánico en poco tiempo es la construcción de aboneras, donde se descomponen los desechos agrícolas y domésticos debido a la acción biológica de hongos y otros microorganismos. Las aboneras o pilas de aboneras se pueden utilizar a los 90 días, según los materiales usados. Si se emplea material seco, como rastrojo de un cultivo, debe agregarse una cantidad suficiente de agua para que se moje bien, pero si es materia verde (hojas, malas hierbas, etc.) se necesita menos agua. La forma de saber la cantidad de agua que debe agregarse por cada metro cuadrado es la siguiente:

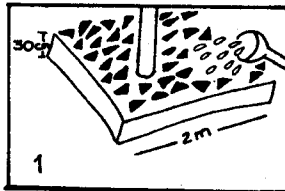


Para hacer el abono se requiere lo siguiente

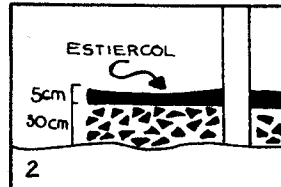
- Materia orgánica (estiércol fresco o crudo, hierbas secas o verdes, rastrojo de maíz, paja de trigo, etc.)
- Un lugar apropiado. Si se hace en ladera debe aplanarse; no menos de 2 m de ancho por lo largo que se quiera, según la cantidad de material disponible.
- Un machete para despedazar el material vegetal en trozos de 5 a 10 cm de largo. Con esto se logra que penetre fácilmente la humedad y favorezca el crecimiento de microorganismos y que la materia se descomponga fácilmente.
- Deben buscarse postes de cualquier árbol u otro material adecuado para hacer respiraderos en el centro de la abonera, los cuales deben quedar a un metro de distancia entre uno y otro.
- Una cubeta o regadera para agregar agua en cada capa.
- Es conveniente construir una cerca de madera.



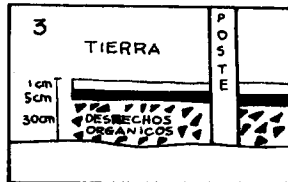
2. Construcción de la abonera



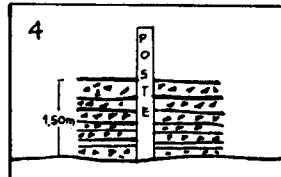
1
COLOCAR UNA CAPA DE 10 CENTÍMETROS DE MATERIAL VERDE O SECO, BIEN PICADO SE LE AGREGA AGUA Y SE COLOCA EN EL CENTRO UN POSTE



2
PONER ENCIMA UNA CAPA DE ESTIERCOL DE CINCO CENTÍMETROS



3
DESPUES DEL ESTIERCOL SE DEBE DE ECHAR DE 1 a 2 CENTÍMETROS DE TIERRA MUY BIEN DISTRIBUIDA.



El poste colocado al centro se saca al tercer día y no se coloca nuevamente. El agujero sirve como respiradero, para tomar la temperatura y agregar agua en caso necesario. Cada tercer día se mide la temperatura, para lo cual se introduce un machete, una varilla o una manguera durante cinco minutos. Al sacar el machete puede suceder lo siguiente:

- Si al sacarlo está caliente y húmedo, significa que la **abonera** funciona bien.
- Si al sacarlo está caliente y seco es que la abonera se está “quemando” y es necesario agregar agua, tanto por el agujero como en toda la superficie.
- Si al sacarlo está frío es que la abonera no funciona bien y debe hacerse otra. Puede emplearse el mismo material, pero debe verificarse que se sigan las instrucciones correspondientes.
- Cada mes debe voltearse la abonera, de tal manera que lo de arriba quede abajo y los lados en la parte central. Al hacer esto se coloca nuevamente el poste en el centro y se repiten los procedimientos explicados anteriormente.

3. Corrección del pH

La acidez o pH se refiere a una característica química de la tierra que afecta la solubilidad de los alimentos del suelo. La acidez del suelo se mide mediante una escala llamada del pH (véase la ilustración) y con la ayuda de papel tornasol. Los mejores pH son los que se encuentran entre 5.5 y 7.0. Si el pH de una tierra no está dentro de este rango no rendirá lo necesario. Entonces, el agricultor debe hacer todo lo posible para mejorar el pH de su terreno. Cuando la tierra es demasiado ácida destacan los siguientes problemas:

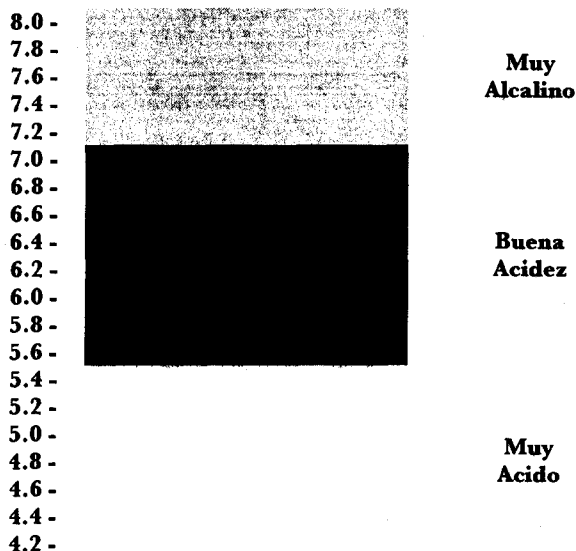
- Algunos alimentos se hacen poco solubles. El fósforo, el magnesio y el molibdeno son escasamente solubles cuando el pH está bajo 5.5. Mientras más bajo sea, más pequeña es la cantidad de nutrientes presentes en forma soluble. Esto significa que cuando la tierra es demasiado ácida, aun cuando tenga suficientes alimentos, pero en forma insoluble, las plantas pueden morir o sufrir por falta de alimentos. La acidez afecta especialmente al fósforo.
- Algunos alimentos se hacen tan solubles que hacen daño. Por ejemplo, el aluminio y el manganeso se vuelven tan solubles que penetra en las plantas en cantidades muy grandes hasta dañarlas.
- Cuando el pH de la tierra es más bajo de 5.5, la actividad y cantidad de los microorganismos disminuye mucho. Cuando se tiene una tierra muy ácida debe aplicarse cal agrícola en la tierra. Ésta no sólo mejora el pH, sino que

también proporciona algunos alimentos, entre ellos calcio, magnesio, escasos muchas veces en tierras ácidas. La ceniza ayuda también a las tierras ácidas, aunque para obtenerla no debe quemarse ni la materia orgánica ni las cañas de milpa o paja de trigo.

Si la tierra tiene un pH arriba de 7.0 se dice que es demasiado alcalina y ocasiona los siguientes problemas:

- Algunos alimentos se hacen insolubles. Tanto el fósforo como el hierro, el manganeso, el boro, el cobre, el zinc se hacen insolubles cuando la tierra es alcalina. La falta de cualesquiera de estos elementos puede dañar mucho a las plantas. Sin embargo, de estos elementos, el más importante es el fósforo, porque generalmente se gasta mucho dinero para comprarlo (fertilizante químico) y aunque se aplique a la tierra, no se aprovecha cuando es demasiado alcalina.
- Se pierde materia orgánica. Si la tierra es demasiado alcalina existen tantos microorganismos que la materia orgánica se pierde. Cuando la tierra es muy alcalina (con pH arriba del 7.0) puede mejorarse poco a poco con fertilizantes químicos que contengan azufre o nitrógeno en forma de amonio. Por ejemplo, el nitrato de amonio o con yeso agrícola.

Escala del pH



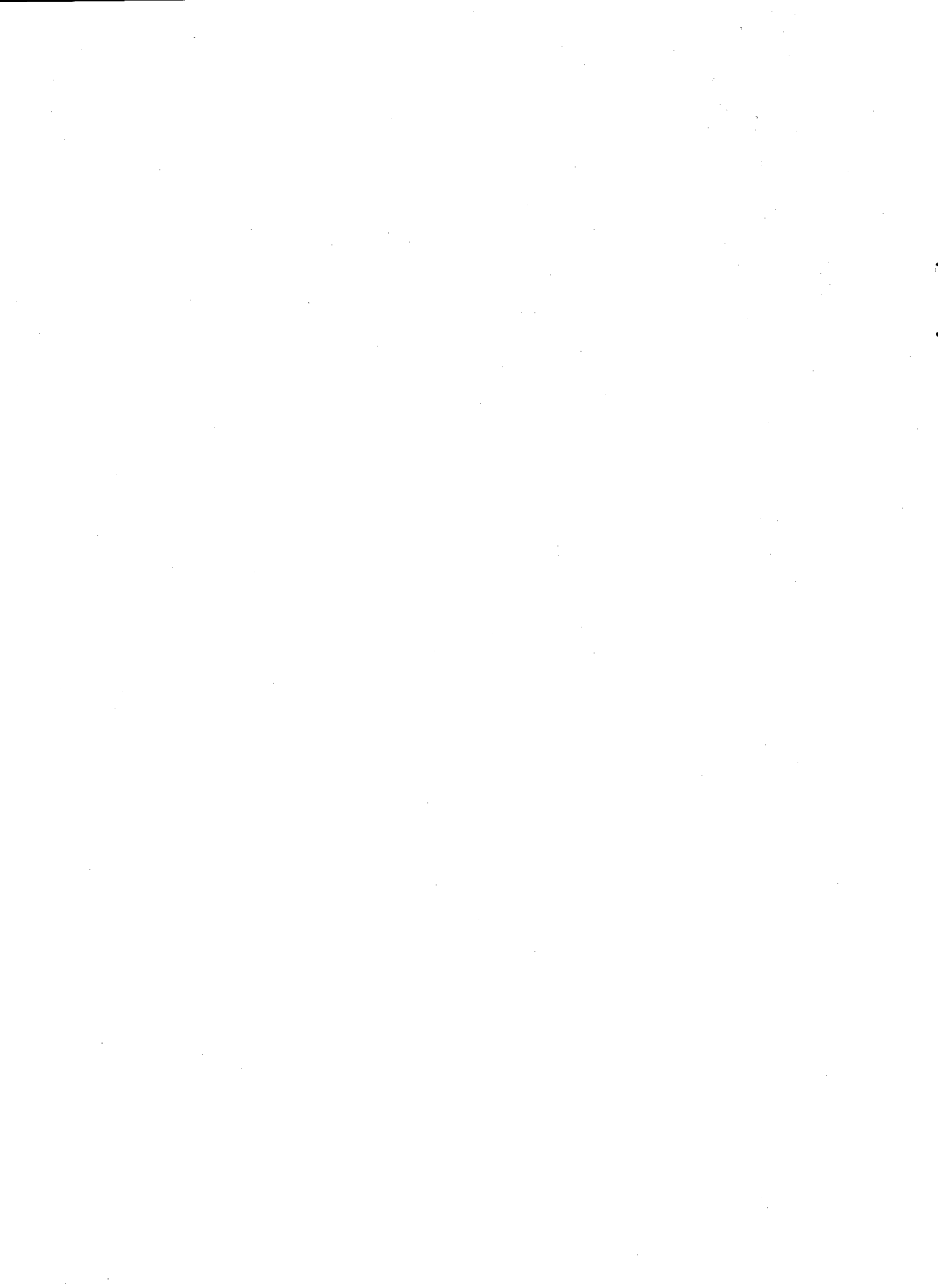
Palabras finales

Como apoyo a la *Cruzada por los Bosque y el Agua*, el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), y el Centro Campesino para el Desarrollo Sustentable, A.C. convinieron reimprimir este manual, cuyo propósito es proporcionar ideas y formas prácticas para frenar la erosión, mejorar la fertilidad de los suelos y aumentar la producción. Sin embargo, esto sólo es posible con la voluntad de todos los que participan en el manejo de los recursos naturales para revertir el deterioro de los suelos marginales de México. Se ha comprobado que las prácticas propuestas en este manual son sencillas y permiten controlar la erosión y aprovechar el agua. Durante años se ha observado, no obstante, que la voluntad de cambio de la gente tiene amplias repercusiones.

Campesino ha puesto en práctica lo aquí planteado y poco a poco las localidades han aumentado sus rendimientos y ganado el respeto de sus compañeros.

En Candelas, Guanajuato y Vicente Guerrero, Tlaxcala, la gente que asistió a los cursos de conservación de suelos y agua regresó a sus comunidades para compartir sus conocimientos, donde organizó asambleas, faenas y se establecieron parcelas demostrativas en las escuelas. Así, los campesinos experimentan, enseñan a otros campesinos y la capacitación es un proceso constante.

Finalmente, invitamos a toda la gente interesada a enriquecer este manual con nuevas ideas. Cualquier aportación es en beneficio de la gente, la naturaleza, la familia y la comunidad.



GLOSARIO

Abonera. Pila de desechos orgánicos (paja, hierbas, estiércol, etc.) fabricada con el fin de obtener abono orgánico de buena calidad y en poco tiempo.

Agentes biológicos. Plantas y animales que facilitan el rompimiento de rocas y piedras para la formación de suelo.

Agroquímico. Sustancias (líquidos, gases o polvos) artificiales utilizadas para proporcionar nutrientes a los suelos (fertilizante); eliminar plantas (herbicida o vermicida); eliminar hongos y algunas algas —seres microscópicos— (fungicida); matar insectos y animales pequeños (insecticida); matar nemátodos —gusanos del suelo— (nematicida), y eliminar roedores (rodenticida).

Alternar. Sembrar diferentes cultivos en un mismo terreno bajo un determinado plan. Un año se cultiva un tipo y al siguiente otro.

Anegamiento. Cubrir un terreno con agua por largo tiempo.

Clorofila. Sustancia que da el color verde a las plantas. Permite que las plantas produzcan y almacenen sus alimentos.

Cohesión. Acción y efecto de mantener unidos suavemente dos objetos. Se dice que la materia orgánica cohesionada las partículas del suelo, de esta manera se forman terrones.

Diques. Muros artificiales que sirven para contener el agua.

Fértil. Tierra que produce mucho al año. Se refiere a la cantidad de nutrientes y agua que hacen posible buenas cosechas.

Geología. Ciencia que estudia la composición, disposición y origen de las rocas y demás minerales.

Longitud. Largo de una superficie.

Microorganismos. Seres vivos pequeños —sólo se observan con microscopio.

Mullir. Acto de deshacer los terrones de los suelos hasta convertirlos en polvo (los suelos quedan suaves).

Nutrientes. Sustancias minerales que se encuentran en los suelos y que las plantas requieren para vivir y crecer.

Precipitación pluvial. Agua que cae durante las lluvias. Se mide en milímetros o centímetros cúbicos.

Remoción. Mover un objeto de un lado otro. Cambio de un objeto.

Roturado. Arar o labrar por primera vez las tierras para ponerlas en cultivo. Por el uso de la yunta, una herramienta manual o el arado se rompe la capa superficial quedando terrones.

Seleccionar. Elegir, escoger un determinado número de plantas, mazorcas, semillas u objetos.

Subsuelo. Terreno debajo de la capa que se abra (30 cm). En general, debajo de una capa de tierra. Es la parte del suelo más dura, oscura y con menos materia orgánica.

Talud. Corte del suelo en forma inclinada (no a plomo).

Terrazas. Escalones que se hacen en laderas con la intención de contar con superficies adecuadas para sembrar. Sirven para detener la erosión.

Topografía. Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno de no mucha extensión. Puede ser plana, inclinada o accidentada, según la pendiente del terreno.

CONTENIDO

<i>Presentación</i>	5
<i>Introducción</i>	7
<i>El suelo y la agricultura</i>	
1. Composición del suelo. Partículas y seres vivos	9
2. La vida en el suelo	11
3. Textura de la tierra	11
4. ¿Cómo saber si un suelo es arenoso, arcilloso, limoso o franco?	12
5. Recursos que ayudan a la agricultura	13
6. Reconocimiento del terreno	14
<i>La erosión</i>	
1. Definición, agentes y clases	15
2. Salpica y cubierta muerta	16
3. Escurrimiento y filtración	16
4. Roturación y mullimiento de los suelos	18
<i>Medidas mecánicas</i>	
1. Construcción del aparato A	20
2. Porcentaje de inclinación o de pendiente	21
3. Tabla de distancia	23

4. Colocación de la línea madre	23
5. Trazos a nivel	24
6. Corrección de trazos o estacas	24
7. Construcción de zanjas o acequias de laderas	25
8. Construcción de terrazas	27
9. Siembra de barreras vivas y construcción de barreras muertas	27

Medidas agronómicas

1. Cultivos en contorno	31
2. Cultivos en faja	32
3. Rotación de cultivos	32
4. Selección de semillas	33
5. Cortina rompe-vientos	34

Medidas de fertilidad

1. Conocimiento y manejo de los nutrientes del suelo	35
2. Construcción de la abonera	44
3. Corrección del pH	45

Palabras finales	47
------------------	----

Glosario	49
----------	----

Esta primera reimpresión del *Manual de conservación de suelos y agua* es una publicación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y del Centro Campesino para el Desarrollo Sustentable, A.C. Se terminó de imprimir en octubre de 2001 en los talleres de Editores, Impresores Fernández, S.A. de C.V., Retorno 7-D Sur 20 # 23, col. Agrícola Oriental, CP 85000, del. Iztacalco. El tiro consta de 3 mil ejemplares más sobrantes para reposición. El cuidado de la edición estuvo a cargo de Miguel Ángel Domínguez y Sonia Laura Hernández. Este trabajo se realizó en colaboración con la Coordinación General de Comunicación Social de la Semarnat. El diseño de la portada corresponde a Mónica Espinosa Cruz.

La Cruzada por los Bosques y el Agua es un esfuerzo para motivar y comprometer a los diversos grupos sociales y económicos a favor de la recuperación del entorno, potenciar los recursos económicos, y conservar nuestros bosques, principales centros de producción de oxígeno, retenedores de suelo, hábitat de la biodiversidad y captadores de agua de lluvia.

Para llevar a cabo esta Cruzada deben incorporarse todos los sectores del país, además de fomentar la participación de la sociedad civil y sus organizaciones, quienes tendrán la oportunidad de emprender acciones concretas para mejorar el medio ambiente.

Limitar la ampliación de la frontera agrícola a favor de las masas forestales es una de las acciones a realizar. Sin embargo, debemos presentar alternativas para la conservación de los terrenos donde se llevan a cabo actividades productivas agropecuarias, sobre todo en las áreas rurales, ya que proveer de alimentos suficientes a la población mexicana exige aumentar 50% los rendimientos actuales de los principales productos del campo. Por otra parte, las tierras aptas para la agricultura ya han llegado a sus límites productivos o están a punto de hacerlo.

El presente trabajo es el resultado de varios años de difusión de prácticas agrícolas en terrenos marginales, donde la conservación de suelos ha permitido aumentar los rendimientos de los cultivos, mejorar las características de los suelos, aumentar la fertilidad y disminuir la aplicación de insumos externos como fertilizantes y plaguicidas.

