

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT  
WASHINGTON, D. C. 20523  
**BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET**

FOR AID USE ONLY

*Batch 70*

1. SUBJECT  
CLASSI-  
FICATION

A. PRIMARY

Food production and nutrition

AF28-0000-0000

B. SECONDARY

Soil conservation and reclamation

2. TITLE AND SUBTITLE

Manual de conservacion de suelos

3. AUTHOR(S)

(101) U.S. Soil Conservation Service

4. DOCUMENT DATE

1973

5. NUMBER OF PAGES

337p.

6. ARC NUMBER

ARC

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

AID/LA/RTAC

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)

(In Spanish and French. French, 363p.: PN-AAE-867)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER

PN-AAE-704

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS

Manuals

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER

AID/LA/RTAC

15. TYPE OF DOCUMENT

# **Manual de CONSERVACION DE SUELOS**

**Servicio de Lenguas Extranjeras  
Secretaría de Estado  
de los Estados Unidos de América  
Washington, D. C.**

**Compilación de la obra inédita en  
inglés  
Servicio de Conservación de  
Suelos, Departamento de  
Agricultura de los  
EE. UU. de A.**



**E D I T O R I A L L I M U S A**  
**MEXICO 1974**

## NOTA

**E**STE MANUAL de Conservación de Suelos se ha preparado para ser utilizado por los funcionarios, los técnicos y los agricultores interesados en detener los estragos de la erosión causada por las aguas y los vientos y en usar mejor las lluvias en el continente americano. Está compuesto de extractos y citas obtenidos de los boletines técnicos más recientes, que tratan los variados aspectos de los problemas relativos a la conservación de suelos y aguas. La mayor parte de estos boletines fueron escritos por técnicos del Servicio de Conservación de Suelos de la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos de América. El material sobre riesgos se tomó de un boletín técnico del Servicio de Mejoramiento y Utilización de Tierras de la Secretaría del Interior, y el de semilleros y viveros, de un boletín técnico del Servicio Forestal de los Estados Unidos de América. Los tratamientos y las prácticas descritos e ilustrados gráficamente en el Manual se aplican diariamente en los trabajos que lleva a cabo nuestro Servicio de Conservación de Suelos en cooperación con los agricultores. Muchos de estos procedimientos y prácticas agrícolas o todos ellos pueden aplicarse en una u otra región de las Américas.

**WILLIAM X. HULL**

*Agrólogo Mayor*

Servicio de Conservación de Suelos  
Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos  
de América

## RECONOCIMIENTO

*Por su valiosa ayuda en la revisión del manuscrito y la corrección de pruebas, expresamos nuestro reconocimiento al Sr. Carlos Fynn, Ingeniero Agrónomo, Jefe del Servicio de Clasificación y Conservación de Suelos del Ministerio de Ganadería y Agricultura del Uruguay, y Profesor de Topografía y Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Montevideo.*

## PREFACIO

**ES ESENCIAL TENER** en cuenta que en todas partes del mundo la conservación del suelo depende del uso apropiado de las diversas clases de terreno y de tratar a cada una según sus necesidades particulares. Este es el principio fundamental de la conservación de suelos y aguas en todo el mundo.

Dado que las tierras de cultivo son la base del sustento y la seguridad del hombre, constituyen su principal recurso natural. Por lo tanto, será mayormente en los millones de hectáreas de tierras laborables, pastos y bosques, que se extienden desde la Bahía del Hudson hasta el Cabo de Hornos, donde las democracias de América deberán obtener sus cosechas y productos del futuro.

En este vasto continente doble derivamos de la agricultura nuestros víveres, la mayor parte de nuestros materiales de construcción, las fibras para nuestros tejidos, cordajes, papel y millares de artículos de uso diario. Además, tanto en la paz como en la guerra, el suelo es la fuente principal de las materias primas que mantienen en actividad nuestras grandes fábricas modernas.

Existe en toda América la necesidad imperiosa de ajustar como es debido la agricultura a las condiciones del terreno, es decir, de usar sabiamente el suelo y el agua no sólo para aumentar el rendimiento de frutos nutritivos por hectárea, sino también para legar a las generaciones del porvenir una economía sólida. Esto se aplica, en especial, a las regiones gravemente afectadas por la erosión y a las de población densa desprovistas de medios de transporte adecuados, donde el área cultivable no es suficiente para producir los frutos necesarios.

La conservación del suelo, tal como la practican los peritos agrónomos, es la ciencia de usar y tratar el terreno para aumentar su productividad conservando en él sus características naturales de fecundidad, los abonos que le añade el hombre y una buena proporción del agua pluvial, elementos que, en conjunto, son de otro modo arrastrados por las corrientes. La conservación del suelo es, pues, de importancia primordial ya que sin ella las tierras laborables de América y, en el caso, las de todo el mundo, son imposibles de mantener en las condiciones necesarias para alimentar la población.

Afortunadamente, hay indicios de que las naciones de América salen de la era de malgastar suelos y aguas y de que pronto adoptarán

## PREFACIO

sistemas de conservación en gran escala ajustados a las necesidades de sus variadas tierras, climas y cultivos de un extremo a otro del vasto continente.

La obra puede llevarse a cabo. La manera de iniciarla es la comprensión cabal de los principios fundamentales de la conservación de suelo y aguas, el conocimiento de sistemas que proporcionen la producción agrícola constante y segura y la adopción, a la brevedad posible, de medidas para llevar a efecto la conservación de suelo y aguas.

Esta publicación, preparada de conformidad con el plan del Comité Interdepartamental de Cooperación Científica y Cultural, presenta en primer término, a grandes rasgos, el resultado de la era de abuso de la tierra, o sea, la devastación causada por sistemas defectuosos de cultivo y explotación, origen de la erosión en todo el continente americano. En segundo término presenta indicaciones prácticas para mejorar los sistemas de cultivo a fin de obtener un rendimiento mayor y constante protegiendo debidamente el suelo.

En este respecto debe tenerse siempre en cuenta que el suelo productivo es el fundamento de la agricultura perdurable, sin la cual no puede haber prosperidad ni progreso.

HUGH HAMMOND BENNETT

*Director, Servicio de Conservación de Suelos  
Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos de América*

## Capítulo I

# LA EROSIÓN DEL SUELO

**D**E TODOS LOS dones de la naturaleza, ninguno es más indispensable para el hombre que la tierra. Esta mezcla compleja de materia animal, vegetal y mineral, que cubre el núcleo rocoso del globo terrestre a profundidades diversas, es uno de los cuatro elementos primarios indispensables para la vida. Junto con la luz solar, con el aire y con el agua, la tierra nutre la vida vegetal y sustenta a todos los seres vivientes. Sin ella, nuestro planeta sería tan estéril como la luna.

Desde principios del mundo el suelo ha evolucionado continuamente. La lluvia y el viento han transportado sus partículas de uno a otro sitio, en su batir constante contra la superficie de la tierra. De este modo se han abierto cauces de arroyos y de ríos, se han formado deltas, y se han transformado gradualmente panoramas enteros. Sin embargo, cuando los terrenos han estado protegidos con una cubierta de pastos, de árboles o de cualquiera otra vegetación densa, la remoción del suelo ha sido siempre sumamente lenta, sin que sobrepase, por lo general, a su formación.

Este equilibrio favorable entre la erosión del suelo y la formación de nuevas tierras que prevalece bajo condiciones naturales, fué alterada casi desde el momento mismo en que el hombre empezó a cultivar la tierra para procurarse alimentos. Al eliminar la vegetación nativa y roturar la superficie de la tierra con rudimentarios implementos, los primitivos agricultores y sus sucesores, aceleraron inconscientemente el grado de remoción del suelo. Es probable, sin embargo, que el cultivo de la tierra continuara por siglos antes de que se reconociera la erosión como uno de los problemas de la humanidad. Sólo cuando la densidad de población obligó a que se cultivaran las laderas empinadas y los terrenos inestables, fué que la gente empezó a constatar vagamente, que la tierra puede desgastarse con rapidez por la acción de la lluvia y del viento.

Desde nuestra ventajosa posición de hoy, parece que los agricultores del Mundo Occidental hubieran hecho todo lo posible para apresurar el empobrecimiento de sus tierras productivas. Las laderas escarpadas fueron aradas generalmente en el sentido de la pendiente, sobrecargaron las praderas y potreros con grandes hatos de ganado y rebaños de ovejas; año tras año sembraron los mismos cultivos en sus fincas, sin proteger las tierras y sin fertilizarlas; despojaron de vegetación las praderas exponiéndolas a los estragos causados por los vientos; y obtuvieron como resultado que los canales de riego y de drenaje se cegaron con el suelo transportado, producto de la erosión.

Si hemos de combatir el uso destructivo de la tierra debemos hacer un examen de la situación. Debe estudiarse cada campo y analizar sus dificultades. Si las condiciones son complejas puede requerirse el asesoramiento de especialistas, agrónomos y técnicos en suelos que aconsejen el cuidado de la tierra y los métodos de cultivo, geólogos que ayuden a interpretar los tipos de erosión, e ingenieros que cooperen en los planes de mejoramiento. Deben investigarse las causas del estado actual de los terrenos, los métodos más eficaces para mejorarlos y las perspectivas para el futuro. Una vez que se hayan determinado los errores se deberá prescribir un tratamiento que detenga la erosión y que devuelva las tierras a sus condiciones normales de productividad, a la mayor brevedad posible. Puede ser necesario recurrir a cultivos resistentes a la erosión o reconstructores del suelo. Habrá quizá que desviar las aguas que afluyen a las zanjas y construir nuevos sistemas de terrazas y canales de desagüe para prevenir el escurrimiento. En las mayores pendientes o en campos afectados seriamente por la erosión convendrá no utilizarlos por varios años o dedicarlos a bosques.

Las huellas de la erosión las ve todo el mundo, pero no es tan fácil reconocer sus consecuencias presentes y futuras. Para percatarse de lo que está ocurriendo a nuestras tierras agrícolas, debemos estudiar críticamente la erosión que ellas sufren. Tendremos que saber distinguir entre la erosión normal y la erosión acelerada y conocer lo que cada una de ellas significa. La continuidad de los declives en la superficie terrestre, las corrientes de agua con cauces normales, definidos y bien adaptados a la configuración de los valles por donde corren; el escurrimiento lento y uniforme de la capa del suelo ladera abajo; y los arroyos y ríos, que excepto en las crecientes, tienen siempre sus aguas claras y limpias, son todas señales de erosión natural que denotan la condición perfectamente normal del paisaje. La aceleración de la erosión, debida a cambios producidos por el hombre, ha provocado formaciones terrestres erosivas y otras condiciones, que son definitivamente anormales, como son las cárcavas o zanjas, los subsuelos descubiertos por la erosión laminar los derrumbes, las carreteras socavadas, y las represas y los cauces de los ríos obstruidos por sedimentos. Todo ello evidencia el desgaste del suelo, que ha hecho ya grandes daños y que amenaza destruir nuestras tierras agrícolas y nuestras fuentes de subsistencia si no se lo detiene a tiempo.

## LA EROSIÓN Y SUS EFECTOS

A pesar de que el proceso erosivo puede continuar tan lentamente que apenas sea perceptible, su acción va minando la vitalidad de las heredades en todas partes. Las cárcavas o zanjas son el síntoma más espectacular de esta destrucción. Empiezan en forma de pequeños surcos, pero pueden adquirir proporciones fantásticas. Aun las cárcavas de pocos decímetros de profundidad interfieren con el cultivo de la tierra, haciéndola menos adaptable a su utilización como pradera. Si no se toman rápidas medidas para detener el crecimiento de las cárcavas, el mal no tendrá luego remedio y puede que haya que abandonar campos, siembras o poblados enteros.

La erosión laminar, aunque menos ostensible, no es por ello menos impor-



**Figura 1** —Tieiras de trigo en los Andes venezolanos destruidas completamente por la erosión.

tante. Esta forma de erosión es particularmente perjudicial, porque ataca primero el suelo superficial. Un desgaste semanal de un metro cúbico de suelo en una hectárea de terreno apenas se notaría, pero si ese desgaste continuara por 30 años o por toda una generación la pérdida llegaría a más de 30 cm. de suelo en toda la superficie. En muchas partes del continente, sólo este horizonte superior de la tierra sirve para el cultivo, por lo que, si se perdiera, sería muy difícil subsistir en esos lugares. La erosión causada por el viento también ataca el suelo superficial y en las regiones afectadas de los llanos, las partículas transportadas por las tormentas de polvo, provienen casi enteramente de él.



*Figura 2.*

De la misma manera que el clima es un factor importante en la determinación de la vegetación natural y el tipo de suelo de cualquier región, así también los elementos climáticos fijan en gran parte la proporción y el carácter de la erosión natural. La descomposición y desintegración de las rocas se deben a la acción de la congelación, del calor y del frío, de la humedad y la sequía, y a otras condiciones que dependen del tiempo y del clima. El suelo y las rocas desintegradas por la acción del tiempo son erosionadas y acarreadas por la acción de las aguas superficiales, provenientes de las lluvias y de las nieves fundentes, por el viento y por el deslizamiento gravitacional que se produce en las faldas de las elevaciones, debido al proceso general del movimiento de las masas (depósitos coluviales). De esta manera se destruyen gradualmente las grandes forma-

ciones terrestres debidas a los procesos destructivos. Las corrientes de agua quiebran de modo tal las mesetas y las montañas, que su aspecto cambia por completo. La erosión del suelo y de las rocas produce las "formas destructivas del paisaje" en la superficie de la tierra. Los valles grabados por las corrientes de agua, las superficies de las rocas azotadas y pulidas por las arenas voladoras, los acantilados cortados por las olas, los valles profundizados por los glaciares en marcha, los canales abiertos por aguas subterráneas, y las depresiones o cicatrices que dejan los desmoronamientos, son algunas de las formas comunes o normales de la erosión.

Los materiales arrastrados en ese proceso pueden ser depositados temporalmente en su camino hacia el mar. La erosión ha cavado grandes desfiladeros y anchos valles. Montañas completas han desaparecido por el desgaste permanente del agua. Los materiales removidos de los suelos y arrastrados por las crecientes de los ríos han cegado lagos, han formado anchos bancos a lo largo de sus cauces y formado grandes deltas en sus desembocaduras. Los geólogos han estudiado la historia de las rocas y han llegado a la conclusión de que la superficie actual de la tierra es muy diferente de lo que fué hace millares o millones de años. Ella cambia constantemente.

Las más altas elevaciones y las más profundas depresiones de la superficie de la tierra se deben a las rocas de la corteza terrestre y a los efectos de las perturbaciones geológicas de las mismas. En todas partes del globo hay rocas. Pueden aflorar a la superficie, como ocurre en las ásperas regiones montañosas impropias para la agricultura; pueden estar cubiertas por una capa de suelo de unos cuantos centímetros o de varios metros de espesor, o pueden estar ocultas bajo grandes masas de agua. No obstante, la superficie terrestre está sostenida en todo sitio, a no mucha profundidad, por un lecho rocoso comúnmente consolidado.

Algunas porciones de la superficie de la tierra han ido emergiendo poco a poco del fondo de los mares en épocas pasadas, y otras se han sumergido gradualmente. Parte de los continentes han sido plegados por las fuerzas tectónicas, formándose grandes cadenas de montañas y grandes mesetas, otras partes han sido deprimidas hasta formar dilatados valles. Los volcanes han derramado lava derretida sobre las tierras. El transporte de suelos por la erosión normal ha formado grandes extensiones de materiales sedimentarios, principalmente por repetidas deposiciones. Aun hoy estos procesos continúan ocurriendo. Los terremotos son evidencia de la agitación constante de la corteza de la tierra. Los cambios ocurren con lentitud y sólo mediante observaciones cuidadosas, los geólogos han podido aprender mucho acerca de sus efectos. Son estos movimientos capitales de la tierra los que forman las grandes masas terrestres; ellos constituyen los procesos constructivos del panorama.

En las páginas siguientes se ilustran y se describen los efectos de la erosión. En sus grabados se observa la importancia de las muchas formas en que se presenta la erosión geológica. Con una comprensión más clara de estas formas, estaremos en mejores condiciones para reconocer los procesos en sus etapas incipientes y evitar así los peligros con que amenazan.

Las colinas cubiertas de bosque (figura 2) y las ondulantes praderas cu-



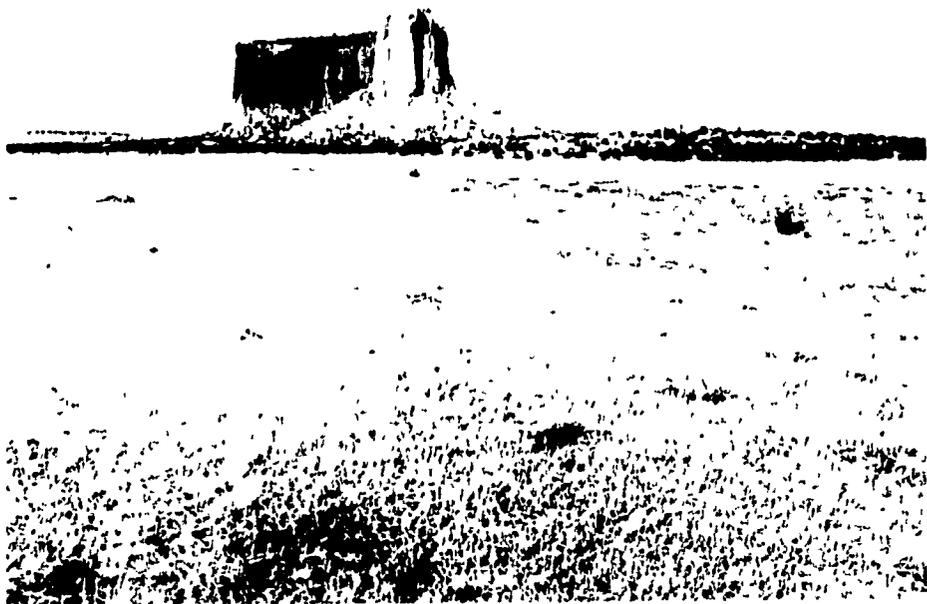
*Figura 3.*

biertas de pastos (figura 3) son configuraciones típicas del panorama natural de regiones húmedas y subhúmedas, donde la precipitación pluvial es adecuada. Las pendientes muestran graciosas curvas, excepto en los contados sitios en que las rocas se proyectan fuera de la capa superficial del terreno. Las laderas de los valles tienen declives suaves y uniformes. Las cimas de las colinas están bien redondeadas. Las líneas rectas y los ángulos agudos son raros.

El panorama natural de regiones áridas o semiáridas tiende a ser angular. El fondo plano del arroyo y sus riberas verticales, los acantilados y las tierras



*Figura 4.*



*Figura 5.*

altas y llanas (figura 4), son típicos de regiones deficientes en precipitación pluvial. Las espaciosas mesetas de cimas planas o los montículos como el que aparece en la figura 5, son formaciones terrestres comunes debidas a la naturaleza de las rocas y a los procesos erosivos en grandes extensiones del mundo.



*Figura 6.*

Las diferencias entre panoramas característicos de regiones áridas y de regiones húmedas se deben en gran parte a la protección proporcionada por la vegetación. En climas húmedos donde lo normal es que la superficie de la tierra esté cubierta por bosques lujuriantes y praderas, la erosión del suelo será ínfima. La mayor parte de la lluvia es absorbida, y la vegetación retiene la tierra protegiéndola contra la acción del agua y del viento.

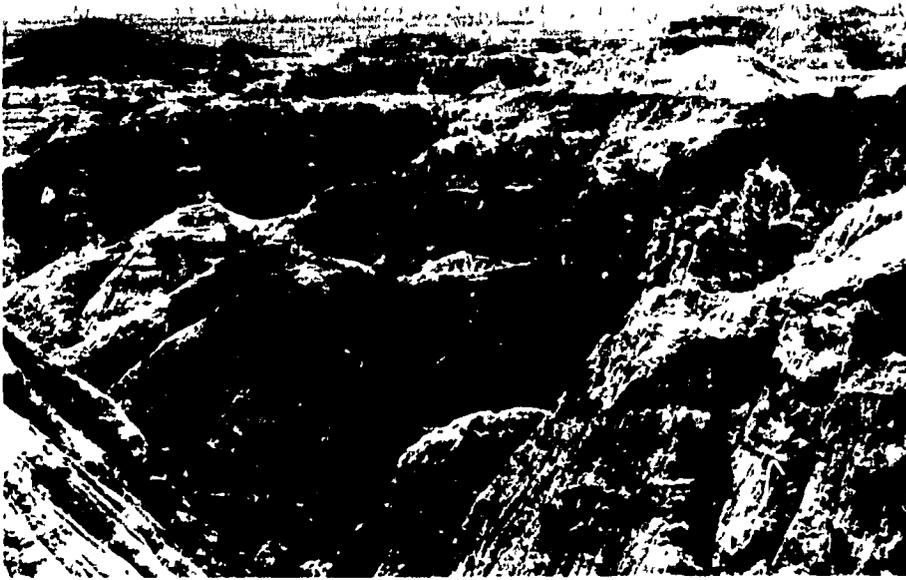
El suelo queda expuesto a los procesos destructivos cuando el césped natural se ara y los árboles se cortan o se queman. El terreno de la figura 6 y la ladera recién desforestada de la figura 7 sufrirán los resultados de la erosión a menos que se tomen las precauciones debidas.



*Figura 7.*

Tierras infértiles (figura 8); formaciones típicas de la acción de las lluvias y de las aguas superficiales en climas áridos y semiáridos. Los materiales del suelo y del subsuelo erodados en esas tierras, son transportados por cárcavas (zanjas) grandes y pequeñas, por las que sólo corre agua durante e inmediatamente después de las lluvias. Cada vez mayor extensión de tierras elevadas son afectadas en esta forma, a medida que millares de cárcavas socavan las tierras en marcha incesante.

La tierra agrícola de la figura 9 muestra una topografía de tierras estériles, desarrollada por la erosión acelerada en una región húmeda con precipitación pluvial anual de 85 a 125 cm. La ladera que se ve al fondo sufre ya los primeros estragos de la destrucción. La cubierta de césped está destrozada. La erosión laminar y los canchales han extraído la superficie fértil del suelo y empiezan ya a formarse cárcavas. En la parte llana al pie de la colina existen todavía restos de césped de la vieja superficie, que son constantemente socavados por las



*Figura 8.*

cárcavas. El subsuelo y el material madre expuestos por las cárcavas son de escasa fertilidad. La pendiente de los taludes es tan pronunciada que la vegetación tendría dificultad para arraigar y crecer en ellas. La erosión progresa con tanta rapidez, que son pocas las plantas que pueden mantenerse en el fondo de



*Figura 9.*

las cárcavas. La tierra y la roca de ese lugar, arrastradas por el agua, han cubierto terrenos más bajos con una capa de más de un metro de espesor.

A menos que se tomen a tiempo medidas que lo eviten, laderas como éstas pueden convertirse en grandes extensiones de tierras estériles.

## **EROSIÓN POR LLUVIAS Y POR AGUAS CORRIENTES**

La fuerza desarrollada por las lluvias intensas, al caer sobre césped denso o en el mantillo de los bosques, es atenuada por la cubierta vegetativa. Parte del agua es absorbida por la vegetación, parte queda a disposición de las plantas. En estas condiciones el escurrimiento superficial es poco o nulo, y el lavado o erosión de los suelos es insignificante.

La lluvia, al caer sobre terrenos con cultivos carpidos o en áreas sin vegetación en laderas de pastoreo, remueve el suelo no protegido. Durante fuertes aguaceros, capas de agua enturbada por material terroso suspendido, corre a través de esas superficies desnudas. En las pendientes, la arcilla y el limo transportados por esa "capa de lavado" tiende a cegar los poros del suelo y los conductos producidos por las raíces de las plantas, formando una costra impermeable. Poca agua se infiltra en la tierra en estas condiciones. El suelo sin protección es finalmente soltado y dividido por la lluvia y al ser arrastrado deja pequeños pilares, frecuentemente de varios centímetros de altura, retenidos por guijarros, hojas y raíces. Estos montículos protegidos sirven de clave respecto a la magnitud de la erosión reciente, provocada por la "capa de lavado". Tal erosión se evidencia también por las raíces de las plantas que quedan al descubierto y por la exposición de las capas subyacentes del perfil del suelo, que están ordinariamente ocultas. Esto es especialmente notable cuando el suelo es de color grisáceo u oscuro y el subsuelo rojo.

La verdadera capa de lavado no sigue cauces definidos, sin embargo, el agua tiende a concentrar su curso desarrollando rápidamente pequeñas vías de desagüe. Un solo aguacero puede ser suficiente para originar canaliculos de varios centímetros de profundidad, pero que desaparecen con el cultivo normal. A menos que la superficie se proteja pronto con vegetación o que los canaliculos se hagan desaparecer por medio del cultivo, éstos continuarán agrandándose con cada lluvia sucesiva. Los canaliculos más profundos pueden aumentar en tamaño y formar cárcavas tan grandes que no es posible hacerlas desaparecer por los métodos normales de labranza. Habrá que gastar entonces en mano de obra adicional para rellenarlas o para construir diques.

El gran volumen de material que puede ser extraído de un campo por la capa de lavado y el efecto cortante del agua encauzada, se revela también por la cantidad de arena y limo que se acumula frecuentemente en la parte baja de la ladera, después de fuertes lluvias. En las partes altas algunas plantas pueden presentar sus raíces al descubierto, otras, donde el suelo se deposita, quedan frecuentemente enterradas.

Las cárcavas pueden provenir de canaliculos, huellas en los caminos, senderos del ganado, zanjas, desagües de terrazas impropriadamente construidas u otras depresiones en las que se concentran las aguas. El flujo periódico del agua extrae del fondo el material de lavado o caído dentro de la cárcava, profundizándose así gradualmente. El ancho de las cárcavas crece por socavación y desmoronamiento de sus paredes, mientras que el aporte de agua de los tributarios ayuda a desarrollar canales laterales, que invaden las tierras adyacentes.

Los pequeños canales o las pequeñas cárcavas cuyo ancho inicial no era mayor al del paso de un hombre pueden aumentar de tamaño con tanta rapidez, que en poco tiempo son lo suficientemente grandes para ocultar una res, una casa, o toda una aldea. La profundidad a que pueden llegar las cárcavas y su velocidad de avance, quedan determinadas en gran parte por las condiciones geológicas, particularmente el grosor del perfil del suelo o profundidad a que se encuentra el lecho de roca dura, consistencia del subsuelo, la inclinación del fondo de la cárcava, y la cantidad de material transportado por la corriente. En algunas regiones las cárcavas pueden encontrar roca firme y resistente a unos pocos decímetros de profundidad.

Si la corriente de agua de una cárcava es grande y la carga de detritos es pequeña, el agua puede cavar en su fondo y extraer material adicional. Por el contrario, si la corriente viene fuertemente cargada de materia sólida, puede depositarla y levantar de esta manera el lecho de la cárcava. Este relleno por deposición es facilitado por la vegetación, diques y otros obstáculos que ayudan a regular la velocidad del agua.

Las corrientes de agua han sido siempre agentes activos de erosión, pero los cambios que ha provocado el hombre han hecho que su violencia sea aun mayor. La remoción de la vegetación natural ha aumentado la proporción de agua de escurrimiento durante o inmediatamente después de la lluvia. Este aumento de caudal ha transformado corrientes que antes discurrieron mansamente por canales poco profundos, en torrentes impetuosos que abren hondos barrancos y atacan las tierras que bordean sus cursos.

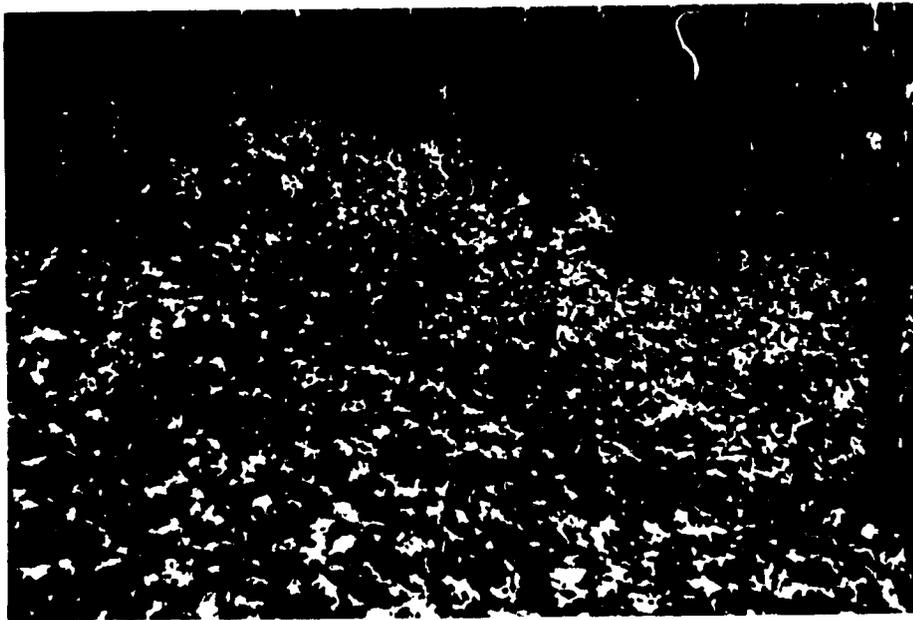
Las corrientes de agua en regiones montañosas fluyen generalmente en declives empinados, por valles estrechos de paredes escarpadas. Estas corrientes vigorosas desgastan constantemente el fondo de sus cauces. En regiones menos agrestes, donde las tierras se han desgastado a través de los siglos, los arroyos y los ríos corren por valles de fondo plano con amplios llanos inundables. En sitios así, el desgaste se produce principalmente a los lados; las corrientes oscilan o serpentean de un lado al otro del valle, ensanchando esos llanos y erosionando la tierra de sus márgenes. Las corrientes, al socavar sus riberas, producen desmoronamientos que erosionan las tierras adyacentes. Si a lo largo de las riberas de una corriente se cortan arbustos u otra vegetación, el peligro de erosiones laterales aumenta, puesto que se despoja a las riberas de esa protección.

Parte de las lluvias entra en la tierra y se infiltra en los poros del suelo y las grietas de las rocas. Arrastra así las partículas más finas y disuelve los materiales solubles como acontece con la caliza. En algunas regiones la satura-

ción por las aguas freáticas ablanda de tal modo la roca en descomposición o el material madre del suelo, que éste fluye verdaderamente aun cuando esté a varios decímetros de profundidad. Los procesos de esta clase, aunque generalmente lentos, aceleran el cavado de las paredes de las cárcavas. El agua que entra en la tierra por hendeduras paralelas a la orilla de una cárcava y por los hoyos debidos a animales cavadores o a raíces descompuestas, causa a veces el derrumbe de grandes trozos de sus paredes.

El tipo de erosión de suelo en una región cualquiera y las variaciones de la erosión en diferentes estaciones del año, dependen en gran parte del carácter de las lluvias. Las lluvias intensas dan mayor proporción de escurrimiento superficial que las lloviznas. Aquéllas generalmente duran poco tiempo y cubren sólo pequeñas áreas; son las que causan la mayor cantidad de erosión laminar y erosión por cárcavas.

Las hojas de los árboles aminoran la fuerza de la lluvia que cae en los bosques. En el bosque de la figura 10 hay poca maleza, pero las hojas caídas forman una gruesa cubierta protectora sobre la tierra. Las gotas de agua caen de los árboles sobre este lecho vegetal y son absorbidas. Cuando las lluvias son normales, hay muy poco o ningún escurrimiento en un bosque como éste. Gracias al abundante mantillo, el terreno es suelto y poroso. El agua penetra en la tierra con facilidad y allí se almacena para ser utilizada por las plantas en períodos de sequía. Aun durante las lluvias más recias, el agua se desliza con lentitud sobre la superficie. Ella es clara, porque lleva consigo muy poco o ningún sedimento. En las condiciones naturales de los bosques, el suelo no



*Figura 10.*



*Figura 11.*

sólo se mantiene en su sitio, sino que se enriquece lenta, pero constantemente, por la vegetación que se descompone.

La fracción de monte de la figura 11 muestra una condición notablemente distinta. La cantidad de mantillo es escasa debido al excesivo pastoreo e intenso pisoteo. La falta de protección húnica ha permitido el arrastre no sólo del suelo superficial, sino también de varios decímetros de subsuelo, dejando al descubierto las raíces de los árboles. El escurrimiento es rápido; el agua tiene poca oportunidad de infiltrarse en la tierra, porque no existe ya sobre ella la cubierta absorbente de mantillo. El suelo superficial de textura poco consistente ha sido completamente extraído y el subsuelo, actualmente expuesto, absorbe el agua lentamente, lavándose con facilidad. Las corrientes de agua que fluyen de este arbolado salen turbias con la arena y el cieno que arrastran consigo. Las aguas corren rápidamente sobre la superficie y es poca la que se conserva en el suelo para el uso de los árboles durante períodos de sequía.

La tierra absorbe con rapidez las lluvias que caen sobre una cubierta compacta de césped, perdiéndose muy poca por escurrimiento. La pradera a la izquierda (figura 12) del alambrado tiene una buena cubierta de pasto debido a una correcta utilización; mientras que la que aparece a la derecha ha sido sobrecargada con ovejas. La vegetación es escasa e inferior. Se observan muchos manchones desnudos.

Todo es favorable en el campo de la izquierda. Retiene mayor cantidad de agua porque el escurrimiento es más lento, y por tanto los pastos crecen mejor. El agua tiene poca oportunidad de concentrarse en canales y formar canaliculos o cárcavas. No hay lugares sin vegetación donde el viento pueda "volar" el



*Figura 12.*

suelo. Con tal utilización, el campo de la izquierda continuará mejorando, mientras que el de la derecha se hará constantemente menos productivo y menos valioso



*Figura 13.*

El potrero de cerdos de la figura 13 acusa diferencias notables en erosión respecto a sus alrededores, debido a la distinta utilización. Hozando y pisoteando la superficie de la izquierda, los cerdos han denudado completamente el suelo. La erosión laminar y la acción de los canaliculos, han arrastrado la capa superficial más productiva, y ahora, una cárcava destroza aún más el campo. Durante las sequías, la erosión por viento contribuye también a la destrucción. A la derecha del alambrado, los pastos y malezas protegen convenientemente el suelo. Cuando estos desaparecen, ya sea por los cerdos, cabras, ganado o caballos, los efectos destructivos son los mismos.

Donde hay cambios abruptos en la utilización del campo y erosión en tierras colindantes, la cooperación entre los agricultores es necesaria para



*Figura 14.*

contrarrestar la destrucción. A menos que se tomen medidas preventivas para la tierra estéril del grabado 13, la cárcava y los canaliculos seguirán avanzando hacia el área alta de la derecha. En otras circunstancias el agua concentrada en una propiedad puede causar cárcavas en tierras adyacentes más bajas. El estudio de los efectos del agua corriente y el desarrollo de las cárcavas demuestra que la cooperación de los agricultores vecinos es esencial en regiones extensas para que tengan éxito las medidas de conservación de suelos.

Frecuentemente, una rápida erosión laminar, debida a la utilización humana, provoca un marcado desgaste de la tierra. En esta forma, una chacra, una granja o una hacienda, puede ser erosionada en varios decímetros respecto al nivel de los alrededores.

En la figura 14 aparecen evidencias de erosión laminar.

Una barranca de aproximadamente 45 cm. divide el algodonal a la izquierda de la faja de césped residual a lo largo del camino. Un estudio del terreno demuestra que el suelo debajo del césped ha sido protegido y le queda todavía una capa superior de tierra, u horizonte A, de varios centímetros de espesor. A pesar de que el algodón está sembrado en curvas de nivel y tiene terrazas viejas, la capa superior del suelo ha sido removida y la erosión se ha abierto camino hasta bien adentro del subsuelo u horizonte B. Gran parte del daño probablemente ha ocurrido generaciones antes de que se le hicieran las terrazas. El lava lo reciente se produjo cuando se rompieron algunas de ellas y no fueron inmediatamente reparadas. En algunas de las cárcavas estrechas que se abren en las terrazas rotas, quedan sólo unos cuantos centímetros de subsuelo sobre el lecho de roca. En el frente de la figura 14 se ve la pared de una cárcava de 6



*Figura 15.*

metros de profundidad, cuyos ramales siguen corroyendo gradualmente el suelo.

La figura 15 señala los resultados de distintas maneras de usar la tierra. El terreno más allá del alambrado ha perdido varios centímetros de suelo debido a otra forma de erosión. La tierra de la derecha se aró en 1909. El año siguiente fué extraordinariamente seco y los cultivos fracasaron. La erosión causada por el viento voló el mejor suelo. En la parte izquierda el pastoreo ha sido intenso, pero todavía hay en ella suficiente protección de pastos bajos y artemisa para evitar las violentas embestidas del viento.

La figura 16 muestra un alambrado divisorio. El propietario de las tierras de la izquierda aplicó medidas de conservación y ha podido retener la mayor parte del suelo original. La capa de lavado y los canaliculos han arrastrado 75 cm. de suelo de los terrenos de la derecha.

En los sitios en donde las aguas corrientes se concentran en surcos o en canales menores, la acción erosiva del agua se acentúa y tienden a formarse



*Figura 16.*

canalículos. Una sola estación y hasta un solo aguacero pueden desarrollar canalículos de tamaño considerable. La figura 17 denota los efectos de 5 cm. de lluvia caídos en un período de 30 a 40 minutos. La tierra se había arado para barbecho de verano y cultivado una vez. El escurrimiento fué tan intenso que



*Figura 17.*

los canchales que se observan a la derecha, en el fondo del grabado, extrajeron el suelo en toda la profundidad arada. Nótese que los canchales más pequeños corren más o menos paralelos a la dirección de la siembra. Aun en esta suave pendiente el cultivo en curvas de nivel hubiera ayudado a evitar que la capa de lavado desarrollara canchales. Una parte de los materiales erosionados se depositó en el canal principal que se ve en primer término, a la izquierda.

A menos que se tomen medidas que lo eviten, los canchales se convertirán en cárcavas estrechas. El tamaño que adquieran estas últimas dependerá de muchos factores. Las cárcavas de la figura 18 tienen más o menos un metro de profundidad pero es difícil que aumenten de tamaño con rapidez. El ahonda-



*Figura 18.*

miento será lento debido a que hay roca suelta sobre el terreno y a que el lecho de roca aflora a trechos en el fondo de estas cárcavas, pero podrán ensancharse y extraer cada vez mayor cantidad de suelo de sus alrededores. Aun cuando la erosión de las cárcavas no penetre más hondo en esta ladera, siempre causará daños considerables porque la remoción del suelo superficial dejará sólo un lecho de roca improductivo.

La red de cárcavas estrechas en la ladera de la figura 19 es típica de las tierras francolimosas, fácilmente erosionables.

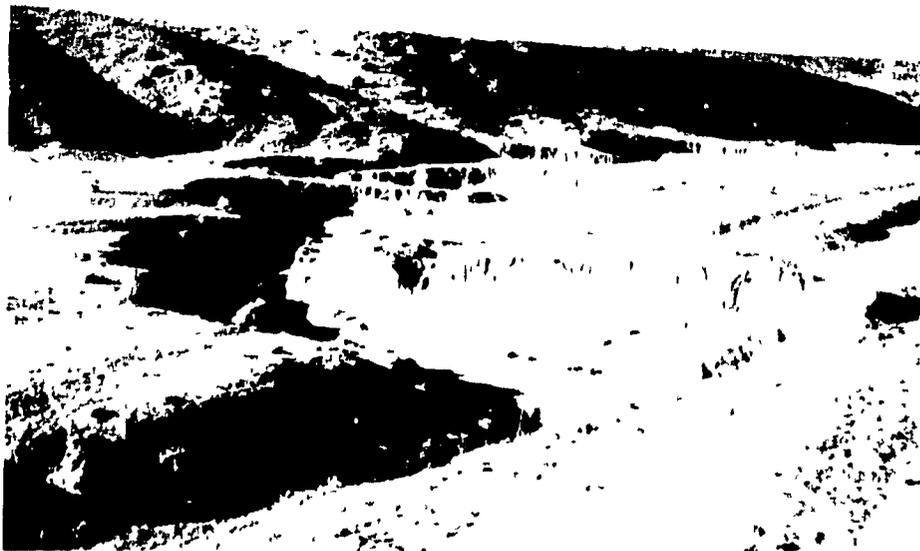
En condiciones naturales, las praderas que se observan en la figura 20 podrían mantener una buena vegetación caespitosa. Sin embargo, ha sido



*Figura 19.*

sobrecargada por lo que su cubierta actual es pobre. El escurrimiento acelerado por esta razón ha cavado una cárcava grande en el valle.

Consideran los geólogos que la formación de un valle dentro de otro, como los que se ilustran en estos dos grabados, es indicio claro de que ha habido un incremento en el proceso de erosión. En la figura 21 se ven las laderas del valle



*Figura 20.*

primitivo formando, al encontrarse en la base, una amplia V. En el fondo del antiguo valle se ha formado una cárcava estrecha de 4,5 m. de profundidad, de los cuales cerca de 1,8 m. fueron cavados en un solo invierno.

El aumento en la cantidad de escurrimiento, debido a la utilización de la tierra por el hombre, ha ocasionado mayores inundaciones y un aumento en la acumulación de sedimentos en las tierras bajas. El suelo extraído por la erosión



*Figura 21.*

laminar y la acción de las cárcavas es llevado valle abajo por las corrientes fuertemente cargadas y depositado donde éstas se debilitan. De esta manera se amontonan grandes cantidades de arena y de limo sobre los feraces terrenos de los llanos fluviales, según se ve en el valle de la figura 22. Algunas veces las capas delgadas de limo son beneficiosas, pero las capas gruesas de arena destruyen el valor agrícola de la tierra.



*Figura 22.*

El agricultor de la propiedad que se ve en la figura 23, empezó a limpiar su casa de la arena y el limo allí depositados. Podrá desenterrar sus instrumentos



*Figura 23.*

de labranza, pero los materiales acumulados destruyen sus cultivos, siendo una pérdida irreparable para los terrenos de los cuales provienen.

## LA EROSIÓN EÓLICA

La erosión causada por el viento tiene importancia sólo en las regiones donde no hay vegetación suficiente para cubrir y proteger el suelo. Esto es una condición natural en tierras áridas y a lo largo de las riberas arenosas de los lagos, los mares y los ríos. Es también una característica común dondequiera que haya terrenos arenosos en cultivo. Las dunas son formaciones frecuentes en tales sitios; las tormentas de arena han constituido siempre un peligro para las caravanas y los habitantes de los desiertos. La falta de protección vegetal en las dunas permite que éstas cambien de posición con el viento. Las dunas migratorias han enterrado bosques enteros, casas y hasta aldeas completas.

En años recientes, la erosión eólica y las tormentas de polvo han aumentado en severidad en la parte central de los Estados Unidos. Al arar el césped natural en algunas partes de los grandes llanos de este país se han puesto en peligro millares de kilómetros cuadrados de tierra donde se produce excelente trigo en los años con precipitaciones adecuadas, pero donde la erosión eólica es considerable durante los períodos de sequía. Campos que una vez fueron hermosas praderas se han convertido casi en desiertos, tanto por el arado como por el pastoreo excesivo. Dentro de esta "concavidad polvorienta" el material que arrastra el viento no es solamente arena sino también valioso suelo superficial. Se forman dunas y la arena se amontona sobre los campos vecinos, a lo largo de los alambrados, alrededor de la vegetación y edificios, mientras que gran parte es transportada centenares de kilómetros antes de depositarse.

La protección contra la erosión eólica y contra los daños producidos por las dunas movedizas se logra si se mantiene en el suelo una buena cubierta vegetal. La erosión eólica, a semejanza de la laminar, actúa sobre amplias superficies, no pudiendo producirse donde hay una cubierta espesa de césped, de bosque natural o de residuos vegetales. Una vez que la arena se acumula en dunas movedizas, es necesario emplear medios que eviten su movilidad, a fin de conseguir que la vegetación tenga oportunidad de arraigar. Para su fijación permanente pueden plantarse pastos y árboles seleccionados. A veces será necesario clavar estacas en el suelo o amontonar residuos vegetales sobre el terreno, a fin de conseguir que el material suelto se estabilice lo suficiente para permitir que las delicadas plantitas sean favorecidas en su arraigo a pesar de los vientos. En algunos lugares, para conseguir tal finalidad ha sido necesario recurrir a la plantación de malezas.

En las costas oceánicas y a lo largo de muchos lagos y ríos los médanos o dunas son características comunes del panorama. Cuando éstas están desprovistas de vegetación, son "activas" y están libres de desplazarse según la variación de los vientos. La arena es arrastrada sobre un lado hasta la cresta, volcándose sobre el otro lado. En esta forma las dunas pueden migrar muchos metros en una fuerte tormenta de viento.



*Figura 24.*

Las dunas de gran tamaño, como la que se ve en la figura 24, son muy destructivas cuando invaden regiones de tierra valiosa, edificios, sembrados o bosques. La duna de la figura se está moviendo hacia los árboles de la izquierda. Si continúa avanzando, la arena puede llegar a cubrir por completo el bosque. En el pasado, las dunas han sepultado bosques, casas, iglesias y aldeas enteras. Algunos de estos sitios han sido desenterrados años más tarde, al cambiar el viento durante unas cuantas tormentas, lo que llevó las arenas a otros lugares.

Hay varios métodos para evitar la dispersión de las arenas movedizas.



*Figura 25.*

Frecuentemente se obtienen buenos resultados plantando en las dunas pastos convenientes u otra vegetación resistente a la sequía. A veces se usan vallas de estacas y otros obstáculos para hacer que la arena se amontone, evitando así que sea volada sobre propiedades valiosas. Las estacas de la valla portátil colocada en las dunas costaneras de la figura 25, pueden alzarse una y otra vez, a medida que la arena se acumula contra ellas.



*Figura 26.*

La figura 26 muestra las barreras de ramas que se usan para detener el movimiento de las dunas u orillas de un lago. Al fondo se ve una zona estabilizada donde la vegetación está bien desarrollada. Si se produjera una hendidura en la cubierta forestal o de césped de una duna o médano, se daría al viento la oportunidad de volver a actuar, podría socavar el resto de la vegetación y desarrollar rápidamente una condición similar a la que se presenta en la parte del frente del grabado.

En la figura 27 se observan las arenas amontonadas frente a una vivienda de la playa. Las corrientes de los vientos alrededor de la casa evitan que las arenas se amontonen contra las paredes. La vegetación que cubre parcialmente esta duna retarda sus movimientos.

En muchas de las páginas precedentes hemos descrito cómo aumenta la erosión con el pastoreo excesivo y la remoción de la vegetación. En esa forma la arena y el limo van a parar a los ríos incrementando la carga de materia en



*Figura 27.*

suspensión. En las regiones áridas y semiáridas rara vez hay agua suficiente para arrastrar esta carga adicional. De ahí que se formen bancos de arena en las riberas de los ríos, que los vientos se encargan de transportar rápidamente. Las dunas de la figura 28 están situadas en un extenso banco en las márgenes de un río. Antes de 1890 no había allí extensos llanos de arena. Ahora, debido al pastoreo excesivo, las arenas se acumulan en dunas y con frecuencia vuelan como se ve al fondo del grabado.



*Figura 28.*

Cuando la tierra carece de vegetación protectora y la humedad es escasa, el suelo desnudo está a merced del viento. La capa superior del suelo que no está protegida vuela con más facilidad que la arena y puede recorrer mayores distancias. El suelo suspendido en el aire oculta el sol por varios días y da a la luz una apariencia macabra. Con fuertes ventarrones o "polvaredas" el polvo penetra en todos lados. Ni siquiera las casas, por mejor cerradas que estén, ofrecen adecuada protección. El polvo ahoga y ciega, lo mismo a las bestias que a los hombres.

Las extensas llanuras de la región central de los Estados Unidos de América sufrieron extraordinariamente en los últimos años de sequía. En lugares que



*Figura 29.*

han sufrido la erosión eólica puede no quedar otra cosa que un subsuelo duro. El campo que se ve en la figura 29 ha sido despojado por el viento en toda la profundidad de cultivo, como lo evidencian las huellas dejadas por varios años de laboreo. El subsuelo es duro y revela grietas estructurales semejantes a aquéllas formadas cuando se secan los depósitos de fango.

La falta de vegetación en las colinas arenosas del pastoreo que se observa en la figura 30, y la pérdida de la capa superior de su suelo se deben al constante ir y venir del ganado al abrevadero. La aglomeración de ganado causa un excesivo pastoreo y pisoteo de la vegetación. En los años de lluvias normales, el pasto protege el suelo. Durante los períodos de sequía, disminuye la resistencia del pasto y el pastar y pisotear constante de los animales que se aglomeran junto a los abrevaderos causa la pérdida de la mayor parte de los pastos.

Despojado el terreno, queda entonces expuesto a la acción del viento. Una vez que empieza, la erosión es mayor a medida que la vegetación se destruye o se sepulta bajo las arenas movedizas. Los montículos cubiertos de pastos que se ven en el grabado, son los restos de la superficie original, lo que muestra el suelo y el subsuelo destruidos por la erosión.

La erosión eólica reduce el valor de las tierras en que actúa y si los materiales que arrastra el viento son arenosos, se perjudicarán, por lo general, las tierras agrícolas donde éstos se acumulen. La erosión eólica no beneficia ni al lugar donde se origina, ni a aquél donde se depositan los materiales.



*Figura 30.*

## **LA EROSIÓN EN EL PASADO, EL PRESENTE Y EL FUTURO**

Al volver la vista hacia el pasado, contemplamos la obra incesante de la erosión geológica. Ella ha desgastado y modelado desde tiempo inmemorial la superficie de la tierra y es un proceso esencial de la naturaleza el que ha dado a los panoramas la configuración que tienen al presente; es una de las características de un panorama normal. El proceso erosivo es continuo, pero tan lento, que necesita eras para producir alteraciones de importancia en las características principales de la superficie terrestre.

El impresionante desfiladero conocido como el Gran Cañón del Colorado, en el Estado de Arizona, Estados Unidos, es tan bello que se ha reservado para solaz del público. Este desfiladero era en sus orígenes más o menos igual a

centenares de otros pequeños valles de la misma región; sin embargo, la erosión causada por el río Colorado a través de las edades, cavó esta enorme barranca al arrastrar, día tras día y año tras año, tierras y rocas de ese lugar que fué en un tiempo una inmensa meseta.

Todavía, el Gran Cañón continúa creciendo. El abismo es profundo y sus paredes escarpadas. El agua y los derrumbes desprenden constantemente las rocas y la tierra de las paredes y las despeñan al fondo del cañón, de donde las arrastra la corriente. El río lleva siempre gran cantidad de sedimentos.

A medida que estos procesos erosivos continúen, el cañón será con el tiempo más y más ancho. Los afluentes cavarán cada vez más los bordes del barranco, sobre el llano de la meseta; sus paredes serán menos escarpadas y los procesos erosivos disminuirán gradualmente. Es probable que en un futuro remoto, el cañón se extienda en tal forma, que su ancho llegue a ser dos, cinco, diez o más veces el actual y en lugar de un estrecho y profundo desfiladero a través de la meseta, habrá un amplio y despejado valle, y la distancia desde el río hasta el borde de las tierras altas será quizá tan grande que la vista humana no alcance a recorrerla.

La erosión natural o geológica es un proceso esencial que ha de continuar desarrollándose en el futuro, a pesar de todo cuanto haga el hombre para evitarlo. La erosión del suelo que nos interesa tan seriamente es aquella cuyo proceso es anormal e indeseable, que provoca el hombre con sus actividades y es susceptible por tanto, de corregirse. La continuación de este derroche depende de los terratenientes, de los productores y consumidores de alimentos, de los agrónomos, geólogos, silvicultores, ingenieros y otros, que puedan intervenir en la prescripción y realización de los tratamientos a aplicar. La erosión no combatida puede transformar toda una región haciéndola estéril y obligar a la población a abandonarla. Las tierras deben conservarse, usándolas sin que se agoten y evitando su lavado reteniéndolas en el lugar. Para conseguir esto tenemos que trabajar en armonía con la naturaleza y usar un sistema que se base en el conocimiento de los procesos naturales para no malgastar nuestros esfuerzos en proyectos inútiles.

Cualesquiera que sean las razones, es un hecho indudable que la erosión del suelo es uno de los problemas más apremiantes de la humanidad. Ella ha arruinado ya millones de hectáreas de tierras que antes se cultivaban, y ha reducido a muchos otros millones a una condición definitivamente submarginal. En las condiciones actuales ya no quedan muchas tierras buenas. Además, la mayor parte de nuestra tierra de cultivo está perdiendo constantemente parte de su suelo debido a los métodos de trabajo empleados. En concreto, a menos que protejamos en forma adecuada las tierras buenas con que todavía contamos, tendremos que afrontar, eventualmente, una seria escasez de tierras cultivables.

## CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

Los efectos de la erosión en un establecimiento agrícola determinado a veces tardan en manifestarse, dependiendo de las características físicas de la tierra y del uso a que se dedica. Tarde o temprano empieza a declinar el rendi-



*Figura 31.*—El Gran Cañón del Colorado, en el Estado de Arizona, en los Estados Unidos de América, es un ejemplo imponente de la obra de la erosión natural sobre el panorama.

miento de las cosechas, a medida que el terreno pierde las capas superiores más productivas del suelo. Frecuentemente, arar resulta un trabajo difícil y costoso, debido a la formación de cárcavas o a la exposición del subsuelo duro y resistente a la labranza. Las tierras desprovistas de las capas superiores exigen más fertilizantes o abonos y mayor cantidad de lluvia para producir con beneficios. En resumen, a medida que la erosión avanza, el trabajo agrícola se hace inmediatamente más difícil, más costoso y menos remunerativo y eventualmente su realización es imposible.

En lo que respecta sólo al agricultor perjudicado, la situación es ya bastante difícil, pero cuando esta situación se multiplica millares de veces a través de todo un país, se convierte en un problema que influye adversamente en la estructura total de la vida social y económica de la nación. Los que se dedican a la agricultura en regiones severamente afectadas por la erosión, están casi sin excepción, mal alimentados, mal vestidos y mal albergados; representan riesgos indeseables para los bancos y compañías de préstamos, son malos clientes para la industria y el comercio, y contribuyen con poco al bienestar general de la comunidad. Mientras la erosión continúe arrastrando la tierra y empobreciendo a las gentes dedicadas a la agricultura en la forma que ahora lo hace, ningún país jamás podrá esperar una sana y perdurable prosperidad nacional. Eventualmente nuestros países podrían perder su condición de vigorosas naciones, si fuéramos tan tontos, que permitiéramos el continuo fluir hacia el océano de la esencia de nuestros recursos más básicos.

El objeto primordial de la conservación del suelo es contrarrestar la erosión y fomentar el mejor uso de las tierras agrícolas y ganaderas en la mayor extensión posible. Los resultados logrados hasta la fecha, prueban sin lugar a dudas que los agricultores pueden mantener permanentemente sus fincas, haciendo más seguras sus vidas y ocupaciones, si tienen voluntad, sencillez, energía y el conocimiento necesario.

Como todos los humanos, ya sean campesinos o residentes en la ciudad, dependen de la productividad continua del campo para la subsistencia, la conservación del suelo compete a todos y todos tienen idéntica responsabilidad sin excepción alguna.

## **TÉCNICAS PARA COMBATIR LA EROSIÓN**

La erosión sólo puede combatirse adecuadamente si cada hectárea de tierra de un establecimiento o de una cuenca se trata de acuerdo con sus necesidades y sus propias adaptaciones. Esto significa que los cultivos deben limitarse, dentro de lo económicamente posible, a los terrenos más llanos o a las mejores partes de cada hacienda. Las regiones más escarpadas, las más severamente erosionadas, y los lugares susceptibles a la erosión, se utilizarán bajo pradera, prado o monte permanentes. El agricultor que conserva sus suelos, poseerá finalmente, tierras cultivadas, praderas, prados, montes maderables, canales y abrevaderos, adaptados a la configuración y carácter del terreno, al clima y dentro de lo posible, a la situación económica de su granja.

Esto es, sin embargo, sólo la mitad del programa de conservación. Una vez que el agricultor empeñado en combatir la erosión ha establecido un sistema básico efectivo para la defensa del suelo y utilización de la tierra, aplicará tratamientos específicos a cada hectárea, de acuerdo siempre con las necesidades de la tierra y sus adaptaciones. Las tierras labrantías, por ejemplo, se cultivan casi siempre en rotaciones, generalmente según curvas de nivel (o de contorno) y con frecuencia en fajas de contorno. A menudo se construyen terrazas para proveer protección adicional. Los pastoreos se encalan, fertilizan y se les hacen surcos en contorno para mejorar el crecimiento de los pastos. Las cárcavas, previo suavizado de sus taludes, se plantan con pastos permanentes y a veces se estabilizan con pequeños diques de retención. Cuando es necesario, se cercan los montes para evitar el acceso de los animales, se protegen contra el fuego y se les aclara sistemáticamente, para asegurar así una producción vigorosa y constante de madera.

En los campos de ganadería la conservación de suelos toma una forma algo diferente. Donde la cubierta original de pastos se ha enrarecido debido al excesivo pastoreo, se reduce la cantidad de cabezas de los hatos y rebaños al número que la pradera puede soportar sin perjuicio. En algunos sitios se hacen obras para represar o para concentrar las aguas de lluvia y extenderlas sobre el campo donde sea conveniente. Éstas son sólo algunas de las muchas prácticas de conservación que se usan en la actualidad. El tratamiento específico adaptado a las diversas condiciones posibles es variable, pero siempre consiste de métodos prácticos, fácilmente aplicables, que han sido experimentados satisfactoriamente en miles de casos.

Al resumir los resultados de los trabajos de conservación de suelos hasta la fecha, se pueden hacer algunas aseveraciones más o menos concluyentes. La erosión se ha combatido a los efectos prácticos en granjas que comprenden millones de hectáreas de propiedades privadas. Hemos encontrado una solución, o al menos una solución parcial para cada tipo de erosión que se presenta en las tierras agrícolas de Norte América.

Hemos aprendido que las técnicas que se usan para combatir la erosión y conservar las aguas de lluvia facilitan las labores agrícolas más que las ruidosas prácticas comunes. Resulta más económico, por ejemplo, operar un tractor según las curvas de nivel, que hacerlo en el sentido de la pendiente. Es más fácil para un caballo tirar de un arado siguiendo líneas a nivel, que subiendo una pendiente. Es más económico cultivar las tierras mediante prácticas de conservación del suelo que sin ellas, los beneficios de la explotación resultan mayores porque se aumentan los rendimientos por hectárea.

Además, las alturas alcanzadas por las inundaciones a lo largo de muchas pequeñas corrientes, en lugares donde los métodos de conservación de suelos han sido extensamente aplicados, fueron reducidas considerablemente, dado que las corrientes tienden a fluir por mucho más tiempo, y por lo tanto arrastran menor cantidad de suelo.

Si la obra que se está realizando en el campo es de gran importancia, no lo es menos la necesidad de realizar esfuerzos en otro sentido. Hay necesi-

dad de hacer gran número de investigaciones y estudios acerca de muchos de los complejos aspectos del problema. De la misma manera, es necesario un esfuerzo educativo continuo, de modo que los beneficios obtenidos por la acción y la investigación, no se pierdan con el correr del tiempo. Debe enseñarse a la gente en tal forma que piense en el uso correcto de la tierra como una cosa natural, si deseamos que lo que nosotros obtenemos ahora, sea permanentemente efectivo.

Debe recordarse que la actual necesidad de una acción pública es la consecuencia de la omisión anterior de considerar más cuidadosamente nuestra tierra. Observar el pasado es fácil, pero si durante la última centuria se hubiera previsto el panorama que se esbozaba de nuestra actual utilización de la tierra, el resultado habría sido diferente. Estamos hoy modificando nuestro uso de estas tierras, en un esfuerzo para corregir errores pasados en beneficio del futuro.

Una nueva frontera surge en torno nuestro, frontera que deben ocupar las fuerzas empeñadas en la conservación del suelo. Afortunadamente, hemos aprendido a defender estas tierras. Contamos con la capacidad técnica para realizar la tarea y con los brazos necesarios para llevarla a feliz término. Lo que hace falta es la resolución de efectuar los trabajos sobre el terreno. Debemos tener presente que cuanto más tardemos en empezar, tanto más difícil y costosa será la tarea. Recordemos también, que la defensa del suelo es parte inseparable de la defensa nacional.

## Capítulo II

### CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS

**Este capítulo explica cómo se ha ideado la clasificación de capacidades agrológicas y expone los principios en que se fundamenta. Define las ocho clases de terrenos y presenta diversos ejemplos ilustrativos de cada clase. Enseña además la manera de utilizar la clasificación para seleccionar y aplicar las prácticas agronómicas en el uso y conservación de los suelos en cada granja en particular. Se proporciona de este modo un método para conocer las diferentes clases de terrenos y determinar su uso más adecuado.**

### NECESIDAD DE UN ESTUDIO

La conservación de los suelos requiere el uso de cada unidad de terreno conforme a sus necesidades y adaptación. Uno de los primeros pasos a tomar consiste en hacer un estudio físico de las tierras con el fin de obtener datos para la clasificación de capacidades agrológicas. Realizar ese estudio constituye una labor técnica de levantamiento de mapas en el propio terreno, ya que requiere conocimientos de los sistemas de clasificación y práctica en distinguir los distintos suelos, clase de pendiente y clase y grados de erosión. El paso siguiente es clasificar las tierras haciendo un amplio uso de los conocimientos adquiridos por los agricultores prácticos así como del obtenido por medio de experimentos. Una vez establecidas las clases se anotan en el mapa mediante símbolos o colores. El mapa está entonces listo para usarse en forma práctica en la preparación de un plan agronómico de explotación de la granja de acuerdo con las normas de conservación de suelos.

Para realizar un plan agronómico completo para una granja se necesitan dos grupos de datos. Uno consiste en el estudio de los terrenos, que para mayor conveniencia, se registra en un mapa. El otro comprende algunos informes sobre el aspecto económico de la agricultura, los cuales deben ser lo suficientemente explícitos tanto para el técnico de proyectos agrícolas, como para el agricultor. En tierras de pastoreo se requiere, para la explotación de una hacienda, un estudio de los recursos forrajeros que, constituye un tercer grupo de datos.

Los peritos en conservación de suelos pronto observaron que el estudio, para que sea útil al proyectar los planes de explotación, debe ser algo más que un mapa del terreno, un mapa de las erosiones, o un mapa de las pendientes,

y ser, sin embargo, más sencillo que cualquiera de éstos. No debe basarse en la forma en que se esté usando la tierra, la cual puede estar equivocada, pero debe ofrecer una comparación fácil con el uso actual para señalar con claridad los reajustes que sean necesarios. Debe ser minucioso para que permita, cuando se necesite, el empleo de tratamientos por separado, terreno por terreno, o hectárea por hectárea, pero debe ser sencillo y fácil de interpretar. Para llenar estas necesidades fué que se desarrolló el método de la clasificación de capacidades agrológicas.

## **CLASIFICACIÓN DE CAPACIDADES AGROLÓGICAS**

La capacidad agrológica es la adaptación que presentan las tierras a usos específicos. Las tierras de una granja se utilizan, ya sea para la producción de cultivos que requieran labranzas, o para alguna forma de vegetación permanente (generalmente pastos, otras plantas forrajeras, o árboles maderables) que exigen poca o ninguna labranza. Al proceder a la clasificación agrológica de los terrenos debe obtenerse, en primer término, respuesta a las siguientes preguntas: ¿Es apropiada esta tierra para la producción de cultivos? ¿Se puede cultivar sin correr los riesgos de la erosión del suelo? ¿Su utilización segura y permanente está limitada a la producción de vegetación perenne? Algunas tierras, desde luego, son intermedias y pueden usarse sin mayores riegos para cultivos ocasionales, tales como cereales cada pocos años, previos a la siembra de forrajeras de corte, o pueden, en climas semiáridos, dedicarse pequeñas partes del área total a cultivos limitados tales como algunos forrajeros. Otras tierras son tan rocosas, escarpadas o estériles que no producen cantidades apreciables de vegetación útil.

Probablemente todo agricultor ha creado en su mente alguna clase de clasificación de la capacidad de sus tierras. Sabe que algunas de ellas son propias para cultivos carpidos, mientras que otras son muy inclinadas, muy pedregosas, muy delgadas, o muy húmedas para labrarlas. Sabe además, que algunas de esas tierras que no son aptas para el cultivo se prestan perfectamente para pastoreos, y que todavía otras son más productivas si se las utiliza para montes maderables. En una forma general, él sabe estos hechos importantes, relacionados con sus tierras, aunque probablemente nunca hizo un mapa de su granja o ni siquiera ha expresado estas ideas en palabras.

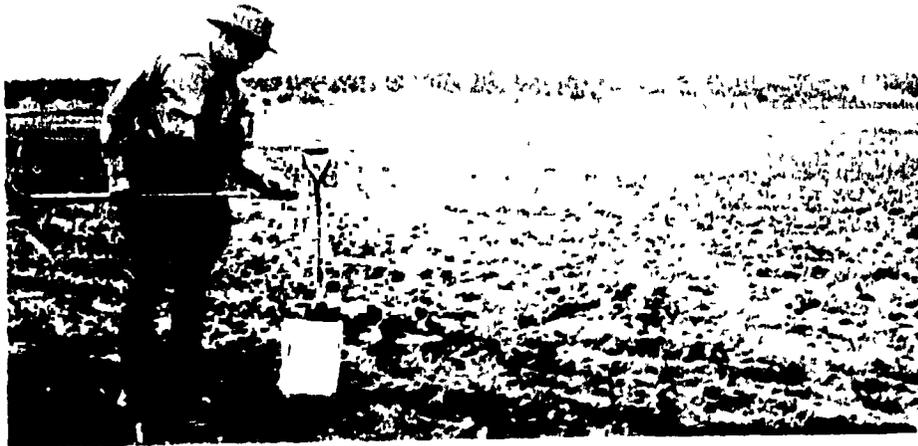
La mayoría de los agricultores, sin embargo, no ha llegado a comprender que los terrenos inclinados no pueden cultivarse adecuadamente con iguales métodos que los usados en terrenos llanos. Han arado el terreno en surcos rectos, en vez de alterar sus procedimientos de labranza para adaptarlos al terreno. Quedan así algunas hileras en el sentido de la pendiente, por lo que cada lluvia caída en partes no protegidas del terreno arrastra algo del suelo. Algunos agricultores al observar el agua turbia que corre por sus campos, han comprendido cuán valiosa e irremplazable es, en realidad, la fina capa superior de sus terrenos y han tomado medidas para evitar esta clase de desperdicio. Sin embargo, las pérdidas del suelo ocurren por lo general tan gradualmente que la mayoría de ellos no las perciben en su verdadera magnitud. Las costumbres

del agricultor, al igual que cualesquiera otras, son difíciles de cambiar. Además, las recomendaciones precisas de prácticas destinadas a conservar el suelo no han estado generalmente al alcance de los agricultores. Por lo tanto, no sorprende que en el pasado, al clasificar sus tierras para el uso, no hayan considerado con mucha frecuencia el significado de la erosión.

La naturaleza del suelo el grado de erosión, el declive y el clima influyen directamente sobre el uso y conservación de la tierra. Algunos de los factores del suelo son: textura, granulación, profundidad, cantidad de piedras, acidez, salinidad, y elementos de nutrición vegetal. El clima debe considerarse también, porque fija la clase de cultivos que puede utilizarse y la densidad de su vegetación, que se constituyen en factores determinantes de la necesidad y posibilidad de detener la erosión.

Uno o varios de los factores mencionados pueden limitar el uso potencial de la tierra. El grado de erosión depende de diversas cualidades del terreno, cubierta vegetal, clima, e inclinación de las pendientes. En algunos suelos, la susceptibilidad de las pendientes a la erosión es el factor decisivo para determinar las clases de terreno apropiadas para cultivo. En otros puede predominar la influencia conjunta de un alto nivel de las aguas freáticas y una baja fertilidad. Así como una cadena no es más fuerte que su eslabón más débil, no podrá dependerse, para cultivos remuneradores, de terrenos productivos pero escarpados y erosionables, o de tierras llanas y fácil de labrar, pero sumamente infértiles. Estos terrenos no son adecuados para el cultivo. Pueden serlo para vegetación permanente que puede ser usada para pastoreo y montes en regiones húmedas o sólo para pastoreo, donde no se dispone de suficiente humedad para el crecimiento de árboles.

A fin de preparar un mapa detallado de la capacidad productiva de las



**Figura 32.**—Un técnico de suelos examina una muestra del terreno a fin de determinar su color y textura. Estudia asimismo las capas del suelo en los cortes y excavaciones de los caminos.



**Figura 33.**—Un perito en suelos indica sobre una aerofotografía la clase de suelo, declive del terreno y clase y grado de la erosión del suelo.

tierras, el perito en suelos inspecciona todas las tierras, llevando consigo una sonda o una pala con la que perfora el terreno con frecuencia para estudiar el suelo superficial y el subsuelo (figura 32). Determina el grado de la pendiente con un pequeño nivel de mano, mirando hacia la parte alta o la parte baja de la ladera. Observa a su alrededor el completo aspecto del panorama. Hace bosquejos y anotaciones en su mapa y continúa su labor (figura 33).

La próxima medida consiste en aprovechar los conocimientos acumulados por los agricultores del lugar. Un comité, integrado por agricultores, el agente agrícola de la región, maestros de agricultura, investigadores de estaciones experimentales y de servicios de divulgación agrícola, expertos en conservación de suelos, y otras personas que puedan contribuir con conocimientos técnicos o prácticos, debe realizar entonces un estudio de los datos físicos anotados en el mapa. Esta labor se ejecuta, en su mayor parte, en reuniones llevadas a cabo en la región que es objeto de los trabajos de clasificación, tomando en cuenta todas las informaciones publicadas o inéditas que puedan obtenerse de experiencias o demostraciones. En algunas ocasiones, el comité debe hacer viajes de inspección a ciertas granjas para estudiar los factores anotados en el mapa, a fin de que todas las personas interesadas tengan criterio uniforme de las condiciones físicas consideradas. Se desarrolla una clasificación del terreno que indique, mediante ocho clases o menos, la adaptación del suelo del distrito para cultivos y para otros usos.

El comité debe estudiar cada tipo de suelo, su fertilidad, su susceptibilidad a la erosión, su comportamiento en las diversas pendientes y sus cambios a medida que la erosión sea más severa. Cada combinación de tipos de pendientes y erosión, indicada en el mapa en cada tipo de suelo, debe estudiarse y asignarse finalmente a una de las ocho clasificaciones. Algunas diferencias de criterio

**TABLE 1.—Tipos de suelos, clases de pendientes,<sup>1</sup> y clases de erosión<sup>2</sup> que constituyen cada una de las clases de capacidades agrológicas de una región modelo.**

Grupos de suelos	Pendiente y erosión que caracterizan la clase—				
	I	II	III	IV	V
1a. Suelos superficiales derivados de areniscas y pizarras	A-1, 2.....	A-3, 4 5..... B-1, 2, 27, 3, 37.	B-38, 4, 47..... BB-1, 2, 27, 28, 3, 37, 38, 4, 47, 8	B-48, 5, 57, 6, 9..... C-1, 2, 27, 28, 3, 37, 8	BB-48, 5, 57, 58, 6, 9. C-38, 4, 47, 48, 5, 57, 58, 6, 9. Todas las pendientes D.
1b. Suelos pedregosos.....					Todas las clasificaciones.
2. Suelos profundos, bien drenados.....	A-1, 2.....	A-3..... B-1, 2, 27, 3, 37	B-4, 47..... BB-1, 2, 27, 3, 37, 38, 4, 47	BB-48..... C-1, 2, 3.	C-4, 47, 5 Todas las pendientes D.
3. Suelos rojizos mezclados.....	A-1, 2.....	A-3, 4..... B-1, 2, 3, 37.	B-38, 4, 47..... BB-1, 2, 3, 37	B-48, 5..... BB-38, 4, 47, 48, 5, 57, 6, 9 C-1, 2, 3, 37, 38, 4, 47	C-48, 5, 6, 9 Todas las pendientes D.
4 y 5. Suelos nobres o imperfectamente drenados en campos altos		A-1, 17, 2, 27, 28, 3..... B-1, 17, 2, 27, 3, 37, 8	A-4..... B-38, 4, 47 BB-1, 2, 27, 28, 3, 37, 8	B-48, 5..... BB-38, 4, 47. C-1, 2, 27, 3, 37.	BB-48, 5, 58, 6, 9. C-38, 4, 47, 48, 5, 57, 58, 6, 9. Todas las pendientes D.
6 y 7. Suelos en las terrazas o llanuras de aluvión:					
a. Bien drenados.....	A-1, 2, 8.....	A-3..... B-1, 2, 3	BB-1, 2 3.....	BB-4..... C-3, 4	Todas las pendientes D.
b. Pobremente drenados.....		A-1, 2, 3, 4, 8..... B-1, 2, 27, 3, 37, 4	BB-1, 2, 3, 37.....	BB-4..... C-3, 4.	D-4.
c. Mal drenados.....			A-1, 2, 27, 3, 8..... B-1, 2, 3 BB-2, 3	C-3.....	

<sup>1</sup> Símbolos para las pendientes. A, menos de 5 por ciento, B, 5-12; BB, 12-25, C, 25-35, D, 35 o más

<sup>2</sup> Símbolos para la erosión: 1, Erosión no manifiesta, 2, 27, 8, muy poca, 28, 3, 37, moderada, 38, 4, 47, severa, 48, 5, 57, 58, 9, erosión muy severa, 6, derrumbes

surgen durante las discusiones en cuanto al uso que puede hacerse de ciertos suelos, o pendientes, o grado de erosión, pero la clasificación progresará gradualmente de conformidad con la mejor información que se obtenga. Debe aprovecharse íntegramente la información acumulada en demostraciones experimentales y en trabajos de investigación. La experiencia de los agricultores es la mejor orientación a seguir. La información, una vez terminada, se compendia en una tabla similar a la tabla número 1.

La tabla núm. 1 contiene los nombres de los diversos tipos de suelos correspondiente a los diferentes grupos, y los símbolos que denotan las clases de pendientes y de erosión. Es una presentación técnica, pero es la única forma mediante la cual puede agruparse la información por métodos exactos. Después de preparada esta tabla, podrán redactarse nombres descriptivos más breves para los terrenos en los distintos grupos. La tabla indica, por ejemplo, que la clase I consiste únicamente de suelos casi llanos, bien drenados. La clase II se compone de dos clases de tierras más bien distintas: suelos suavemente inclinados, bien drenados, y suelos casi llanos de drenaje defectuoso, en los cuales el movimiento de las aguas es lento, debido a un subsuelo duro o plástico. La clase III se compone de suelos bien drenados, con bastante declive o erosionados y suelos pobremente arenados, que tienen leve declive y están ligera o moderadamente erosionados.

Las ocho clases de capacidades agrológicas se describen a continuación:

Apropiadas para cultivar.

I. Sin métodos especiales.

II. Con métodos sencillos.

III. Con métodos intensivos.

Apropiadas para cultivo ocasional o limitado:

IV. Con uso limitado y con métodos intensivos.

No apropiadas para cultivo pero adecuadas para vegetación permanente:

V. Sin emplear restricciones o métodos especiales.

VI. Con restricciones moderadas.

VII. Con severas restricciones.

No adecuadas para cultivo pastoreo, ni silvicultura:

VIII. Por lo general, tierras demasiado escabrosas, arenosas, húmedas o áridas, no apropiadas para cultivo, pastoreo o silvicultura, pero que pueden ser útiles para animales de vida silvestre.

## **TIERRAS APROPIADAS PARA CULTIVO**

Las tierras apropiadas para cultivo deben incluirse en las clases I, II y III. Estas tierras deben ser laborables, es decir, bastante profundas, y estar exentas de piedras para ser cultivables. Su producción debe ser suficiente para lograr, considerando clima y suelo, por lo menos rendimientos moderados en uno de los cultivos comunes. Las tierras muy húmedas deben drenarse o ser drenables, y apropiadas para cultivo después del drenaje. Las tierras bajas no deben estar muy expuestas a inundaciones a fin de que su cultivo sea factible. En las regiones áridas las tierras deben ser irrigables y contar con agua dis-

ponible. Los factores que sirven para diferenciar las clases I, II, y III, son aquéllos que afectan por completo el conjunto de métodos y procedimientos necesarios para el cultivo prolongado y seguro de la tierra. Los factores principales son: susceptibilidad a la erosión, declive, drenaje natural, permeabilidad, riesgo de inundaciones, y en ciertos casos, la fertilidad natural. En las zonas con riego, algunos factores adicionales como la salinidad afectan las diferencias existentes entre las clases I, II, y III. El derecho legal de servidumbre de agua de cada finca en estas zonas, sin embargo, no se cataloga como parte de la clasificación de la capacidad productiva de las tierras.



*Figura 34.—Tierras de clase I en una zona de regadío.*

## CLASE I

La tierra de la clase I es apropiada para cultivo sin necesidad de métodos especiales. Lo mismo que las tierras de las clases II y III, debe ser laborable y por lo menos moderadamente productiva. Además, debe ser casi llana; no propensa a erosión sino en forma leve, sin considerar el tratamiento que se le imponga; debe estar exenta de inundaciones que obstaculicen la siembra, el crecimiento, o la cosecha; y debe tener buen drenaje, natural o artificial, que permita, por lo menos, rendimientos moderados de las cosechas comunes. Cuando se drene la tierra por medios artificiales, el sistema deberá ser de tal naturaleza que pueda operarse sin necesidad de métodos especiales, salvo aquéllos que sean factibles en el manejo rutinario de una granja. A pesar de



**Figura 35.**—Tierras de la clase I, casi llanas, que permiten los surcos rectos sin peligro de erosión. El cultivo es de tabaco, el cual requiere buen cuidado y fertilización.



**Figura 36.**—Tierras de la clase I, muy productivas, bien drenadas, y casi llanas, que pueden cultivarse en forma segura y permanente sin necesidad de métodos especiales.



**Figura 37.**—Tierra de la clase I, apropiada para algodón y otros cultivos carpidos, sin necesidad de métodos especiales para protegerla contra la erosión. Este terreno es francoarenoso fino. Su declive es menor de 1 por ciento y la erosión no es perceptible.

que el riego es un método especial, algunas de las tierras regadías que se incluyen en la clase I, deben ser tan llanas que se puedan regar sin mayor esfuerzo, y por lo general, su declive debe ser menor de 1 por ciento, y tener buena permeabilidad.

La tierra de la clase I, así como las tierras de las clases II y III, puede necesitar la reintegración de elementos nutritivos consumidos por las cosechas y arrastrados por la filtración; podrán requerir también métodos especiales de cultivo para conservar la buena estructura del suelo, rotación de las cosechas para combatir las enfermedades y plagas u obtener mayores rendimientos, o el empleo de abonos verdes a fin de reponer la materia orgánica. Generalmente la aplicación rutinaria de una o todas estas prácticas es necesaria para el buen uso de la tierra de la clase I, pero tendría que catalogarse la tierra en otra clasificación si hubiera necesidad de emplear cualquiera de estos métodos en forma desacostumbrada o especialmente intensiva para lograr rendimientos moderados.

Las tierras de la clase I son con frecuencia, aunque no necesariamente, las más productivas, y por lo regular las más adecuadas, porque no exigen métodos especiales para su cultivo.

La figura 34 representa tierras de la clase I en una zona de regadío. Estas tierras pueden cultivarse en forma permanente y sin riesgo y producirán rendimientos desde moderados hasta considerables, de remolacha, maíz, habichuelas

y otras cosechas apropiadas. Queda sobreentendido que se utilizarán los métodos de cultivo y riego generalmente aceptados como buenos.

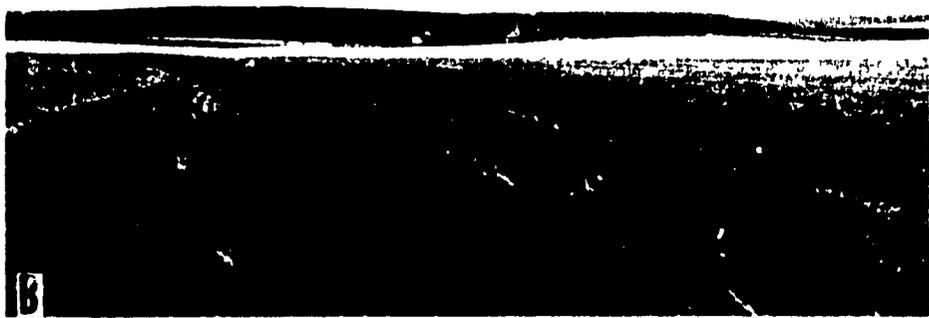
En las figuras 34, 35, 36 y 37 se presentan terrenos de la clase I.

## CLASE II

La tierra de la clase II es apropiada para cultivar con métodos sencillos en forma permanente. Los métodos esenciales que probablemente se necesiten son: (1) combatir la erosión, (2) conservación de las aguas, (3) drenaje simple, (4) riego simple, (5) remoción de piedras y otros impedimentos, o (6) aumento de la fertilidad por medio de fertilizantes u otras correcciones del suelo. Las prácticas agrícolas más usadas para combatir la erosión y conservar la humedad en tierras de la clase II, son labranzas en contorno, cultivos en fajas, cultivos de cobertura, rotación de los cultivos; incluyendo pastos o leguminosas, sistemas sencillos de terrazas, roturación terronuda de la tierra, remoción con cobertura o cultivos *lister* de hoyos. No es posible, sin embargo, clasificar estas u otras prácticas sencillas, como simples o como intensivas, ya que su dificultad de aplicación depende de las condiciones y de la naturaleza de la práctica. La



**Figura 38.**—Tierra regadía de la clase II, con declive de 5 por ciento. Requiere siempre medidas de precaución para evitar el desgaste del suelo y la pérdida del agua. La erosión severa que presenta ha sido causada por lluvias moderadas recientes. También contribuyen al desgaste del suelo las aguas de riego al realizarse por los surcos. Las prácticas recomendadas para este campo son: siembra anual de cultivos invernales de cobertura, con antelación a la época de lluvia, labranza *lister* de hoyos en contorno y plantar y regar siguiendo en forma aproximada las curvas de nivel del terreno.



**Figura 39.**—*A*, fajas de trigo y maíz entre fajas *buffer* de alfalfa en tierras de la clase II. La práctica de cultivos intercalados en fajas a nivel y la buena rotación de las siembras protegerán el suelo en este campo. *B*, tierra de la clase II, apropiada para cultivos con el uso de prácticas simples que incluyan labranzas en contorno, la protección del suelo mediante una capa de residuos de vegetación, roturación terronuda del terreno, y una rotación consistente en siembra de trigo, barbecho en verano o siembra de trigo de primavera, y cultivo de arvejas. Este campo con declive de 8 por ciento y erosión moderada, es *Walla Walla francoarenoso fino*. *C*, tierras de la clase II, con declive de 2 por ciento, conocidas por suelo *Mecklenburg*, susceptible a la erosión. Para detener la erosión de esta tierra deben emplearse procedimientos simples, que incluyan cultivos en fajas y labranza en contorno.



**Figura 40.**—*A*, cultivos en fajas en contorno con suelo arcilloso calcáreo de la clase II. *B*, terrenos de la clase II con leve declive. Se está sembrando maíz en surcos en contorno. Cada surco es a modo de una pequeña presa que detiene el escurrimiento de agua por la pendiente. *C*, tierras de la clase II en un valle de regadío. En este suelo llano Gila franco debe mantenerse un sistema de avenamiento sencillo, para proteger el campo contra un alto nivel de las aguas freáticas.

aplicación de cultivos en fajas y de rotaciones adecuadas de cultivos pueden catalogarse como métodos simples, en declives de 7 por ciento y como prácticas intensivas en declives de 12 por ciento. Las terrazas y el establecimiento de desagües convenientes son, por regla general, procedimientos intensivos, pero ciertas tierras que requieren terrazas se clasifican en la clase II. La decisión de cuales son las prácticas consideradas intensivas debe tomarse en cada localidad, pero la clasificación que se adopte debe ser siempre práctica y útil.

Las figuras 38 a 42 ilustran ejemplos de tierra de la clase II. No ofrecen todos los casos ni todos los métodos correctivos, pero ofrecen ejemplos típicos de cada uno.



*Figura 41.*—Tierra de la clase II con declive de 5 por ciento. Este suelo Tama franco-llimoso ha perdido casi la mitad de su capa superior a causa de métodos inadecuados usados con anterioridad. Ahora esta tierra se trabaja con eficacia mediante el empleo de las prácticas de cultivos en fajas y labranzas en contorno, los cuales combaten la erosión.

### CLASE III

La tierra de la clase III es apropiada para cultivo permanente utilizando métodos intensivos. Es tierra que requiere la adaptación cuidadosa e intensiva de los mejores procedimientos factibles para contrarrestar la erosión o para el aprovechamiento del suelo. Las prácticas necesarias, algunas de ellas iguales a las de la clase II son: (1) medidas contra la erosión, (2) conservación del agua, (3) drenaje, (4) métodos intensivos de riego, (5) remoción de las piedras grandes o numerosas, (6) aumento de la fertilidad mediante el empleo de fertilizantes o mejoramientos del suelo. Si el suelo es laborable y fecundo, pero queda en pendientes tan empinadas que hacen imprescindible combatir la erosión, se necesitarán diversos procedimientos. Estos pueden incluir rotaciones extensas



**Figura 42.**—Esta tierra de la clase II, con declive, tiene condiciones que reaccionan favorablemente con el uso de un método de conservación, como el de terrazas y labranzas en contorno. En las Grandes Llanuras de E. E. U. algunos centímetros de lluvia no son tan importantes para los cultivos como la humedad retenida por el suelo. Al impedirse el escurrimiento en la superficie, se provee más humedad para los cultivos. En este campo el agua pasa de una terraza a nivel (cerrada en sus extremos) a la otra.



**Figura 43.**—Erosión en un campo de soja en tierras de la clase III. Para proteger estas tierras deben emplearse prácticas especiales, tales como los cultivos en contorno, rotaciones y sistemas de terrazas.

de cultivos, cultivos en fajas estrechas, terrazas y desagües, fajas *buffer*, zanjas de desvío, canales, cultivos en contorno, cultivo de cobertura, remoción con cobertura, labranza terronuda o labranza *lister* de hoyos. Los sistemas de drenaje o de riego necesarios, pueden ser más difíciles de instalar o que exijan mayores cuidados para su conservación, que tratándose de tierras de la clase II o puede acontecer que cuando se riegue o drene la tierra, requiera además algunos tratamientos adicionales para producir rendimientos moderados o altos.

Por lo general se requiere una combinación de diversas prácticas para el cultivo seguro y permanente de la tierra de la clase III y su utilización exige mayor habilidad que la empleada en tierras de la clase II. En las figuras 43 a 47 se señalan ejemplos de tierras de la clase III, en varias regiones diferentes y de las prácticas que son eficaces en estos sitios. Nueve de estas ilustraciones corresponden a tierras donde la erosión por agua debe combatirse, utilizando medidas intensivas de protección. Los métodos para detener la erosión por viento son iguales a los recomendados para la tierra de la clase II, a saber: cultivos en contorno, cultivos en fajas, uso de los residuos y rastrojos de la cosecha, labranza terronuda y sistemas de terrazas donde puedan utilizarse eficazmente. Estos procedimientos deben emplearse en forma intensiva para evitar los arrastres del suelo.



**Figura 44.**—Tierras de regadío de la clase III, con declive de 12 por ciento y erosión moderada. Este huerto de regadío debe protegerse contra daños futuros, mediante cultivos anuales de cobertura y cultivos en contorno, zanjas cuyo nivel debe corregirse todos los años y fajas *buffer*. También son esenciales los procedimientos apropiados de riego y la aplicación de abonos nitrogenados.



**Figura 45**—Tierra de la clase III, con declive aproximado de 10 por ciento, la cual exige medidas intensivas para prevenir la erosión, incluyendo terrazas y canales encajonados para desagües. Se ha sembrado a propósito una faja de pastos, en un sitio de desagüe natural, para que sirva de salida a las terrazas y a los surcos de los cultivos. Esta faja producirá una cosecha de heno.



**Figura 46**.—Tierra de la clase III Houston arcillosa negra en pendiente de 4 por ciento. Las prácticas de conservación que protegen esta tierra, son los cultivos en contorno, cultivos en fajas, terrazas con desagües protegidos por vegetación, abonos verdes, y una rotación de cultivos que incluye cultivos de crecimiento denso.



**Figura 47.**—Tierra de la clase III en una pendiente de 12 por ciento, con erosión moderada; suelo *Walla Walla* francollimoso. Para cultivar esta tierra con acierto deben emplearse medidas intensivas que detengan la erosión. Las prácticas necesarias son: conservación de la cubierta vegetal sobre la superficie, cultivos y siembras en contorno, cultivos en fajas, zanjas de desvío protegidas por la siembra de pasto permanente, y una rotación de leguminosas y pastos por espacio de tres años o más, tales como arvejas y trigo de primavera, o la protección del suelo con una cobertura vegetal en un año y trigo en varios años subsiguientes.

## CLASE IV

### TIERRAS APROPIADAS PARA CULTIVOS OCASIONALES O LIMITADOS

La tierra de la clase IV sirve únicamente para cultivos muy limitados. Puede ser más escarpada que la tierra de la clase III, estar más desgastada o ser más susceptible a la erosión, presentar mayor dificultad para drenarla o regarla, tener menor fertilidad o mayor soltura y porosidad, lo que la hace excesivamente permeable, o ser en alguna otra forma menos apropiada para cultivo que la tierra de la clase III. No es tierra buena para cultivos carpidos y se utiliza mejor para vegetación permanente. Muchas tierras de la clase IV en regiones húmedas pueden ocasionalmente cultivarse, en rotaciones largas de cultivos, con granos cada 5 ó 6 años, seguidas por cultivos forrajeros para heno o pastoreo durante varios años. Cultivos más intensivos sólo estarán justificados cuando la granja carezca de suficientes tierras de mejor calidad, pero únicamente por períodos temporales hasta que se puedan efectuar otros arreglos, o en épocas de emergencia en que sea necesaria una gran cantidad de cosechas durante pocos años. Parte de la tierra casi llana de drenaje imperfecto, clasificada

en la clase IV no está expuesta a la erosión, pero no es propia para cultivos carpidos a causa del tiempo que tarda el suelo en secarse durante la primavera, y a causa de su baja producción cuando se dedican a estos cultivos. En regiones semiáridas parte de la tierra clasificada en la clase IV, es apta sólo para cultivos forrajeros, con tal de que no se cultiven más de 120 a 130 hectáreas en un predio y las tierras circundantes queden sembradas de pastos. Tales terrenos no sirven para el cultivo del trigo, pero pueden utilizarse con efectividad en establecimientos ganaderos.

La figura 48 ilustra tierras de la clase IV en una zona de regadío. En la figura 49 se presentan tres ilustraciones de tierra de la clase IV en zonas húmedas.



**Figura 48.**—Tierras de regadío de la clase IV con declive de 15 por ciento, demasiado escarpada para otras siembras que no sean los cultivos de crecimiento denso. Son adecuadas para leguminosas y pastos perennes, para hacer heno o dedicarse a pastoreo y no habrá que cultivarlas sino para resembrar las plantas perennes



**Figura 49.**—A, tierra de la clase IV en suelo Cecil francoarenoso, con erosión moderada; con declive de 13 por ciento; ocasionalmente puede cultivarse, pero como un paso para renovar la cubierta de vegetación permanente. B, tierra de la clase IV con declive de 10 por ciento, la cual resulta demasiado escarpada para ser cultivada con éxito. Aparece sembrada en este pastizal de 1,2 hectáreas, una mezcla de trébol blanco, lúpulo, trébol persa, lupulina y grama de Bermuda. C, tierra de la clase IV con declive y erosión severas, donde se ha sembrado kudzú (*Pueraria thunbergiana*) para obtener forraje permanente.

En las zonas húmedas casi toda la tierra de la clase IV es buena para arboledas y a menos que se necesiten para pastoreo, no es conveniente desmontar las regiones pobladas de árboles.

## CLASE V

### TIERRAS IMPROPIAS PARA CULTIVAR, PERO ADECUADAS PARA PRADERAS Y ÁRBOLES

La tierra de la clase V no es propia para cultivos, pero sirve sin limitaciones de carácter especial para vegetación permanente, como praderas y arboledas. Debe ser casi llana y no estar expuesta a la erosión por lluvia o por viento, aunque tuviera que eliminarse la cubierta vegetal. Si la cubierta vegetal está en buenas condiciones, no habrá necesidad de emplear prácticas o restricciones de carácter especial, pero a fin de obtener una producción satisfactoria, habrán de utilizarse algunas medidas necesarias en el cuidado del ganado y de los bosques, tales como evitar los incendios y dotar los pastoreos de acuerdo a su capacidad. La tierra donde la vegetación se haya agotado temporalmente por un uso incorrecto deberá utilizarse en forma moderada y aún severamente restringida, durante algún tiempo. Si esto es sólo con el fin de que renazca la vegetación pero la tierra no está expuesta a la erosión, pudiendo además producir rendimientos, moderados o considerables de forraje o productos forestales, la tierra se clasificará en la clase V, prescindiendo del tipo, cantidad o estado de la vegetación.



**Figura 50.**—Tierra de la clase V. Suelo poco profundo casi llano, muy pedregoso para el cultivo, excepto en sitios reducidos y de escaso valor. Se usa esta tierra para pastoreo y se riega con aguas sobrantes de los campos adyacentes.



**Figura 51.**—Tierra de la clase V (al frente) en un valle montañoso, cuyo drenaje es tan deficiente, que la hace inservible para el cultivo, pero es excelente para pastos y heno. Al fondo aparece tierra de la clase VII, que tiene un suelo árido, poco profundo y cascajoso, con declive de 20 por ciento.

Debido a que la tierra de la clase V no debe estar expuesta a erosión por lluvia ni por viento, ni es propia para cultivo, consiste principalmente de terrenos demasiado húmedos o pedregosos para ser cultivados, pero producen forraje o productos forestales. No hay necesidad de prácticas ni restricciones especiales para proteger la tierra, si bien para mejorar la producción convendría restringir el pastoreo o el corte de árboles maderables. Las figuras 50, 51 y 52 presentan ilustraciones de tierras de la clase V. En muchas zonas pantanosas hay tierras de la clase V imposibles de drenar.



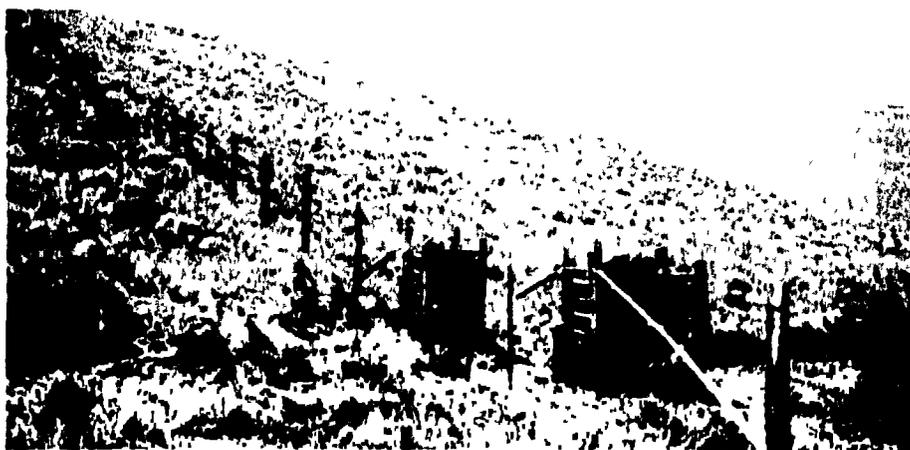
**Figura 52.**—Esta tierra de la clase V es casi llana, profunda y fértil, y no tiene peligro evidente de erosión. La lluvia es muy poca para producir cosechas a satisfacción, sin embargo, es adecuada para producir pasto.

## CLASE VI

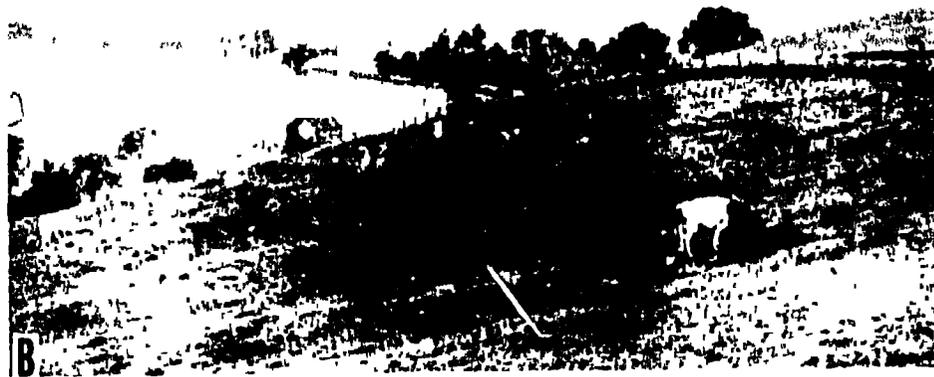
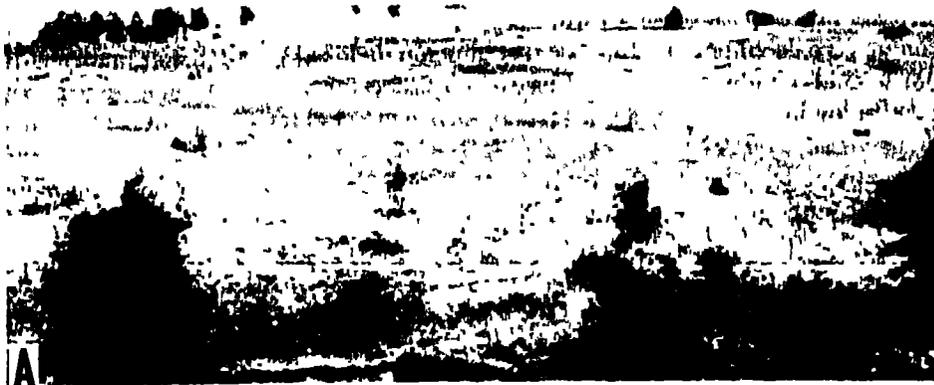
La tierra de la clase VI es adecuada para vegetación permanente, y se usará para pastoreos o bosques con restricciones moderadas. No es adecuada para cultivo. La mayor parte de ella tiene declive moderado, por lo cual está expuesta a la erosión por la lluvia o está sujeta a la erosión por el viento. Las limitaciones que generalmente se requiere en praderas son: la reducción de la dotación de acuerdo a su correcta capacidad, pastoreos diferidos para permitir un rápido crecimiento de los pastos durante la primavera y la rotación de potreros para que éstos se recuperen y produzcan semillas. Para poder realizar estas limitaciones, las prácticas necesarias consisten en la construcción de alambrados, en distribuir convenientemente los abrevaderos y salegares (lugares donde se suministra sal al ganado), y en dividir racionalmente los rebaños. Por otra parte, el uso de surcos a nivel, de camellones, y de canalizaciones para esparcir el agua son medidas que pueden ser útiles para detener o extender las corrientes, aumentando así el crecimiento de los pastos

La tierra de la clase VI, usada en forma moderadamente restringida, produce rendimientos medios de forraje y productos forestales, pero su mal cuidado puede agotar la vegetación, lo cual restringiría severamente su uso por unos cuantos años, a fin de conseguir que recupere la vegetación. Un ejemplo de restricciones severas provisionales es la exclusión total del ganado de aquellas tierras de la clase VI donde el pastoreo ha sido excesivo

Por regla general, la tierra de la clase VI es más escarpada, o está más expuesta a la erosión por viento, que la tierra de la clase IV. Sin embargo, su estado de erosión no debe ser tan avanzado que impida aprovecharla bien, dentro de ciertas restricciones moderadas. En esta clase, los terrenos mal drenados son pocos.



**Figura 53.**—Esta tierra de la clase VI es poco profunda y tiene un declive de 20 por ciento. Los pastos que aparecen a la izquierda del alambrado han recibido buen cuidado durante cerca de tres años, habiéndose mejorado mucho la calidad y cantidad de forraje.



**Figura 54.**—*A*, tierra de la clase VI, poco profunda, con erosión moderada, en una pendiente escarpada con inclinación de 18 por ciento. Aunque no es propia para cultivo, puede mantenerse un buen tapiz de pastos si se toman precauciones convenientes. Este campo ha sido tratado con cal, fertilizado, y sembrado. *B*, tierra de la clase VI, demasiado escarpada y poco profunda para cultivar en época alguna, pero buena para pastos, usándola en forma limitada. Necesita cal y fertilizantes. *C*, tierra de la clase VI, demasiado escarpada para ser cultivada, pero adecuada para pastos permanentes si se fertiliza y adapta a pastoreo de acuerdo con su capacidad.

La tierra de la clase VI que se presenta en la figura 53 es poco profunda, con declive de 20 por ciento. La distribución de los abrevaderos es inadecuada, por lo cual, en algunos sitios, el pastoreo es excesivo y en otros insuficiente. El buen cuidado de estas praderas incluye: utilización del forraje según la capacidad de pastoreo, atender las necesidades de crecimiento de las plantas más deseables y mantener la cubierta requerida para detener la erosión y pérdidas de agua; efectuar una utilización estacional conveniente, así como rotar los potreros,



*Figura 55.— A, al frente, tierra de la clase VI; en la pendiente escarpada, tierra de la clase VII. B, tierra de las clases VI y VII. Las laderas en el frente son de tierras de la clase VI, mientras que el campo quebrado pertenece a la clase VII.*

no estabular el ganado, libre pastoreo, regular los manantiales, ubicar los comederos de sal en las colinas, alambrar de manera que se logre la correcta distribución del ganado, hacer sureos en contorno, y excavar zanjas de desvío.

La figura 54 ofrece una ilustración de tierra de la clase VI en tres lugares

distintos de regiones húmedas. El ejemplo de la figura 54, A presenta un suelo poco profundo, con declive de 18 por ciento. No es apto para el cultivo, pero sirve para pastos si se le aplica cal y se fertiliza regularmente, resebrándolo cuando sea necesario. Las otras dos figuras 54-B y 54-C muestran tierra propia para pastos. Las recomendaciones generales son aplicación de cal, fertilización y resiembra, pero los detalles referentes a la clase y cantidad de abono y a la mezcla de semilla son distintos en cada localidad.

La figura 55 presenta dos ejemplos de tierra de la clase VI, con tierra de la clase VII en el fondo de cada figura. La precipitación pluvial es apenas suficiente para conservar los pastos en buen estado en tierras de la clase VI, por lo cual, deben usarse los surcos en contorno con objeto de retener la mayor cantidad de agua posible. Asimismo, debe restringirse el pastoreo. La tierra de la clase VII es más escarpada, tiene menos profundidad, y debe usarse para pastoreo en forma muy limitada.

## CLASE VII

La tierra de la clase VII no es propia para el cultivo, debiendo atenderse cuidadosamente cuando se destina a pastos o bosques. No son aplicables a la tierra de pastoreo de la clase VII las prácticas tales como surcos en contorno, camellones y canalizaciones para esparcir el agua. Los salegares y abrevaderos no deben situarse en tierras de la clase VII, cuando haya otras tierras cercanas donde ubicarlos.

En regiones húmedas los pastos en tierras de la clase VII necesitan generalmente fertilización abundante y la regulación cuidadosa del pastoreo y en muchos casos la aplicación de cal y resiembras. Sin embargo, se recomienda que la



*Figura 56.*—Tierra de la clase VII, con declive de 25 por ciento, muy deteriorada por la erosión. Se están plantando árboles para proteger el suelo en forma permanente.



**Figura 57.**—*A*, tierra de las clase VII donde debe limitarse rigurosamente el pastoreo por su textura arenosa y la escasa vegetación que se produce en regiones de poca lluvia. *B*, tierra de la clase VII que está muy expuesta a la erosión eólica, porque el suelo es arenoso, las precipitaciones bajas, y la vegetación escasa. Debe regularse el pastoreo cuidadosamente. *C*, esta tierra de clase VII, está tan severamente erosionada, que no es posible continuar cultivándola. Produce aún algunos pinos, pero inferiores a los de tierras de mejor calidad. El desmonte de esta tierra se efectuó hace 60 años y se cultivó algodón y maíz, sin proteger el terreno, hasta que quedó casi totalmente arruinado. Se plantaron pinos cinco años antes de tomarse esta fotografía.



**Figura 58.**—Bosque en tierras de la clase VII, muy escarpadas y pedregosas. Esta clase de tierra debe mantenerse para bosques.

mayor parte de esta tierra debe destinarse a bosques más bien que a pastos. Por lo general, cuando se usen para este propósito deberá excluirse el ganado, precaverse los incendios, seleccionarse los árboles que se corten, y establecerse



**Figura 59.**—Esta tierra de la clase VIII, en una región de dunas, fué buena para pastoreo, pero por negligencia se convirtió en terrenos inservibles, que constituyen una amenaza para las tierras vecinas.

arrastraderos que sigan, en lo posible, las curvas de nivel. En las regiones húmedas, la mayor parte de la tierra severamente erosionada por cárcavas pertenece a la clase VII y debe sembrarse de árboles.

La mayor parte de la tierra de la clase VII es escarpada, quebrada, erosionada o susceptible a seria erosión por el viento. Sin embargo, puede usarse para la siembra de árboles o pastos. (La tierra árida, que sólo produce plantas de pastoreo, en forma esparcida durante algunas semanas del año, la tierra montañosa que puede dar forraje, pero donde el pastoreo causaría el escurrimiento y la erosión que la arruinarían, y los flancos escarpados de los barrancos rocosos, que sólo sostienen unos cuantos arbustos o árboles dispersos, deben clasificarse como tierra de la clase VIII, más bien que de la clase VII.)

En las figuras 56, 57 y 58 se presentan ejemplos de tierra de la clase VII. Los ejemplos de la figura 57 son tierras en que la escasa precipitación pluvial afecta sus posibilidades de uso. Las otras tierras tienen mucha erosión o son muy escarpadas o excesivamente pedregosas.

## **CLASE VII**

### **TIERRAS NO APROPIADAS PARA EL CULTIVO NI PARA PASTOS O BOSQUES**

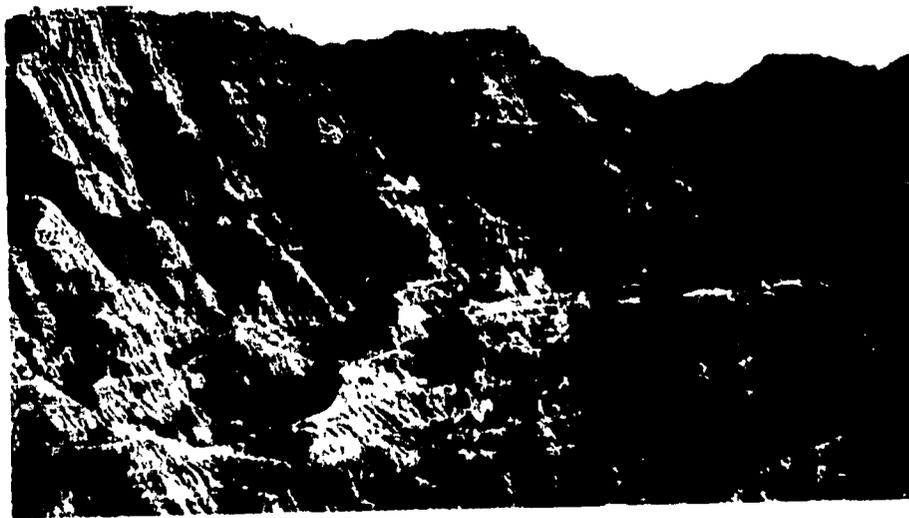
La tierra de la clase VIII no es apropiada para el cultivo ni para la producción de vegetación útil y permanente. Comprende principalmente terrenos quebrados, pedregosos y áridos, o pantanosos imposibles de desecar. No obstante, algunas de ellas, especialmente las pantanosas, pueden dedicarse lucrativamente a la reproducción de animales silvestres.

En las figuras 59 y 60 se presentan ilustraciones de la tierra VIII.

## **USO DEL ESTUDIO FÍSICO**

La discusión precedente sobre las ocho clasificaciones de la tierra, no tiene el propósito de compendiar en una mera relación o en fotografías todo el conjunto de circunstancias que caben dentro de cada clase. Las listas de las prácticas discutidas son típicas pero no completas. La clasificación que se establezca debe facilitar el uso adecuado de la tierra, mayor aplicación de las prácticas de conservación y mejor rendimiento. No deben tomarse decisiones sobre la forma de usarlas sin tomar en cuenta lo que al efecto exprese un comité local de agricultores prácticos. Asimismo, es conveniente que estos agricultores intervengan en la clasificación final respecto a la capacidad productiva de las tierras.

Muchos de los factores que afectan la capacidad de las tierras, tales como el drenaje natural, las fuentes de elementos nutritivos para las plantas, y el clima, también afectan la productividad del terreno. Otros como el grado de inclinación y su susceptibilidad para la erosión, tienen poco efecto directo sobre



*Figura 60.*—Estas tierras estériles pertenecen a la clase VIII, y no sirven para cultivo ni pastoreo

la productividad. La relación entre las capacidades agrológicas y la posible agrupación de los suelos de acuerdo a su capacidad productiva, puede ser estrecha o inexistente, dependiendo de los factores que dominan. Un suelo negro de pradera, con bastante declive para incluirlo en la clase IV, puede que temporalmente, y hasta que perdure la capa superior del suelo, sea más productivo que terrenos claros con ligero declive, que pertenecen a la clase II. Toda la tierra comprendida en las clases I, II, y III, sin embargo, debe producir cosechas de algunos productos, que fluctúen entre moderadas y abundantes, sin la aplicación excesiva de abonos o de prácticas agrícolas especiales. Para clasificarse en una de estas tres clases, la tierra debe producir lo suficiente para que su cultivo por las vías ordinarias sea recomendable.

Una vez realizada, la clasificación de capacidades agrológicas de los terrenos es bastante permanente, pero si cambian la tierra o los métodos de usarla o protegerla, será necesaria una reclasificación. La erosión del suelo, por ejemplo, cambia la capacidad productiva de la tierra, casi sin excepción, a una condición menos propia para el cultivo. En una sola estación y aún en pocas semanas, la erosión por viento puede arruinar un campo cultivado, y en breves horas la erosión por agua, en casos extremos, puede causar tremendas cárcavas. Es posible que se necesite una reclasificación, cuando la experiencia demuestre que pendientes o tierras, anteriormente consideradas muy susceptibles a la erosión, pueden ser adecuadamente aprovechadas con mejores métodos de cultivo. Otras causas para una reclasificación, pueden resultar del desarrollo de nuevos recursos de agua para el riego de tierras áridas, nuevos desagües para drenajes de terrenos húmedos, que se consideraban no drenables, o nuevos

diques para proteger terrenos de aluvión contra inundaciones que hacían imposible su cultivo.

### SELECCIÓN DE LAS PRÁCTICAS APLICABLES

Cuando los miembros de un comité de agricultores y técnicos agrícolas hagan el resumen de las diversas combinaciones de distintas clases de suelos, pendientes y erosiones, para establecer la clasificación agrológica de las tierras, deben al mismo tiempo estudiar y examinar las prácticas y medidas agrícolas necesarias. Al cambiar impresiones anotarán sus observaciones respecto a los cultivos más apropiados para las diferentes clases de tierra, las rotaciones que se recomienden, la necesidad de fertilizantes, cal, abono, abonos verdes, u otras mejoras, y los diversos procedimientos que deben ponerse en práctica para proteger las tierras de cultivo, a fin de conservar el suelo y las aguas. De manera similar estudiarán los diferentes métodos para el cuidado de los pastos, los bosques y las tierras de pastoreo. Prepararán una tabla que junto con los mapas de capacidades agrológicas, sirva de guía general para las prácticas agrícolas de conservación del suelo. La tabla número 2 fue preparada para una región modelo.

La tabla núm. 2 comprende mucho más que una mera lista de cultivos y prácticas apropiados para cada clase de terreno, según su clasificación. Las diferencias sustanciales entre los suelos agrupados bajo la clase II o la clase III, y en menor grado bajo la clase I, puede que exijan cultivos muy diferentes, así como prácticas muy diversas para la conservación y cuidado de los suelos. Más aún, la selección de muchos procedimientos o de la intensidad con que deben aplicarse, depende de otros factores. Por ejemplo, se ha determinado que en suelos de color claro con declive entre 3 y 8 por ciento y erosión leve o moderada (tierra de la clase II), los cultivos en fajas y labranzas en contorno detienen la erosión siempre que la rotación empleada dure 4 años y comprenda un mínimo de 2 años de forrajeras para heno. En una rotación de 3 años de maíz, granos y heno, deben usarse además terrazas y cultivos en fajas. Deben elaborar muchas combinaciones de esta índole, y la necesidad de ciertos procedimientos depende de los otros que se van a emplear.

La tabla núm. 2 es aplicable a una región donde se necesita la rotación de cultivos aunque en el pasado no se hayan usado muy extensamente, debido en parte a la importancia dada al algodón como cultivo de inmediata utilidad y en parte al hecho de que no se contaba por lo general con semilla de pastos y leguminosas apropiadas. Hay aún escasez de pastos perennes apropiados, pero pueden obtenerse leguminosas tales como la lespedeza ordinaria, lespedeza sericea o sedosa, trébol carmesí, chícharos, soya y crotalarias, cuyas semillas son de fácil obtención y muchas de ellas pueden producirse en la granja. Algunas crecerán bien durante el invierno, pudiéndose sembrar después de los cultivos carpidos. Los cereales invernales también son buenos para formar cubierta vegetal durante dicha estación. En la tabla se sugiere un número de rotaciones diferentes y es posible simplificarla, hasta cierto punto, después que se haya puesto en práctica durante unos cuantos años. Casi todos los cultivos necesi-



**TABLA 2.—Métodos de cultivo y de conservación de suelos, cuyo uso se recomienda dentro de una región modelo, conforme a su capacidad agrológica**

Clases de capacidad agrológica y condiciones del suelo	Métodos para—				
	Tierras de cultivo			Pastos	Bosques
	Rotaciones	Fertilizantes o enmiendas	Prácticas complementarias		
I. Terrenos bien avenados, casi llanos.	Cultivo carpido-cereales-forrajeras, o cultivo carpido-cultivo carpido-cereales-forrajeras-forrajeras.	Cal, fertilizantes en cultivo carpido y cereales	Cubierta vegetal de invierno después del primer año de cultivo carpido en rotación—columna 2.	Siega, aplicación de cal, fertilización, rotación del pastoreo	En los bosques existentes: exclusión del ganado, prevención de daños causados por incendios, etc. utilización de los árboles débiles para leña, y de los productos del bosque en el hogar; selección de los árboles que se van a cortar, a fin de que los restantes crezcan rápidamente; desmonte sistemático; creación y conservación de la espesura en los bordes del bosque.
II. Suelos bien avenados, con leve declive.	Cultivo carpido-cereales-forrajeras, o cultivo carpido-cultivo carpido-cereales-forrajeras-forrajeras.	Cal y fertilizantes...	Cultivos en fajas, cultivos en contorno, canales cubiertos de césped, cubierta vegetal de invierno después del primer año de cultivo carpido en rotación—columna 2.	Idem.....	Bosques existentes Lo mismo que en la clase I. Además extráigase la producción conforme al nivel del terreno o cuando la tierra está congelada o cubierta de nieve Si se convierte en tierra de cultivo o pasto. Hágase una limpieza cuidadosa y aplíquense pronto los métodos necesarios.
Suelos con leve declive, y avenamiento imperfecto.	Cultivo carpido-avena, forrajeras o cultivo carpido-cultivo carpido—avena-forrajeras-forrajeras	La cal se necesita especialmente; fertilizantes.	Cultivos en fajas, cultivo en contorno, canales cubiertos de césped, cubierta vegetal de invierno después del primer año de cultivo carpido en rotación—columna 2.	Idem.....	Idem

III. Suelos bien avenados, con declive moderado.	Cultivo carpido-cereales-forrajeras, 2 ó más años.	Más cal y fertilizantes que en la clase II	Cultivos en fajas, cultivo en contorno, terrazas de desviación, fajas de filtración, terrazas en algunas pendientes más bajas, canales con césped, setos vivos en contorno	Siega, rotación del pastoreo, más cal y fertilizante que la clase II, control de las cárcavas donde sea necesario, surcos en contorno	Bosque existente. Lo mismo que la clase II, además, desarrollo de los caminos conforme al nivel de los terrenos Reforestando. Úsese especies adaptadas a razón de 3000 p. hectárea, preparación del terreno por surcos en contorno, con cubierta de desechos vegetales, cultivos de cobertura y resiembras cuando se requieran
Suelos de avenamiento imperfecto, con declive moderado.	Cultivo carpido-avena-forrajeras, 2 ó más años, o cultivo carpido-cultivo carpido-avena-forrajeras 2 ó más años	Idem.....	Cultivos en fajas, cultivos en contorno, terrazas de desviación, canales con césped, cubierta vegetal de invierno después del primer cultivo carpido en rotación—columna 2	Siega, rotación de pastoreo, más cal y fertilizante que en clase II, control de las cárcavas donde sea necesario	Idem
Suelos mal avenados, con leve declive.	Idem.....	La cal y fertilizantes son de gran importancia	Avenamiento donde sea práctico y esté justificado, cultivos en contorno, cultivos en fajas canales con césped y terrazas de desviación	Avenamiento (zanjas abiertas) siega, rotación del pastoreo (exclusión del pastoreo cuando estén húmedos los terrenos) La aplicación de cal y fertilizantes son de mucha importancia	Idem
IV Suelos bien avenados con erosión y declive moderados.	Cereales-forrajeras durante varios años (puede usarse alfalfa)	Aplicaciones extraordinarias de cal y fertilizantes, abonos	Terrazas de desviación, y resiembras en fajas	Siega, rotación del pastoreo, aplicaciones extraordinarias de cal y fertilizante	Lo mismo que la clase III. No se utilice para tierras de cultivo.
Suelos de avenamiento imperfecto con declive o erosión moderados	Cereales-forrajeras durante varios años (trébol sueco o Timothy) (phleum pratense)	Idem.....	Idem.....	Siega, rotación del pastoreo, aplicaciones extraordinarias de cal y fertilizante, estiércol en cobertura	Idem
Suelos mal avenados con declive o erosión moderados	Ninguna—úsense para pastos	-----	-----	Drenaje o avenamiento (zanjas abiertas) y los tratamientos precedentes	Idem
V. Suelos afectados por la erosión, pedregosos, o escarpados.	-----	-----	-----	-----	Lo mismo que la clase III. No se utilice para tierras de cultivo o pastos. Poda y dispersión de las malezas en los puntos donde no haya árboles. La repoblación de las pendientes muy escarpadas exige especial cuidado

Los mapas de capacidades agrológicas presentan las ocho clases de tierra en colores conforme a su capacidad productiva y los factores físicos de la misma, respecto a suelos, declive y erosión, por medio de símbolos y líneas divisorias. La tierra de la clase I se presenta en verde, la clase II en amarillo, la clase III en rojo, la clase IV en azul, la clase V en verde oscuro, la clase VI en anaranjado, la clase VII en castaño oscuro y la clase VIII en morado. Para la mayor parte de las regiones se usan mapas pintados a mano. Se han publicado ya varias series de mapas.

En algunas regiones los agricultores se han puesto de acuerdo sobre ciertas normas respecto al uso de las tierras, a fin de proteger la comunidad en general. Las medidas para combatir la erosión por el viento, por ejemplo, pueden ser necesarias en todo un municipio, ya que la arena que vuela de los terrenos de un agricultor negligente, puede causar daños a los cultivos o plantas forrajeras de sus vecinos. Las clasificaciones de capacidades agrológicas y los mapas donde se presentan, proveen una guía precisa para reglamentaciones de esta índole.

#### PLAN DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

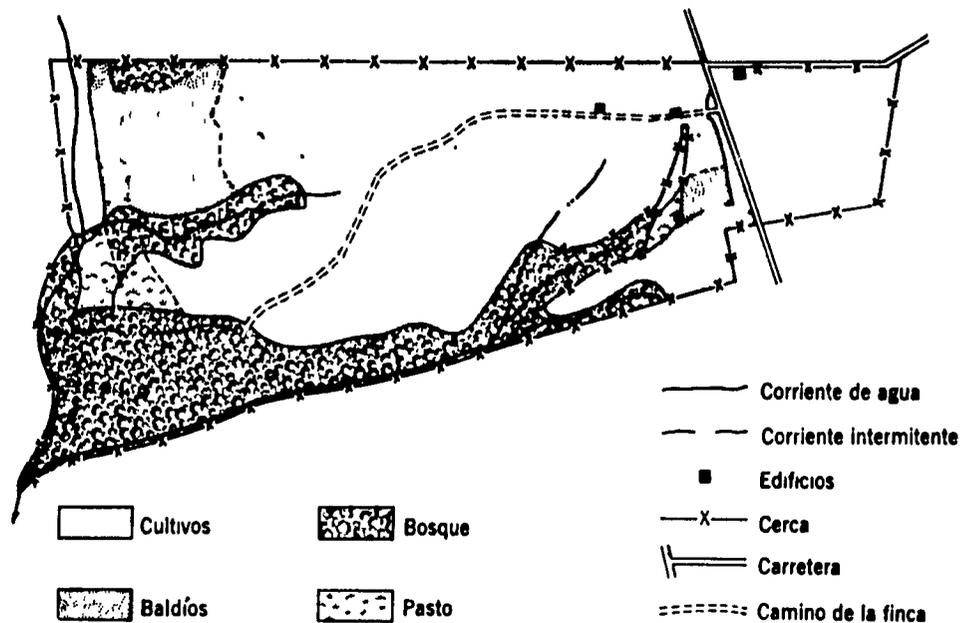
Algunos de los métodos a usarse de acuerdo a las clases de capacidades agrológicas, pueden explicarse examinando el plan de una granja en particular. En las figuras 61 y 63 se observa una granja de 60,5 hectáreas.

Antes de solicitar ayuda en la elaboración de un plan agrológico de conservación del suelo, el propietario de esta granja cultivaba 10 hectáreas de algodón y forrajeras para alimentar dos mulas, dos vacas lecheras y cuatro becerros. Según puede verse al comparar las figuras 61 y 62, los cultivos cubrían campos extensos, que incluían gran extensión de terrenos escarpados y afectados por la erosión. Sólo tenía 3,2 hectáreas de pasto y pastoreaba 10,4 hectáreas de los 13,2 destinados a bosques.

La figura 63 demuestra la misma granja, reajustada para producir, conforme a los métodos agronómicos propios para la conservación del suelo. El total de tierra de cultivo se ha reducido de 40,5 hectáreas a 38, y el campo 2, anteriormente estéril, ha sido fertilizado y sembrado de kudzú para pastos permanentes.

En todas las tierras de cultivo se ha establecido el régimen de las aguas mediante un sistema de terrazas. Además, se construirá una zanja de desvío de 120 metros de longitud en una parte del campo 3. Todas las terrazas y zanjas de desvío desaguan en bosques, lespedeza sericea o kudzú. Se dispone una zanja de desagüe, estabilizada con vegetación, para desaguar el campo 3. Las terrazas del campo 4 desaguan en una cuneta del camino, protegida por cubierta vegetal de kudzú. Debe mantenerse vegetación en todos estos desagües para impedir su rotura por los torrentes de agua.

Los cultivos carpidos y cereales se sembraron en fajas alternadas en los campos 3 y 4. El ancho de cada faja comprenderá una distancia de tres terrazas en el campo 3 y de dos terrazas en el campo 4. Estos campos pertenecen casi en



**Figura 62.**—Forma en que se usaban los terrenos de la granja presentada en la figura 61 antes de formularse el nuevo plan agronómico.

su totalidad a la tierra de la clase III, aunque parte del campo 4 consiste de Cecil francoarenoso, con declive B y erosión moderada pero sin cárcavas, por lo que pertenece a la clase II. La mayor parte de la tierra IV, que consiste principalmente de tierras con cárcavas a lo largo de los bordes del campo 3, ha sido protegida con una cubierta vegetal permanente de kudzú o de árboles y arbustos.

En el campo 3 se hará una rotación de dos años de algodón a maíz y cereales, seguidos por lespedeza. El maíz se intercalará con chícharos (*Vigna sinensis*). En el campo 4, que es en parte tierra de la clase II, la rotación será algodón, luego cereales, seguido de lespedeza, que protegerá la tierra hasta que esté preparada para algodón en el año siguiente.

En el campo 1, que es tierra de la clase I, se cultivará el maíz todos los años. Para conservar la materia orgánica, se sembrará trébol carmesí para crear la cubierta vegetal de invierno. El maíz de ordinario se intercalará con frijoles.

La tierra baja a la extremidad del campo 5, la más distante de los edificios, se desmontará y se usará para pastos. Es la única tierra de la granja no usada aún para el cultivo, que puede ararse sin peligro cuando se necesiten más terrenos para los cultivos. El monte en el campo 5, que consiste en una faja de terreno estrecha, separada del campo 7 por un alambrado, se dedicará al pastoreo a fin de dar al ganado acceso al agua y al pasto en el extremo distante de la

granja. En el campo 7 no se pastará ganado, y se mejorará el bosque cortando los árboles muertos e inferiores, a fin de dar oportunidad a que los buenos se desarrollen rápidamente. Los arbustos y una faja de lespedeza sericea a lo largo del borde del bosque, proveerán forraje y abrigo para los animales silvestres.

Este nuevo arreglo de la granja conforme a las prácticas de conservación del suelo permite 38 hectáreas de cultivo en vez de las 43 hectáreas que antes se cultivaban, incluyendo también los terrenos estériles. De éstas, sin embargo, 2 hectáreas están sembradas de kudzú, lespedeza anual o lespedeza sericea que se cortará para heno, dejando solamente 35 hectáreas de cultivos intercalados o cereales. Los terrenos dedicados a algodón siguen siendo los mismos en cuanto a extensión, pero es de esperarse la obtención de mayores rendimientos, debidos a las labranzas en contorno y a los cultivos de cobertura. Las tierras de maíz y avena se han aumentado algo con el uso de terrenos estériles y producen más alimento para el ganado. La cantidad de heno aumentará de unas 11 toneladas a más de 45 toneladas, y los pastos que cubrían unas 4 hectáreas se aumentaron a 8,5. Esto facilitará el aumento gradual del ganado para utilizar los pastos y



Figura 63.—Uso de la tierra según el plan agronómico de conservación de suelos.

forrajes adicionales, y eventualmente producirá ingresos adicionales con su venta. Con el aumento del ganado habrá más estiércol disponible para mejorar el suelo.

Esta granja tiene suficiente tierra de las clases II y III para proveer los cultivos necesarios para una empresa agrícola adecuada. Sus problemas de conservación y uso de la tierra son difíciles pero tienen solución. La clasificación de capacidades agrológicas ayudó al agricultor y al organizador del plan agrícola para encarar los problemas con claridad, para comprender las necesidades, la capacidad productiva y las limitaciones de sus tierras y para utilizar cada hectárea de manera que contribuya en forma efectiva a los ingresos y la vida de la granja.

En millones de granjas en el mundo entero existen problemas agrícolas por resolver, problemas respecto al mejor uso de la tierra, a la conservación del suelo, y al régimen de la erosión. No hay dos granjas ni dos agricultores que sean exactamente iguales. En la mayoría de las granjas, el administrador y el organizador de planes agronómicos pueden preparar un buen sistema para el uso permanente y eficaz de los terrenos. En todos los casos necesitarán un estudio de los terrenos; conocimiento de los recursos del agricultor, su sistema de labranza, sus procedimientos de trabajo, sus gustos y aversiones, y un conocimiento efectivo y práctico de los métodos y experiencias que pueden utilizarse para impedir el desgaste del suelo y dedicarlo a una buena labor agrícola. El estudio demostrará que en muchas de estas granjas hay suficientes terrenos de buena calidad para atender sus necesidades.

En algunas granjas el estudio demostrará que no hay suficiente terreno de las clases I, II y III, para producir cosechas que rindan los beneficios necesarios en una empresa agrícola adecuada. Los planes agronómicos de conservación agrícola, en estos casos, son difíciles de preparar. En muchas de estas granjas no puede resolverse el problema a menos que se pueda comprar o arrendar tierra adicional, o que se cree una fuente suplementaria de ingresos para el agricultor. A este respecto, el estudio físico contiene los datos descriptivos de la tierra y capacita al agricultor para enfocar el problema, con pleno conocimiento de las dificultades a vencer.

### Capítulo III

## PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE LAS CÁRCAVAS

**A**CTUALMENTE, LAS TIERRAS de todos los países sufren el efecto destructivo de las cárcavas. Muchos campos han sido arruinados por la erosión en tal forma que ha sido necesario renunciar al cultivo de tierras que hace apenas unos años eran excelentes. Año tras año se abandonan campos a medida que cárcavas antiguas y recientes ejercen su acción destructora.

En las tierras donde existen cárcavas, el agua arrastra el suelo fértil, depositándolo sobre terrenos bajos fértiles. Además, los materiales suspendidos se depositan en estanques y canales, cegándolos, los que luego requieren



*Figura 64.*—A, el subir y bajar constante de las ovejas produjo senderos que poco a poco se convirtieron en las cárcavas que se ven en la figura. Esto pudo evitarse desviando a las ovejas o arreglando los senderos. B, el cultivo constante de esta ladera abrirá cárcavas en la pendiente. Los terrenos tan escarpados como éstos deben dejarse con cubierta permanente.

dragados a elevados costos. Como las cárcavas tienden a drenar la humedad del suelo adyacente, los campos se secan con mucha más rapidez cerca de ellas, y esto resulta en una disminución del rendimiento de las cosechas. A medida que las cárcavas aumentan de tamaño se ramifican sobre el campo, y si no se pone coto a su desarrollo, a veces es preciso abandonar campos enteros.

Las cárcavas invaden los caminos públicos; socavan los terraplenes, puentes y alcantarillas; aumentan el costo de conservación, y hacen inseguro el viajar.

Dondequiera que se destruye la protección natural de la tierra, el suelo se vuelve más vulnerable a la erosión. Los desagües naturales, cubiertos de vegetación, fueron suficientes en condiciones normales, para drenar toda el agua de escurrimiento. Muchas cárcavas se han originado al despojar a estos desagües de su cubierta natural, cultivarlos o someterlos a otras prácticas agrícolas inadecuadas. Véase la figura 64-A. Las pendientes escarpadas deforestadas para cultivarlas (figura 64-B) no tardan en ser víctimas de las cárcavas.

A menudo las cárcavas comienzan en las riberas de cauces naturales de agua, que han sido ahondados hasta profundidades considerables. Se extienden hacia atrás dentro de su cuenca y se hacen tanto más profundas cuanto más avanzan en la ladera, adquiriendo a menudo profundidades de 20 y más metros. A medida que se extienden hacia atrás y cruzan desagües laterales o depresiones naturales, se producen caídas laterales desarrollándose otras cárcavas. Este proceso de ramificación puede continuar hasta que una red de cárcavas cubra toda la cuenca.

El primer paso para evitar las cárcavas es preparar un plan de explotación, de modo que se obtenga el mejor uso posible de la tierra. Este destinará a vegetación permanente las áreas con demasiada pendiente para ser cultivadas; utilizando para tal fin las tierras agrícolas de mejor calidad y para pastoreos, aquellos terrenos medianamente pendientes o agotados que no pueden ser cultivados económicamente.

Los mejores métodos que se conocen para detener la erosión en las pendientes que tienen que cultivarse son las rotaciones de cultivos, los cultivos de cobertura, los cultivos en fajas y las labranzas en contorno, solos o en combinación con terrazas, cuando éstas se requieren.

A pesar de que la tierra arruinada por la erosión tiene escaso valor inmediato, está por lo general justificado que se apliquen medidas correctivas aunque sólo sea para proteger las tierras contiguas. Conviene, sin embargo, determinar cuál es la protección más económica y apropiada para cada campo. El costo de corregir una cárcava y la clase de protección que ha de usarse deberán considerarse siempre en relación con el uso que pueda hacerse de estas zonas y la protección que prestaría tal remedio a las zonas adyacentes.

En las regiones cultivadas con suelos absorbentes, a veces pueden rehabilitarse las cárcavas pequeñas o medianas con cuencas reducidas, colocando una serie de pequeños diques de tierra a través de la cárcava. El espacio que debe mediar entre los terraplenes dependerá de la pendiente que tengan. El uso de este método está limitado a lugares en donde pueda proveerse de suficiente capacidad, aguas arriba de los pequeños diques, para retener la mayor cantidad del escurrimiento proveniente de la cuenca.

Dondequiera que sea necesario y factible, se desviará el escurrimiento de la cabecera de la cárcava, antes de efectuar medidas correctivas dentro de ésta. Este principio se aplica a las cárcavas de todos los tamaños, exceptuando sólo las que tengan una cuenca tan limitada que el material escurrido sea insignificante, como por ejemplo aquéllas menores de un tercio de hectárea. Al usar terrazas o zanjas de desvío, se considerará cuidadosamente la distribución de las aguas desviadas. Si no pueden desviarse sin riesgo, no deben construirse. Si la con-



**Figura 65.**—Las terrazas en este campo atraviesan la cárcava e impiden que el agua corra por ella. Los terraplenes a través de ella deben hacerse con cuidado para evitar rupturas y rehabilitar el área ocupada por la cárcava.

centración del escurrimiento se encauza sobre zonas no protegidas, también pueden producirse cárcavas.

Las terrazas son muy eficaces para corregir las cárcavas pequeñas en campos cultivados, y aun para las de tamaño mediano, que no sean tan hondas que impidan el trabajo de las niveladoras (figura 65). Las terrazas que se construyen arriba de una cárcava demasiado honda para ser atravesadas por terrazas comunes, desviarán las aguas de su cabecera, pudiéndose dar entonces el tratamiento adicional que fuere necesario. Tal vez la construcción de terrazas sea difícil y algo costosa en zonas afectadas por la erosión, sin embargo, es con frecuencia la medida correctiva más eficaz para pendientes que las requieren, especialmente cuando se encuentran muchas cárcavas paralelas en pendientes difíciles de cultivar.

Si la ladera en la que avanza una cárcava es demasiado pendiente para terrazas, o si la cuenca es una pradera o un monte, se podrán usar zanjas de desvío (figura 66) para evitar que el material escurrido caiga dentro de la cárcava. Las zanjas de desvío se adaptan especialmente a regiones que ya están cubiertas de árboles o de pastos, porque en estas condiciones las zanjas no sufrirán deposiciones de materiales arrastrados.

Toda cárcava, no importa su tamaño ni sus condiciones, volverá por lo general a cubrirse de vegetación con tal que tenga protección adecuada y esté localizada en una región donde pueda crecer vegetación. Si se desvía el agua que la causa y se mantiene libre de ganado, de incendios o de cualquiera otra causa de trastorno, empezarán a brotar en ella las plantas. Al principio crecerán muy lentamente porque les será difícil arraigar. Más tarde, en cuanto las primeras plantas hayan mejorado algo el suelo, aparecerán otras. Tal vez este

proceso natural tarde muchos años en las regiones más áridas del país, pero será más rápido donde la humedad sea mayor.

Las plantas siempre brotarán espontáneamente en las zonas protegidas, pero en los terrenos afectados hay varias causas que retrasan la desaparición de toda huella de erosión. Una de ellas es la pérdida continua de suelo por la congelación, el deshielo, y el deslave. Esta pérdida no siempre puede evitarse, pero con frecuencia puede aminorarse si se cubre la tierra con una capa de ramas, paja u hojas, que ayuden a retener las semillas de las plantas. Otro factor es el declive de las paredes de las cárcavas. Mientras no se derrumben las paredes escarpadas y formen una pendiente más moderada (alrededor de 1:1), les es difícil arraigar a las plantas. A menos que las muy grandes, de paredes empinadas, se arreglen con una robadera (*bulldozer*) o se dinamiten, es posible que tome muchos años su estabilización (figura 67).

A pesar de tales condiciones, por lo general crecerán naturalmente plantas fuertes y prósperas, capaces de sobrevivir en terrenos afectados por la erosión. Primero aparecen las malezas. Éstas preparan el camino a otras plantas que siempre las suceden al cabo de uno o dos años. Con el tiempo, este proceso natural llegará a cubrir de nuevo la cárcava con la vegetación predominante en la región, sean árboles, arbustos o pastos. Muchas veces no se aprovecha esta oportunidad de obtener económicamente una capa protectora y se hacen gastos innecesarios en construcciones o siembras.

En lo que respecta exclusivamente a detener la erosión en una zona afectada importa poco usar árboles, arbustos, enredaderas o pastos. Cualquier vegetación de las clases mencionadas proveerá buena protección para el suelo si se consigue establecerla satisfactoriamente. Por consiguiente, la clase de vegetación a usarse convendrá seleccionarla conforme al uso a que se destinará la zona posteriormente.



**Figura 66.**—Una zanja de desvío intercepta el agua más arriba de la cárcava y la conduce con tanta lentitud hacia un desagüe que la erosión es leve. La cerca sirve para impedir que entre el ganado.



**Figura 67.**—A, esta fotografía se tomó poco después de haberse cercado y de haberse sembrado de acacias blancas la zona afectada por la erosión. Antes de la siembra se hizo muy poco trabajo en el sentido de suavizar sus lados. B, la misma zona dos años después. Los lados denudados se hallan cubiertos casi por completo con vegetación.

En regiones donde la vegetación espontánea no parezca suficiente para contrarrestar la erosión existente, o donde se deseen ciertas especies de plantas de valor económico, acaso sea necesario recurrir a medios y recursos para establecer la vegetación artificialmente.

El césped puede conducir más cantidad de agua, con mayor seguridad y más rápidamente que las plantas leñosas. Un desagüe cubierto de césped se puede cruzar con maquinaria agrícola, lo cual no puede hacerse cuando está cubierto de plantas leñosas. En algunas regiones, los desagües cubiertos de pastos producen buena cantidad de forraje. Si se usan para pastoreo, éste debe regularse. No se debe olvidar, sin embargo, que para que un buen pasto crezca,

se requiere que esté bien preparado el terreno donde se siembra y que sea razonablemente fértil, condiciones que rara vez se encuentran en las cárcavas.

Antes de sembrarse las cárcavas, deben cercarse para que no entre el ganado, a menos que estén situadas en un campo donde no haya ganado. El pisoteo y pastoreo constante de animales domésticos en estas regiones muy afectadas por la erosión impedirá que la vegetación forme una buena cubierta, cosa que es esencial para evitar el deslave.

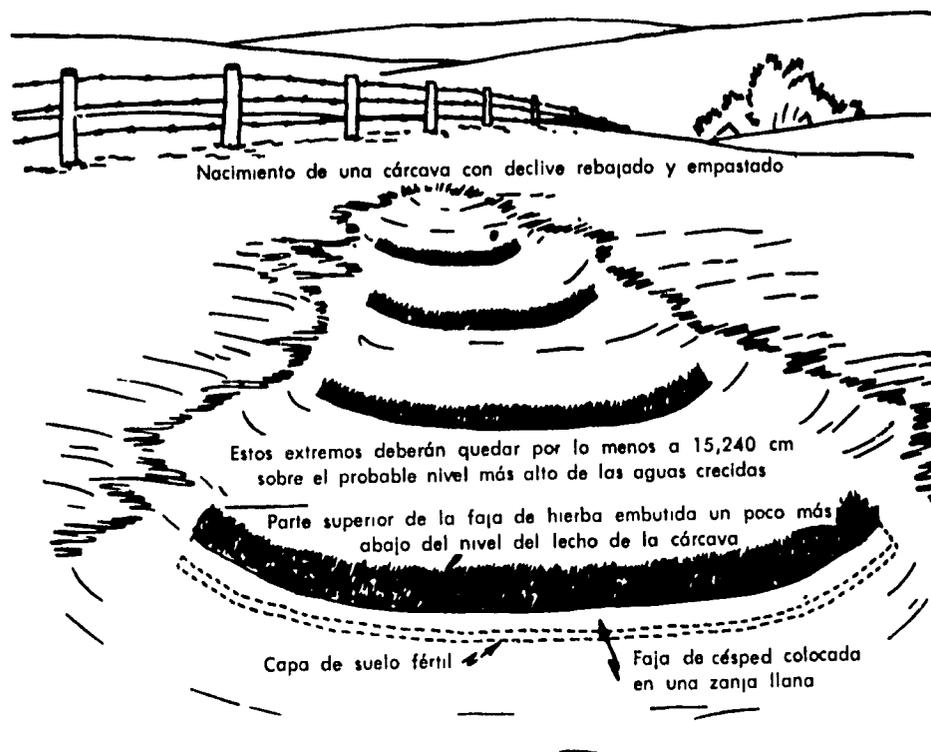


*Figura 68.* - Vallas de matas en una cárcava pequeña. Nótese que las vallas están bastante juntas una de otras.

El predio que ha de cercarse o protegerse en alguna otra forma deberá ser mayor que el ancho de la cárcava. Por ejemplo, si ésta tiene 3 metros de ancho, la distancia del alambrado al borde más próximo debe ser de 6 a 7,5 m. Conviene dejar aun más espacio en su nacimiento, porque en ese punto el peligro de la erosión es mayor. Al seleccionar árboles, arbustos y enredaderas para sembrar, se dará preferencia a las plantas que sean naturales de la región y propias de terrenos similares. Éstas están ya aclimatadas y por consiguiente tienen mayor probabilidad de subsistir bajo las severas condiciones de crecimiento en las cárcavas. En caso de que no fueran satisfactorias las plantas útiles naturales de la región, se escogerán entonces las especies traídas de otras regiones o de otros países.

A menudo es posible construir vallas de matas, a través de la corriente, en cárcavas pequeñas o medianas que tengan cuencas de poca extensión (figuras 68 y 69). Las matas se siembran a distancias de 10 a 15 cm, en surcos poco profundos, y a veces se protegen con hileras de estacas, que se colocan a 30 cm.

más abajo de las matas, para que éstas se beneficien del sedimento que las estacas logren retener. Las vallas reducen la velocidad del agua en el cauce de la cárcava y tienden a producir la sedimentación, lo que da oportunidad para que se establezca otra vegetación. Las vallas de matas se deberán colocar muy juntas, y usarse sólo en cárcavas de pendiente suave para que sean efectivas.



**Figura 69.**—Una serie de vallas de césped en una cárcava pequeña. Estas vallas no pueden usarse cuando las paredes son escarpadas.

Si urge obtener una cubierta de pastos será necesario transplantar césped. El procedimiento de empastar suele ser muy costoso, si ha de usarse sobre extensas áreas en regiones erosionadas. No obstante, el césped es necesario para cubrir las partes principales de las cárcavas, como en la cabecera o ciertas partes a lo largo de los bordes o del fondo, donde se producen caídas de agua. También se usa a menudo el césped en estructuras permanentes. Por regla general se acostumbra encéspedar las partes expuestas al escurrimiento, en donde no fuera práctico obtener una cubierta vegetal por siembra directa. Cuando el material escurrido no es mucho y hay buen césped disponible, se puede usar éste en lugar de los materiales más costosos de albañilería u hormi-

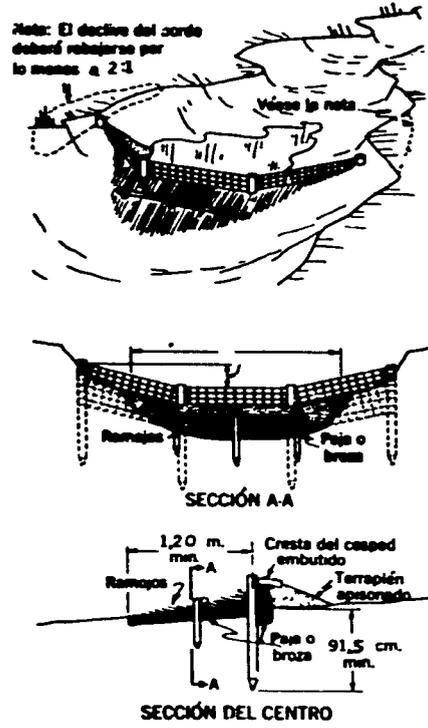


Figura 70-A, presa de alambrado.

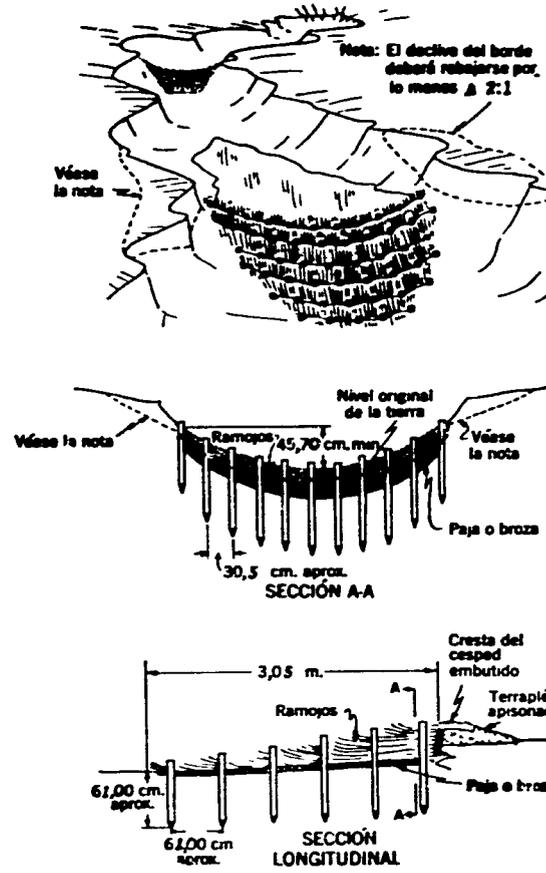


Figura 70-B, presa de ramas.

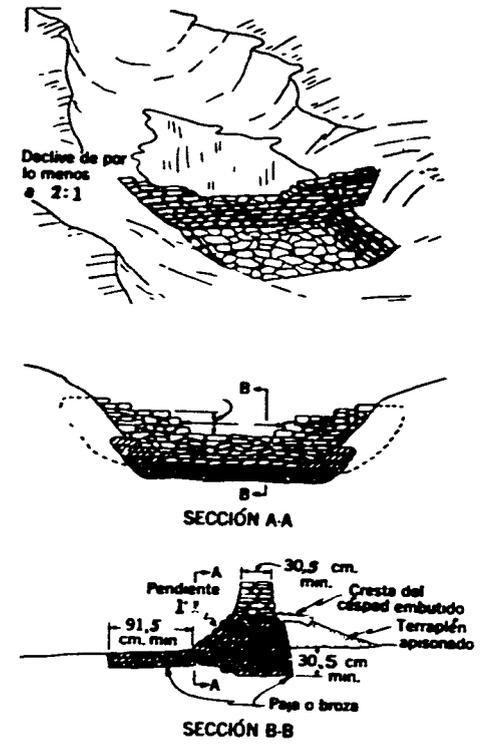


Figura 70-C, presa de rocas sueltas

gón. Los canales, diques y los vertederos de césped han dado buenos resultados cuando se han construido y usado con propiedad.

Las estructuras que se construyen en las cárcavas se usan para ayudar a que la vegetación arraigue en ellas, o para proteger permanentemente aquellos lugares en los que ningún otro medio puede ser eficaz. Suelen usarse sólo en aquéllas por las que ha de deslizarse un mayor escurrimiento. Si éste ha de fluir por las cárcavas y no excede a la cantidad que es posible contener por medio de una vegetación bien establecida, podrán usarse en ellas construcciones artificiales provisionales hasta que arraigue la vegetación. Para construir pequeñas represas temporales suelen emplearse materiales como ramas, postes, alambre y piedra suelta. Si el volumen de escurrimiento es tal que resulte impracticable detenerlo completamente por medio de la vegetación, tendrán que emplearse medios mecánicos. Las obras que se construyen para dar refuerzo permanente a la vegetación, deben hacerse con materiales duraderos como cemento armado, mampostería, metal o tierra trabajada. Se usarán sólo cuando no puedan utilizarse medios menos costosos, y hasta donde sea posible deberán reforzarse con vegetación.

El uso correcto de las estructuras en las cárcavas requiere buen criterio para determinar su necesidad y la extensión en que han de usarse. Es un error tan grande el pretender corregir una cárcava sin la ayuda de estructuras en regiones donde son necesarias, como el de hacer uso de construcciones cuando podrían estabilizarse más económicamente usando sólo vegetación. Las obras provisionales no requieren tan buenos materiales como las permanentes, ni necesitan construirse con tanta precisión. Una construcción permanente suele costar más que una provisional y por consiguiente sería mayor la pérdida si no diera luego resultado.

Las presas provisionales se emplean en las cárcavas estériles para recoger el suelo y la humedad en su fondo y retenerlo allí para que la vegetación arraigue. También pueden usarse para contener la erosión en su cabecera, o en el mismo cauce, hasta que pueda lograrse una capa de vegetación protectora. Si el escurrimiento es poco, montones bien compactos de rocas y ramas a través del fondo de la cárcava serán suficientes para detener la erosión. Véanse las figuras 70-B y 70-C.

En la corrección de cárcavas con estructuras provisionales ha sido demostrado por la experiencia que es preferible utilizar series de pequeños diques en lugar de uno sólo de altura equivalente. Es más difícil que las represas bajas fracasen, pues cuando se llenan de sedimentos y se dañan, la vegetación puede proteger con más facilidad los vertederos bajos que los altos. La altura del vertedero de una presa provisional no debe pasar de 45 cm.; una altura efectiva media de unos 25 ó 30 cm. es preferible. Por altura efectiva se entiende la distancia vertical que media entre el fondo original de la cárcava y el extremo superior del dique. Las represas provisionales podrán colocarse a intervalos determinados, pero por lo general se construirán en lugares adecuados, con el fin de proteger la vegetación en puntos críticos y facilitar en estos puntos su crecimiento. De este modo se obtendrán resultados más efectivos con menos represas.

Los diques provisionales se emplean con mayor éxito en cárcavas con cuencas pequeñas. La cantidad total de suelo que estas represas acumulan es relativamente poca, pero retienen la suficiente para fomentar el desarrollo de alguna vegetación, la que forma a su vez una barrera que acumula más suelo. Las represas deben construirse de manera que encajen en el fondo y los lados de la cárcava lo suficiente para evitar socavados. Deben tener además, vertederos de suficiente capacidad para satisfacer los mayores gastos a esperarse durante la vida de la estructura. Deben disponer de un batiente para evitar el efecto socavante del agua que descarga el vertedero.

Las represas de ramas son las más apropiadas para cárcavas que tengan pequeñas cuencas y suelo conveniente para establecer la necesaria cantidad de estacas de estribo. Estas represas cuestan poco y se construyen con facilidad (figura 71). Se usan muchas clases de represas de ramas; la elección de la clase que se ha de usar en determinado lugar dependerá de la cantidad de ramas disponible y del tamaño de la cárcava que va a corregirse. Cualquiera que sea la clase que se use, es importante que el centro de la valla se haga más bajo que los extremos para que el agua se vierta por encima de ella y no por los lados.



**Figura 71.**—Una presa de ramas bien construida en una cárcava pequeña. Nótese el sedimento depositado en la parte de arriba de la presa.

Las presas hechas de roca suelta son convenientes cuando se dispone de una buena cantidad de roca que sirva para ese propósito. Se usan en cárcavas de pendiente moderada que tengan cuencas pequeñas o medianas. Las presas bien construidas de roca suelta durarán más que las presas provisionales hechas de otros materiales, porque la roca sobrevive a las ramas, al alambre y a la

madera. Estas tienen también ventajas porque su flexibilidad y peso las mantienen en contacto constante con el lecho de la cárcava. Las mejores obras de esta clase pueden construirse de piedras planas que comúnmente se llaman losas. Con cierta práctica se puede llegar a colocarlas de tal modo, que formen un conjunto compacto. Si tuvieran que usarse piedras de forma redonda o irregular, generalmente se recubrirá la obra con un tejido de alambre para impedir que el agua se lleve las piedras expuestas a la acción de la corriente. Conviene que las rocas de forma irregular se coloquen de manera que quede entre ellas el menor número de huecos posible. Si tomara mucho tiempo ajustar las rocas al construir la presa, resultará más barato y eficaz construir una presa de mampostería o de hormigón.

Cualquiera que sea el uso que se vaya a dar a una estructura, el problema de seleccionarla estribará principalmente en determinar el tipo de obra que provea la necesaria capacidad, que reúna las otras condiciones deseables y que su construcción sea, sin embargo, la más económica. La inversión que se hace en la construcción de presas grandes es suficiente para justificar que se tomen precauciones especiales. Por otra parte, la construcción de esas obras requiere una gran pericia en esta clase de trabajos.

Para detener de modo eficaz el avance de las cárcavas es necesario que las obras correctivas permanentes se construyan lo suficientemente cerca de su nacimiento para que la pendiente desde el borde superior del vertedero hasta el borde más bajo de la cárcava no exceda la pendiente de sedimentación que es de esperarse para el tipo particular de suelo y cubierta vegetal. Esta pendiente puede variar desde medio por ciento hasta tres por ciento o más, de acuerdo con el desarrollo esperado para la futura vegetación, la que puede aumentar el declive natural del terreno. Las construcciones permanentes deben colocarse de manera que la línea de descarga del vertedero sea paralela a la línea del centro de la cárcava que queda inmediatamente debajo de la presa. Esto evitará socavaciones laterales en el cauce debajo de la obra.

Una práctica importante que se desatiende a menudo en la corrección de las cárcavas es la inspección, reparación y conservación sistemáticas. Con demasiada frecuencia se construyen obras para detener la erosión y después se descuidan, hasta que se deterioran haciéndose ineficaces. Cuando tal cosa ocurra, se habrán desperdiciado el dinero y los esfuerzos. Las obras para este fin deben inspeccionarse con regularidad, particularmente después de lluvias torrenciales, para determinar si están funcionando bien o si necesitan reparaciones. Esto es particularmente conveniente en el caso de obras a base de vegetación, durante el período en que ésta está arraigando, que es su período más crítico. La atención que se dé a las modificaciones y reparaciones menores cuando la vegetación está en ese período, determinará a menudo el éxito o fracaso de la obra. Las construcciones artificiales son más susceptibles de fracasar poco después de instaladas, porque tardan algún tiempo en afirmarse, consolidarse y afianzarse por completo.

Es especialmente importante que las estructuras para remediar la erosión se excluyan del pastoreo (figura 72). Es necesario cercar esas zonas para protegerlas adecuadamente contra los daños que causa el pastoreo y las pisadas del



**Figura 72.**—Una cerca alrededor de esta cárcava hubiera impedido la entrada de la vaca; cuesta menos trabajo construir una cerca que estar constantemente reparando presas.

ganado. Debe impedirse la entrada a los cerdos, más que a ningún otro animal, pues desarraigan las plantas y dañan las obras. También deben protegerse contra incendios la vegetación y las obras hechas de materiales combustibles. A veces los animales roedores causan daños a las construcciones, cavando a través de ellas o a sus alrededores.

El fracaso de las obras para detener la erosión puede sobrevenir si éstas se usan de manera impropia, si no se conservan en buen estado, o si concurren condiciones extremas imprevistas. Por consiguiente, se debe estar en guardia contra estos factores que son potencialmente capaces de trastornar en cualquier momento la estabilidad de la cárcava. Todo daño, por pequeño que sea, debe repararse antes de que traiga dificultades mayores.

## Capítulo IV

### SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DE LA HUMEDAD

**E**L MEDIO MÁS EFICAZ para conservar el suelo y el agua en las regiones lluviosas es la vegetación forestal. Sin embargo, el desarrollo de civilizaciones complejas en esas regiones obliga a usar una gran parte de la tierra para fines distintos a la producción forestal, los que resultan más aleatorios desde el punto de vista de la conservación del suelo y de la humedad. De las tierras cubiertas originalmente de bosque, algunas partes están físicamente mejor preparadas que otras para esas utilizaciones.



*Figura 73.*—Uso inteligente de la tierra, basado en las potencialidades físicas del terreno y las necesidades económicas individuales de cada unidad agrícola.

El uso más ventajoso de la tierra no coincide necesariamente con su utilización más conveniente y segura. Si se considera que la intensidad de la explotación de la tierra fluctúa en una escala que va de lo mínimo a lo máximo, las potencialidades físicas determinadas de cualquier parcela de terreno señalan, en algún sitio de esa escala, el límite que es peligroso rebasar. Este límite es relativamente

permanente y concuerda con la invariabilidad de las características físicas que han determinado su posición en la escala. Hay un segundo grupo importante de factores de carácter principalmente económico que determina, en algún punto de ella, pero nunca sobrepasando el límite de su potencialidad física, cuál es el mejor uso que se puede dar a una parcela de terreno. Estos factores "económicos" son de carácter más o menos temporal, y los cambios que haya en ellos pueden también hacer variar el destino que de antemano se le hubiera atribuido, considerándolo como el mejor para el caso. Por otra parte, esos factores son característicos de cada unidad involucrada, una granja por ejemplo, y por tanto no pueden especificarse basándose en consideraciones generales.

Los esfuerzos tanto del gobierno como del público en favor de la silvicultura, deberían orientarse hacia el objetivo de satisfacer las necesidades de las tierras definidas como **tierras forestales**, en vez de dirigirlos sin mayor aplicación práctica a prolongar el aprovechamiento forestal de tierras que deberían inteligentemente dedicarse a otros fines. Por lo tanto, el primer paso será determinar cuál es el uso más conveniente y más práctico que se ha de dar al terreno, tomando en consideración tanto los factores físicos como los económicos. En los casos en que el uso de bosques sea una posible alternativa, el silvicultor ayudará en dicha determinación, particularmente en la apreciación y el análisis de factores del grupo económico mencionado.

## PLANTACIÓN DE ÁRBOLES

Es necesario plantar árboles en tierras forestales que no están a la sazón bien arboladas, cuando no se pueden obtener por reproducción natural, pues ésta daría un tipo y densidad de cubierta que no se desca, o bien cuando el depender exclusivamente de dicha fuente demora innecesariamente la obtención de la cubierta deseada. Las observaciones que se hagan en la localidad, más los conocimientos ecológicos que se tengan ayudarán, por lo general, a averiguar las especies, la densidad y la proporción de reproducción natural con que puede contarse. Se procederá a la siembra de árboles sólo en aquellos casos en que la reproducción natural que lógicamente puede esperarse, no logre, en tiempo, cantidad y calidad, los objetivos económicos y de la conservación del suelo y de la humedad que se persigan.

**Selección de las especies.**—El primer paso y generalmente el de mayor importancia en la siembra de árboles, es la selección de aquellas especies que han de prosperar lo suficientemente bien para producir, en el sitio donde se planten, los resultados esperados. Esta es una decisión especialmente crítica en la mayor parte de las siembras de árboles necesarias para la conservación del suelo y de la humedad, debido al mal estado en que están, de ordinario, los sitios escogidos. Los parajes más severamente afectados por la erosión y los más agotados, son los que generalmente se escogen para repoblarlos. La capa superior del suelo, con su contenido orgánico y su estructura suelta, es factor de importancia para un buen desarrollo de los árboles, como lo es para las cosechas. Sin embargo, los terrenos que se destinan a la plantación de árboles

por lo general han perdido ya la capa superior del suelo o les queda muy poca, y comúnmente el proceso de erosión continúa, lo que trae consigo riesgos adicionales para la supervivencia y crecimiento de las plantitas. Estos cambios en las condiciones de los suelos vírgenes han reducido severamente el nivel ecológico del lugar. Los restos de la cubierta forestal antigua que se encuentren en el paraje pueden desorientar en la determinación de las especies que ahora se adaptarán. De ahí que sea casi siempre necesario recorrer una escala forestal orientada hacia la regeneración del monte original y que probablemente demorará una o varias rotaciones forestales, antes de obtener la condición de cubierta virgen. La producción inicial del lugar reforestado indubablemente será muy inferior a la producción original, o a la de su capacidad potencial después de un periodo de tratamiento correcto. Las utilidades económicas que pueden obtenerse de tales plantaciones no deberán considerarse, sin embargo, como medida de las posibilidades económicas de silvicultura como empresa comercial puesto que una gran parte del capital invertido debe ser cargado a la lenta corrección de la constitución del suelo, causada por la errónea utilización dada anteriormente a esa tierra. Éste es uno de los hechos que justifica la participación pública en la plantación de árboles en terrenos de propiedad privada.

El objetivo de las plantaciones es establecer una cubierta protectora que acelere el mejoramiento vegetativo del lugar y al mismo tiempo produzca la mayor cantidad posible de materiales útiles.



**Figura 74.**—En los trabajos de conservación de suelo y de la humedad, los parajes más severamente afectados por la erosión y los más agotados son los que generalmente se destinan a reforestación.

Si bien los restos de la vegetación original de los bosques pueden ser motivo de desorientación al seleccionar las especies que han de sembrarse, la variedad, el conjunto de plantas que crece y se desarrolla espontáneamente en los lugares que han de repoblarse, o en sus cercanías en condiciones similares, pueden ser indicios excelentes para apreciar el estado actual del lugar y para determinar las especies que probablemente prosperen en él. En la flora propia de cada localidad existen una o más especies aptas para formar una cubierta vegetal temporal o preliminar en los terrenos más pobres. Algunas de ellas son árboles, las más son arbustos o hierbas; con frecuencia, las especies más apropiadas de una localidad tienen escaso valor comercial. Deberán preferirse aquellas naturales de la región, pero a veces conviene utilizar especies exóticas, lo que implica aún mayor cuidado en la determinación de su adaptabilidad. Deberán aprovecharse todas las experiencias locales referentes a especies exóticas en condiciones similares a las del caso. De todas maneras, pero especialmente si se trata de especies exóticas, se deberán considerar características del suelo tales como profundidad, textura, consistencia, permeabilidad y composición química; y otros factores locales como altura del agua freática, elevación del lugar, exposición, cantidad y distribución de la precipitación, intensidad y duración de la luz solar, e intensidad, constancia y dirección de los vientos.

Por lo general es aconsejable usar más de una especie, si se tienen a mano, en las combinaciones compatibles. Los vástagos puros de cualquier especie son generalmente más vulnerables a influencias perjudiciales, incluso los insectos y las enfermedades. Esto es especialmente cierto en cuanto a las especies exóticas. Por otra parte, los componentes para las combinaciones de especies deberán escogerse cuidadosamente de acuerdo a su compatibilidad con los otros asociados. La rapidez de crecimiento y el vigor de las ramas deberán ser aproximadamente iguales en las diversas especies o, de lo contrario, una de ellas dominará a las otras. Es posible ejercer cierto dominio plantándolas en grupos puros, aunque este arreglo es inferior a la distribución al azar de especies más compatibles.

Cuando se trata de cortinas de abrigo para reducir la velocidad del viento cerca de la superficie de la tierra, se usan distintas especies que se disponen de manera que sólo haya una en cada hilera. En la fila exterior se plantan generalmente arbustos poco espaciados. Las dos o tres siguientes deben llevar árboles de poca altura, cada una con una especie distinta, aunque de vez en cuando se siembran dos o más de una misma especie. La separación de un árbol a otro en las hileras puede ser mayor que la de los arbustos. En las del centro se plantan las especies de árboles que crecen más altos; en las restantes se siembran especies de altura un tanto menor y también coníferas. Dispuestos los árboles de esta manera, se obtendrá un follaje en forma de caballete contra el viento, el que se elevará a una altura considerable para descender lentamente al otro lado de la protección. Los experimentos han demostrado que de esta manera la velocidad del viento cerca de la superficie del terreno se reduce considerablemente, hasta distancias que fluctúan entre 10 y 20 veces la altura de la zona de protección.

**Especificaciones referentes a la plantación.**—Es necesario considerar el

tipo de material vegetal a utilizar que permita obtener el mayor porcentaje de plantas logradas con el mínimo costo en la operación total. El material vegetal utilizado incluye semillas para la siembra directa; estacas enraizadas, cicatrizadas o cortadas inmediatamente antes de la plantación; plantas silvestres o plantas sembradas naturalmente que se extraen para transplantarlas y plantitas de almácigos o viveros.

Las plantitas de los almácigos son los materiales más satisfactorios para establecer una cubierta forestal en los trabajos de conservación del suelo y de la humedad. La siembra directa de árboles utilizando grupos de semillas distanciadas a 1,80 m. en todo sentido tiene aplicación limitada. Se usa en la siembra de algunas especies de madera dura que tienen semillas grandes, como el nogal y el roble, en lugares donde los roedores les causen poco daño o puedan protegerse sin mucho gasto, por ejemplo: con una cubierta de alambre. La mortalidad de arbolitos, mientras éstos se establecen, es muy elevada cuando proceden de semillas sembradas en lugares inadecuados; mucho mayor que los nacidos de la misma semilla en almácigos cuyo suelo está en condiciones superiores y mejor protegido, en vista de que la semilla de árboles es generalmente cara, resulta más barato producir arbolitos en almácigos y llevarlos luego al campo, que sembrar la semilla directamente en cantidad suficiente para asegurar que sobreviva el número correspondiente de plantas.

Las estacas enraizadas, cicatrizadas o recién cortadas, pueden usarse con buenos resultados en algunas especies y en ciertas localidades, con lo que generalmente se ahorra dinero. Esto es cierto principalmente en el caso de los álamos (*Populus*) y los sauces (*Salix*). Las estacas sin raíces requieren generalmente mejor terreno que las cicatrizadas o enraizadas. Unas y otras exigen terrenos mejores que las plantas de los almácigos, especialmente en lo que se refiere al grado de humedad y a su constancia.

Se han utilizado plantas silvestres, pero la aplicación práctica de este procedimiento es también limitada. Las plantas nativas de tamaño apropiado, vigorosas y fáciles de desenterrar, no se encuentran a menudo en las cantidades suficientes cerca del lugar donde van a trasplantarse como para justificar que se usen en vez de las plantas de almácigos. Si se tiene en cuenta que la mortalidad al trasplantarlas es con frecuencia mayor, los gastos de desenterrarlas y transportarlas casi nunca justifican que se usen arbolitos silvestres en vez de las plantas de superior calidad que se cultivan con eficiencia en los almácigos.

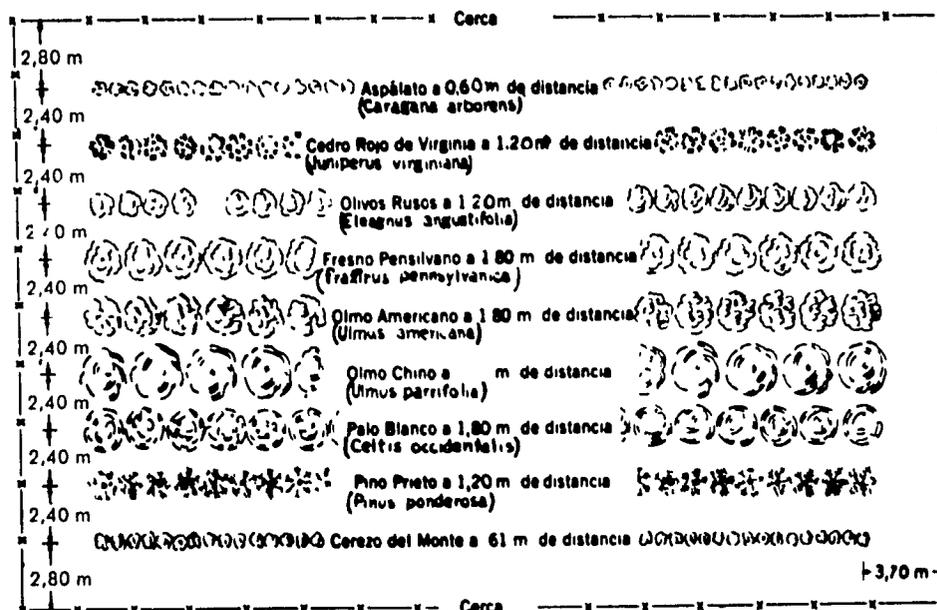
Los arbolitos de los almácigos se producen en varias formas, siendo unas mejores que otras, de acuerdo con las especies determinadas y los lugares donde se van a plantar. Las especies de madera dura se siembran generalmente de plántones criados en los almácigos uno o dos años, según el tiempo que demoran para crecer hasta el tamaño que se desea. Aunque la mayor parte de las especies se pueden utilizar con las raíces al descubierto, otras se cultivan en los almácigos dentro de macetas, o recipientes especiales de papel, plantándose con ellos en el lugar definitivo. Las coníferas se transplantan del almácigo o del vivero, dependiendo del tamaño y la relación de parte aérea a raíz que requiera el lugar de plantación. En lugar de transplantar las pequeñas plantas, a veces se les poda la raíz uno o dos años antes de llevarlas al lugar definitivo con objeto de

provocar un crecimiento radicular compacto y fibroso. El tamaño de las plantitas de vivero y el carácter de sus raíces son de importancia en relación al lugar y al trabajo de plantación. Por regla general, conviene que la proporción entre la parte superior de la planta y sus raíces sea baja. Sin embargo, las plantas deberán ser lo suficientemente altas y fuertes para soportar el trasplante, invadir rápidamente los horizontes del suelo donde hay condiciones de humedad favorables, y para competir ventajosamente por la luz solar con la vegetación de sus alrededores.

La procedencia de la semilla que se usa es importante para el éxito de la plantación. En primer lugar, deberá ser de la mejor línea o variedad de la especie que se va a sembrar, si es que existen diferenciaciones en ese sentido. Además, deberá proceder de un clima similar o lo más parecido posible al del lugar donde va a plantarse.

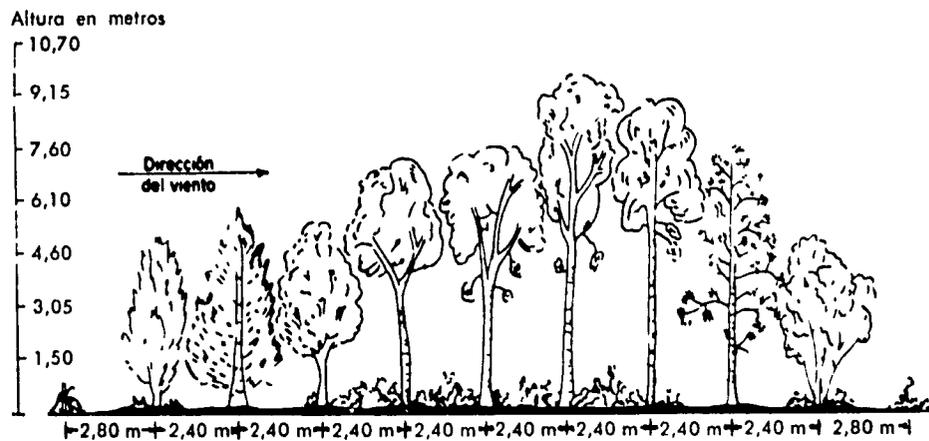
**Preparación del ambiente.**—A menudo es conveniente y a veces necesario, someter el lugar de la plantación a algún tratamiento antes de iniciarla, al momento mismo de hacerlo, o poco después, a fin de lograr que los arbolitos sobrevivan y se desarrollen satisfactoriamente. La preparación del ambiente tendrá por objeto modificar factores desfavorables del terreno, reducir la competencia de plantas allí existentes, o facilitar el procedimiento mismo de la plantación.

Con frecuencia es posible mejorar las condiciones desfavorables del lugar preparando el suelo o aplicando algún otro tratamiento necesario. En regiones climáticas subhúmedas se puede aumentar la cantidad de humedad dejando el lugar en barbecho de verano el año antes de plantarlo, favoreciendo así la supervivencia de los árboles. En las regiones húmedas se aumenta la efectividad de las lluvias y se reduce la erosión laminar y de canchales si se hacen surcos en contorno en el lugar a plantar. En esta operación, el surco a nivel se hace volcando la tierra hacia abajo para aumentar su capacidad de retención bloqueándolo de trecho en trecho con pequeñas presas de tierra para evitar concentraciones del escurrimiento superficial, que ocasionaría rompimientos perjudiciales pendiente abajo. El espacio entre los surcos será de 1,80 a 2,40 m., y los árboles se plantarán ya sea en el surco, en el camellón o en los bloques de los surcos, que a veces se ponen como parte de la operación de plantación. Es práctico remover el subsuelo con arado topo, especialmente en líneas a nivel, como un medio de aumentar la humedad del terreno cuando se prepara el ambiente agrológico. En las laderas de pendientes suaves a veces se utiliza el sistema *lister* de hoyos en la preparación del terreno. En las regiones de poca lluvia pueden usarse diques para desviar el exceso de las aguas superficiales de terrenos adyacentes o de las cunetas de los caminos y distribuir esas aguas por medio de camellones a las distintas hileras de árboles, a fin de aumentar la humedad local. Allí donde parte de las aguas cae en forma de nieve, se acumulará humedad adicional si se construyen vallas de nieve en el invierno anterior a la siembra, de modo que el hielo se acumule para aprovechar el deshielo. En algunas localidades se puede proveer riego para plantaciones de árboles que sean de mucho valor. Para conservar o aumentar la humedad de los campos pequeños, especialmente en lugares muy afectados por la erosión donde el



Esta distribución de especies y este espaciamiento requieren 7,845 árboles para 1 kilómetro de contraviento, es decir, un promedio de 3,116 plantas por 1 ha. de terreno

PLAN



Corte transversal del contraviento en el plan inserto arriba

**Figura 75.**—Diseño de una zona de protección típica que ocupa una parcela de terreno de 24,5 m de ancho.



**Figura 76.**—Un grupo de trabajadores siembra coníferas en surcos previamente arados a nivel.

subsuelo está al descubierto, es útil cubrir el suelo con paja, ramas de coníferas, matorrales, capas de hojas u otras materias vegetales. Aun en zonas de lluvias abundantes, la humedad del suelo en los puntos desnudos es más o menos la misma que en las zonas subáridas y si no se someten estos parajes a tratamiento, será difícil establecer el monte. Donde se esté expuesto a grandes sequías o a temperaturas muy altas, será útil rodear los árboles con paja o materiales vegetales inertes tan pronto se hayan plantado o poco después de hacerlo. Esto es particularmente conveniente en terrenos sueltos y arenosos de materia orgánica escasa, con lo que se obtendrá además el beneficio de la fertilización. Este tratamiento también favorece la formación de micorizas, lo que ayuda al desarrollo de los pinos.

Por lo general, los árboles de madera dura y los de hojas anchas necesitan mejores sitios que las coníferas para su desarrollo o mayor atención en la preparación de los terrenos y otros cuidados adicionales. A menudo conviene arar el lugar donde se plantarán y hasta aplicarle abonos comerciales, especialmente en tierras donde se haya destruido la estructura primitiva del suelo y agotado su contenido orgánico a causa del cultivo.

Si las circunstancias lo permiten, un método excelente de preparar el suelo consiste en sembrarlo para abono verde y luego ararlo. Algunas veces la primera rotación de árboles se utiliza para mejorar el terreno por medio de pinos comunes que son especialmente adaptables a condiciones de suelo extremadamente malas y que con su desfoliación y la acción de sus raíces preparan el camino a las especies que han de substituirles, a menudo de manera natural, y que son más valiosas a la par que más exigentes.

En cárcavas la preparación del ambiente exige con frecuencia que se construyan represas provisionales a través de su cauce para impedir el arrastre del suelo y para acumular capas de limo que sirvan de bancales donde sembrar. Las paredes de las cárcavas se pueden rebajar hasta un grado de declive que ofrezca mayor estabilidad, por medio del arado o usando explosivos. La tierra suelta que resulta de esta práctica es más favorable para la supervivencia y el desarrollo de los árboles que se plantan. Las aguas tendrán que desviarse de las cabeceras de las cárcavas para dar tiempo a que el suelo se estabilice a fin de que las aguas no se lleven los árboles plantados o los entierren

Muchos de estos tratamientos ayudan a reducir la competencia entre las plantas, a facilitar la siembra y a mejorar su calidad. Algunas de las prácticas que se emplean en la preparación del terreno van directamente encaminadas a esos fines. Aun en los sitios y las regiones donde no importa tanto que se detenga el escurrimiento y se impida la erosión, en los terrenos en que se haya de plantar árboles se hacen surcos, aunque no necesariamente en curvas a nivel, para reducir la competencia y hacer la siembra con mayor rapidez. Este último objetivo se consigue más fácilmente si se le añade al arado una cuchilla de subsuelo para remover más profundamente la tierra en la base del surco. A los terrenos que no se les hace una preparación especial, se les raspa la superficie del suelo eliminando la vegetación que exista en el lugar donde va a plantarse cada árbol, eliminando allí la competencia de la vegetación espontánea. Los lugares limpios tendrán 45 cm a 1 metro de diámetro, según la clase de vegetación. En



**Figura 77.**—Cárcava estabilizada por completo con una plantación joven de *Robinia pseudoacacia* L.



**Figura 78.**—Una separación mayor entre los árboles en las cortinas de abrigo hace que las copas de éstos sean más efectivas como contravientos.

las pendientes susceptibles a la erosión, la ubicación de esos lugares libres se alternará para evitar que las plantas queden en hileras en la dirección del declive. La preparación puede hacerse de antemano o al mismo tiempo que la plantación. Cuando la vegetación competidora es de sotobosque o de árboles impropios la preparación del terreno pudiera comprender la limpieza de toda la zona o de los lugares o hileras donde se plantarán los árboles. Por regla general, es más seguro hacer que los árboles se establezcan en los espacios libres de vegetación ya existentes y hacer más tarde únicamente la poda que sea necesaria para librar de una competencia perjudicial a los árboles que se planten.

**Cuidado de los plantones.**—Los arbolitos están expuestos a muchos riesgos cuando se manipulan. Siempre hay el peligro de pérdidas cada vez que éstos se sacan del suelo, se clasifican, ordenan, atan en haces, embalan, despachan, desembalan, se les cubre provisionalmente las raíces con tierra, o se trasladan al sitio donde van a quedar definitivamente. Las pérdidas pueden ser debidas a que se les sequen las raíces, (o el follaje si la planta se expone a vientos secos en momentos en que las raíces no puedan reponer la humedad perdida), debido al calor excesivo, a la congelación, a las lesiones, al comienzo de su crecimiento anual, y al desarrollo de enfermedades. Los silvicultores están de acuerdo en que los resultados son mejores si se consiguen plantas lo más cerca que sea posible del lugar de la plantación, y si se evita toda manipulación y toda demora innecesaria desde el momento en que se sacan del vivero hasta que se siembran. Durante estas operaciones y en el período que transcurre de una a la otra, los arbolitos han de recibir el cuidado más esmerado a fin de evitar pérdidas debidas a las causas enumeradas. Las raíces deben mantenerse húmedas y al resguardo de los rayos directos del sol.

A veces hay que plantar provisionalmente los arbolitos por unos cuantos días y aún por unas cuantas semanas a fin de protegerlos hasta que se pueda

hacerlo definitivamente. El sitio donde se establezcan estos viveros provisionales, su construcción y su cuidado, son factores importantes para la vitalidad de las plantitas. El sitio que se escoja ha de estar protegido contra condiciones climáticas extremas, y tener un desagüe apropiado. Todo el sistema de raíces de las coníferas y parte de sus tallos, pero no el follaje, se cubrirán con tierra en los surcos. Los arbolitos no deben colocarse en los surcos en montones, como a menudo se reciben de los viveros, sino que se colocarán ligeramente inclinados y se cubrirán con capas delgadas de suelo, de modo que todas las raíces tengan



*Figura 79.*—Este cortafuego de 4,8 m. de ancho, con su suelo mineral al descubierto, es de mucha ayuda para combatir los fuegos.

contacto con el terreno húmedo. Los viveros deben resguardarse mediante vallas contra los vientos secos, protegerse bajo sombra contra el sol excesivo, cubrirse con paja y estiércol si estuvieren expuestos a heladas fuertes, y regarse de vez en cuando para conservar la humedad del suelo. Debe sacarse de los viveros solamente la cantidad de arbolitos que vaya a plantarse en un día. Los arbolitos que se saquen para plantarlos se transportarán sin demora al sitio escogido, envueltos en harpillera humedecida, dentro de maceteros propios para siembras, con unos cuantos centímetros de agua en el fondo, o cuidando de algún otro modo que no les falte humedad.

**Época de plantación.**—La plantación de árboles se hace por lo general cuando los arbolitos están en estado latente, precisamente antes de comenzar la temporada del desarrollo, y en terreno húmedo deshelado. Parte del trabajo se hace en los comienzos de la estación, pero en las regiones donde las heladas y los deshielos se suceden alternativamente durante el invierno, las plantaciones

de otoño corren el peligro de que se hielan, especialmente cuando los terrenos son compactos. En caso de que se trate de plantas en macetas, el trabajo podrá hacerse en cualquier tiempo, aun en la época del desarrollo, siempre que las condiciones de humedad sean favorables, puesto que al enterrar las plantitas con sus macetas, quedan las raíces intactas y no se les causa perturbación alguna.

**Separación entre los árboles.**—Los árboles pueden quedar a distancias de unos 30 cm. en casos excepcionales, como cuando se plantan vástagos de sauce a lo largo de corrientes de agua cuyas riberas sufren de erosión, hasta de 3 a 3,50 m., y aun más. Por lo general, una separación de 1,80 m. de árbol a árbol se considera la separación "ideal" que corrientemente proporciona bastante buenos resultados a un costo moderado. Varias especies que tienden a esparcir las ramas (como algunas familias de la acacia, *Robinia pseudo-acacia* L.) o a desarrollar ramas pesadas a los lados (como el pino blanco oriental, *Pinus strobus* L.), pueden quedar un poco más cerca para favorecer así el desarrollo de mejores troncos. Cuando hay necesidad de establecer lo más pronto posible una cubierta de árboles, se colocan éstos a veces a distancias de 1,2 m. por 1,2 m., y hasta de 0,6 m. por 0,6 m., cuando se trata de arbustos. Naturalmente que mientras más cerca se coloquen los árboles unos de otros más cuesta el trabajo. Determinadas condiciones demandan que la separación entre árboles sea mayor de 1,8 m. por 1,8 m. Los pinos de Georgia se plantan a menudo a distancias mayores, por lo general a 2,4 x 2,4 m. Los árboles que se plantan para la producción de nueces o frutas silvestres pueden espaciarse aún más. En el caso de plantaciones que deban mantenerse libres de maleza, como las cortinas de abrigo en regiones de clima subhúmedo, con frecuencia se deja entre árboles una separación suficiente para usar libremente los equipos de labranza de que se dispone en la localidad. Esta separación puede ser de 3 a 3,6 m. o mayor en una o ambas direcciones.

**Equipo necesario para la plantación.**—La selección del equipo de labranza es también de importancia tanto para asegurar una correcta plantación como para hacerla lo más económicamente posible. Estos equipos varían desde el más sencillo transplantador o la simple azada para plantar árboles pequeños en regiones donde el terreno es suelto, hasta los pesados picos que se usan en terrenos de césped denso con abundantes raíces o rocosos. En las tierras que no son ni sueltas ni duras, se usan escardas, azadas y varias clases de pala. En lugares relativamente libres de obstáculos mayores, como son troncos, raíces y piedras de gran tamaño, a veces se usan máquinas de plantar, las que son accionadas generalmente por tractores, y que pueden ser del tipo de una hilera o de hilera doble. El arado, los discos y las ruedas, están de tal modo dispuestos, que a medida que la máquina avanza va abriendo un surco justamente frente al plantador, quien va colocando en él los arbolitos a distancias apropiadas, precisamente delante de los discos y las ruedas que a su vez van cubriéndoles con tierra las raíces, cerrando el surco y arrimando tierra alrededor de cada planta. Un tractor de doble hilera lleva un plantador para cada una de ellas.

**Operaciones de la plantación.**—Si se quiere hacer una plantación extensa, o si se van a hacer varias pequeñas con el mismo grupo de operarios, sobrevien-

drán problemas de contratación, organización, transporte y adiestramiento de trabajadores, así como problemas de dirección. La época de plantar es muy corta en ciertos climas, así es que el grupo de operarios deberá ser lo suficientemente grande para hacer el trabajo mientras dure el tiempo más favorable. Usando utensilios de mano, una cuadrilla de trabajadores puede plantar un promedio de 500 a 1.000 árboles en 8 horas, según sea la topografía del lugar, la densidad de su vegetación, la naturaleza del suelo, la manera como se ha preparado el terreno, etc.

Hay varias maneras de organizar las cuadrillas para las operaciones. De las varias organizaciones se adoptará la que dentro de las condiciones reinantes dé los mejores resultados. En algunas cuadrillas los plantadores trabajan en parejas, uno de ellos hace los hoyos y el otro, que le sigue de cerca y lleva los árboles en un balde, en una batea, saco o cesta (a propósito para conservar continuamente húmedas las raíces), los coloca en los hoyos y hace las demás operaciones. En otras cuadrillas cada operario hace todo el trabajo. En ambos casos la cuadrilla marcha más o menos de frente, o a un ligero ángulo (con el gufa de la cuadrilla un tanto más adelante que el resto del grupo), cada operario o cada pareja va guardando siempre la misma distancia que les separa del plantador que les queda del lado del gufa, a menos que al preparar el terreno se hubieran marcado de antemano las posiciones de las hileras. Los demás miembros de la cuadrilla van proveyendo árboles a los que plantan, cuidan de los arbolitos, y hacen otros trabajos necesarios.

Los hoyos serán lo suficientemente grandes y hondos para que quepan en ellos holgadamente las raíces de las plantas. Las raíces deben caber con comodidad en los hoyos, extendidas naturalmente y cubiertas en su totalidad, cuidando de que los extremos no queden vueltos hacia arriba, doblados o quebrados. Los arbolitos se plantarán a la misma profundidad a que estaban en el vivero, con el cuello de la raíz al nivel del suelo o un tanto bajo la superficie. Lo mismo si se colocan a demasiada profundidad que si no se entierran lo suficiente, se corre el riesgo de que las plantas se mueran; de ahí que se debe instruir a los sembradores a coger los arbolitos por el cuello de la raíz en el momento de plantarlos, a fin de que la mano sirva para indicar hasta dónde deben enterrarse. Las raíces deben cubrirse cuidadosamente con el mejor suelo de que se disponga, y debe afirmarse la tierra con las manos, cuando todavía el hoyo esté a medio llenar y luego con el talón o con el utensilio que se esté usando en la operación, una vez que el hoyo esté lleno. En esta forma se evitan los bolsones de aire alrededor de las raíces. Ya plantado, el árbol deberá haber quedado derecho y lo suficientemente firme para resistir la prueba del capataz o inspector, que tras las cuadrillas de sembradores va asegurándose de que la siembra está bien hecha, prueba que ejecuta agarrando al arbolito por la copa y tirando de él como si fuera a arrancarlo. Claro que no es necesario hacer esta prueba en todos y cada uno de los arbolitos sembrados, pero sí en un buen número de ellos.

**Cuidado de las plantaciones.**—Toda plantación bien establecida inicialmente requiere alguna clase de conservación. La manera más elemental de cuidarla es protegiéndola contra incendios y contra los animales. En la protección contra incendios pudieran hacerse necesarias la construcción de corta-

fuegos, patrullas de guardias durante los tiempos de sequía, y la pronta extinción de los fuegos que amenacen la plantación. Los cortafuegos se construyen de ordinario eliminando o enterrando por medio de arados o discos, todo material inflamable y dejando al descubierto el suelo mineral en fajas de 2 o más metros de ancho, que queden entre la plantación y las zonas más expuestas a incendios. Los cortafuegos se construirán de modo que no faciliten la erosión y se les debe dar atención una vez al año o más frecuentemente. Para protegerlas contra el ganado se puede, en algunos casos, reunirlos en manadas y atender a su pastoreo, pero por lo general, lo más práctico es cercar la plantación en forma de impedir que entre a ella.

El cuidado de una plantación requiere replantar al año o por lo menos en el segundo año, los lugares donde fracasó inicialmente. Debe examinarse cuidadosamente para determinar cuáles son los arbolitos que han prendido y cuáles son los que han muerto y necesitan reemplazarse con otros nuevos. Por lo general se considera que es suficiente con que prenda del 70 al 75 por ciento, siempre que los arbolitos que hayan fracasado estén convenientemente repartidos, de modo que no aparezcan grandes claros con árboles que tengan ramas laterales desproporcionadas, una vez crecido el monte. Sería necesario un mayor promedio de supervivencia si se trata de zonas protectoras en que la función de las copas de los árboles es esencial como valla contra el viento, y lo mismo en otras circunstancias en que es necesario un follaje exuberante y compacto.

En climas subhúmedos una de las más importantes operaciones de conservación consiste en la realización de labranzas periódicas para evitar la competencia de las malezas. Las cortinas de abrigo utilizadas en la defensa contra la erosión eólica y como protección de cultivos y poblaciones, requiere generalmente dos o tres labranzas al año para reducir esa vegetación. Hay que proseguir el cultivo por unos cuantos años, hasta que las copas de los árboles comienzan a juntarse, y a eliminar por sí mismas dicha competencia, mediante su propia sombra. Aun en las regiones de mayor humedad, cuando se siembran especies que, como en el caso de algunos árboles de madera dura, exigen del terreno condiciones que éste no les puede proporcionar, se consigue que los árboles sobrevivan a pesar de las malas condiciones y que crezcan más rápidamente si se cultiva bien la plantación en el primer año y, en ocasiones, en el siguiente. Si se prevee que será necesario cultivar los terrenos en pendiente, se aconseja hacer la plantación de árboles de modo que las hileras queden más o menos en curvas de nivel, facilitando de esta manera la conservación de la humedad y la reducción del peligro de erosión por las lluvias.

## **ORDENACIÓN ECONÓMICO-TÉCNICA**

Las dificultades, el tiempo y el costo que implica restaurar artificialmente las arboledas en terrenos denudados para conservar la humedad y el suelo, debiera enseñarnos a apreciar el valor de los bosques naturales todavía existentes, y la necesidad de cuidarlos y administrarlos debidamente para que ejerzan permanentemente su acción benéfica sobre los terrenos más bajos de la cuenca.

**La ignorancia, la negligencia y una codicia insensata conducen al despilfarro de los bosques que nos legó la naturaleza, hasta que las consecuencias nos demuestran la necesidad de su recuperación para la seguridad de la nación. La labor de reconstruir lo malbaratado con tanta indiferencia, es por lo común, larga, ardua y costosa. Cada año que transcurre antes de que la nación se dé cuenta cabal de las consecuencias de nuestras prácticas devastadoras y tome las correspondientes medidas correctivas, individual o colectivamente, hace que la labor sea muy difícil. El primer paso, y el de mayor importancia, es el de convencer al pueblo, a la brevedad posible, de la seguridad y de los beneficios económicos que proporcionan nuestros bosques y de los riesgos que su derroche nos acarrea.**

**En términos generales, la administración de bosques tendrá por objeto obtener los mayores beneficios económicos teniendo en cuenta la máxima y continua efectividad de la cubierta forestal, en la protección del suelo y de sus alrededores (incluso las propiedades más bajas en la cuenca), contra la erosión y el escurrimiento excesivo. El conocimiento de la manera específica en que los bosques conservan el suelo y la humedad es fundamental para proteger celosamente esa función.**

**Cuando hablamos de bosques nos referimos generalmente a un conjunto compacto de árboles y arbustos que cubren por completo una región, en donde sus copas se tocan y forman una bóveda cerrada. En un bosque como éste, las hojas, las ramas y los troncos de los árboles, los arbustos y otras plantas, despliegan una cantidad innumerable de pequeñas superficies, que constituyen en conjunto un área mucho mayor que la del terreno. Esta bóveda vegetal que alcanza con frecuencia más de 30 m. de espesor, es la primera línea de defensa contra el escurrimiento superficial y la erosión que éste ocasiona. La lluvia cae sobre esta techumbre y la azotan aguaceros torrenciales, pero debajo de ella el agua se desliza suavemente por los troncos o cae en gotas poco a poco sobre el suelo. Este tejido vegetal puede interceptar por completo hasta 13 mm. de lluvia.**

**Sin embargo, el principal baluarte contra la erosión está en el propio piso forestal. Sobre el suelo del bosque existe, en primer lugar, una capa de mantillo y humus que está formada por materia orgánica, hojas y raíces en diversos grados de descomposición. No es un manto liso, sino más bien una serie sin fin de pequeñas depresiones, que recorren el agua que penetra la techumbre vegetal y le impide correr por la superficie. Es como un cedazo a través del cual se cuela el agua y llega al suelo. Este importantísimo manto de materia orgánica influye también sobre el suelo de distintas maneras y lo hace más permeable. La superficie del suelo se mantiene húmeda y absorbente, aun en el invierno, cuando el suelo que está a la intemperie se hiela totalmente. Los ácidos orgánicos del humus reaccionan con el suelo y lo hacen más poroso, dándole una especial soltura. Además, el humus, bajo la superficie del piso forestal, constituye el principal ambiente de una vasta población de organismos importantes en la formación y conservación del suelo y en las acumulaciones de agua.**

**En una región poblada de bosques vírgenes no hay escurrimiento superficial**



**Figura 80.**—La entretrejida techumbre de un bosque virgen que se extiende casi de la superficie hasta las cumbres de los árboles más altos, constituye la primera línea de defensa contra el escurrimiento superficial y la erosión que éste ocasiona.

o hay muy poco y, naturalmente, no hay erosión. El agua que no se evapora o que la vegetación no utiliza, se escurre lentamente a través del suelo para alimentar los manantiales, las corrientes subterráneas o para suplir depósitos de agua más profundos. Esta asociación perfecta entre la vegetación, el suelo y el agua, junto a la abundancia de aire y de sol, preserva y renueva constantemente cada uno de los elementos que la integran.

**La densidad del follaje y las condiciones del suelo forestal que más se asemejen a las del bosque virgen, ya descrito, son condiciones necesarias para que el bosque rinda de manera continua su máxima producción de madera.**—Sin embargo, la administración forestal intensiva no se limita a lograr y a mantener en las mejores condiciones la densidad del follaje y el suelo del bosque, sino que comprende labores de cultivo, encaminadas a mejorar la calidad de las maderas que se producen, y por consiguiente su valor, y a regularizar la producción, a fin de que se facilite la recolección a los intervalos que se deseen. Tanto las labores de cultivo como las cosechas regulares de productos forestales, se pueden llevar a cabo sin que la influencia protectora de la cubierta forestal sobre el suelo y la humedad sufra quebranto alguno. Por consiguiente, no debe haber conflicto en la administración forestal entre los objetivos de protección y los objetivos económicos de producción; por el contrario, estos objetivos son mutuamente beneficiosos. La mayor parte de las actividades y prácticas que comprende lo que denominamos "administración forestal" se relacionan con ambas clases de objetivos.

**Protección contra incendios.**—La primera y más importante de las medidas de una buena administración forestal es asegurarse de que el bosque esté protegido contra incendios. Los daños del fuego, el mayor enemigo del bosque,

varían de acuerdo con la naturaleza de la cubierta forestal y la intensidad del incendio, desde daños de poca importancia hasta la destrucción completa de los beneficios, tanto protectores como económicos, no sólo para el presente sino para generaciones futuras. El fuego destruye la capa de materia orgánica de la superficie de la tierra, tan necesaria para la conservación del suelo y de la humedad y para la lozanía y el desarrollo de los árboles. Destruye los arbolitos y retoños y los arbustos y yerbas asociados, tan útiles al desarrollo y mantenimiento de la buena calidad de los terrenos y a su protección. El fuego puede destruir aun a los árboles más grandes, convirtiéndolos prontamente en inútiles para la producción o la protección, impidiendo a veces que se reproduzcan, y a menudo favoreciendo su sustitución por especies, que si bien son más resistentes al fuego, sus posibilidades económicas son muy inferiores. Aun cuando no extermino a los árboles más grandes, detiene su desarrollo, los deja lacerados y débiles, y les convierte en fácil presa de insectos y hongos que perjudican y destruyen su utilidad como productos mercantiles. Aun los fuegos superficiales, cuando se repiten con frecuencia, reducen el número de árboles y ocasionan pérdidas que llegan hasta el cincuenta por ciento del valor o del volumen del bosque, en regiones extensas, mediante un proceso de desgaste que apenas se nota. En algunos casos los incendios repetidos convierten en matorrales a bosques de especies valiosas, o en desgarradas arboledas sin ningún valor comercial. Los efectos ocasionados por fuegos anteriores, con frecuencia hacen más agudo el problema de proteger los bosques contra riesgos futuros.



*Figura 81.*—Los grandes fuegos pueden convertir a los bosques que ofrecen mayor protección al suelo y dan mayor rendimiento, en parajes desolados y crecidos que provocan, en las tierras más bajas, un aumento del escurrimiento, de sedimentos y gravas.

El lema "cuando se incendian los bosques todo el mundo se perjudica", que se acostumbra poner en los carteles de propaganda contra incendios, no dice más que la verdad, puesto que, prescindiendo de los derechos de propiedad, la tierra forestal es de una importancia vital para todo el pueblo, de donde resulta que el público debe asumir su parte de responsabilidad en el problema de proteger contra incendios a los bosques. El descubrimiento y la extinción de los fuegos forestales por parte del público, junto al esfuerzo de los dueños de fincas, de los que en ellas trabajan y de otras personas, serían lo suficientemente eficaces y efectivos para proteger las tierras arboladas, especialmente cuando se trata de muchas plantaciones relativamente pequeñas.

**Protección contra el pastoreo.**—El pastoreo de animales domésticos merma en mayor o menor grado tanto la capacidad productiva como la utilidad protectora de los bosques, según su clase. Los efectos del pastoreo son menos sensibles en el caso de plantaciones de ciertas clases de coníferas en que los árboles se reproducen naturalmente espaciados, sus copas no forman una techumbre, la vegetación normal entre los árboles se compone de pastos, hierbas y arbustos que tienen mayor o menor valor forrajero. Estas clases de coníferas se dan en terrenos de reciente formación geológica, donde el clima es subhúmedo, o si es húmedo, su precipitación pluvial es en ciertas estaciones deficiente. El amplio espacio que media entre estos árboles parece estar relacionado a ciertas deficiencias del suelo y de la humedad. Esta clase de coníferas abunda en las tierras de laderas, por lo que hay que depender más de las hierbas que crecen en el suelo que del manto de desechos de los propios árboles para conservar el



**Figura 82.**—El pastoreo en bosques de maderas duras reduce su valor productivo y protectorio.

suelo y la humedad. La cubierta de pastos es a menudo escasa en comparación con la de las praderas, y su eficacia en la conservación del suelo y la humedad se menoscaba rápidamente con el pastoreo. La reglamentación del pastoreo, especialmente si ésta se hace a base de rebaños adecuados, es una práctica de importancia en terrenos forestales de la clase descrita. Las facilidades de transporte son por lo general inadecuadas, y con un buen sistema de pastoreo, el pisoteo del ganado no hará, de ordinario, que se endurezca el suelo en forma perjudicial. La reproducción del bosque puede, hasta cierto punto perjudicarse, pero no se malogrará si se pone en práctica un buen sistema de pastoreo.

En todas las demás clases de bosques, la explotación intensiva deberá evitar que éstos se usen también para pasto. En el caso de bosques de coníferas en suelo arenoso y relativamente llano, podría ser justificable que dichos terrenos se usaran para la producción de madera a la vez que para el pastoreo de ganado bajo un sistema extensivo de explotación. Aun así, ambos usos simultáneos compiten entre sí. La reproducción de las coníferas y los matorrales tiende a invadir las zonas de hierbas apetecidas por el ganado que hay entre los árboles más viejos. Las quemazones reguladas para reducir los efectos de la invasión, tienen un efecto depresivo en el desarrollo de los árboles más viejos a la par que reduce notablemente la reproducción de los forrajes. La conveniencia de no dedicar los bosques al pastoreo es aplicable de manera especial a otras clases de coníferas en laderas susceptibles a la erosión, a los bosques que cuentan entre sus componentes con maderas duras de algún mérito, y en términos generales, a los bosques explotados de manera intensiva.

Los resultados perjudiciales del pastoreo pueden ser varios. El pisoteo del bosque reduce la eficacia de las capas de materia orgánica en la protección del suelo, en la conservación de la humedad, y en la nutrición de las plantas. En particular, las capas orgánicas en los bosques de maderas duras pueden ser destruidas por el pisoteo, dando paso a una cubierta herbácea que no estará en armonía ecológica con la arboleda en condiciones normales, o podrá dejar al suelo relativamente exento de protección. El suelo de los bosques usados para pastoreo es moderadamente más compacto que el suelo de clase similar de aquéllos que no se usan con ese fin. Esa diferencia reduce más aún la permeabilidad del suelo y los efectos beneficiosos del bosque sobre las tierras más bajas de la cuenca, así como influye también de manera adversa sobre el régimen fluvial de la misma localidad en donde está ubicado. El ramoneo y las lesiones mecánicas pueden eliminar toda reproducción de las especies convenientes.

En cualquier forma que se efectúe el pastoreo es imposible evitar lesiones mecánicas, lo que gradualmente afecta hasta los árboles más viejos, su desarrollo es más lento y llegan a ser más susceptibles a las sequías y a las enfermedades. Además, las especies de calidad inferior, que sufren menos por el pastoreo o que se adaptan mejor a las condiciones adversas, pueden invadir totalmente el monte.

La protección efectiva de los bosques es relativamente sencilla una vez que se comprende la necesidad y las ventajas de esa protección. Para evitar el acceso del ganado se recurre al cuidado de éste formando hatos o construyendo alambrados. Cuando se trata de ovejas, cabras o cerdos, puede que tenga que usarse alambre tejido; en los demás casos bastará con alambre de púas.

En ciertos casos en que se necesiten barreras provisionales, los alambrados eléctricos dan buen resultado.

**Clareo.**—El término general de clareo, o corta de mejoramiento, se aplica al corte inicial de árboles, que se efectúa por lo general en bosques vírgenes o en talares sujetos a una explotación forestal. Los fines de esta corta son varios, y se refieren primordialmente al logro de la máxima producción económica. En todo bosque hay árboles cuya permanencia no produce ni promete beneficio alguno. Entre éstos se cuentan los que por sus grandes copas y su tosco ramaje ocupan más del espacio razonable que les corresponde en el bosque y obstruyen el desarrollo o crecimiento de árboles pequeños mejor dotados; los que no han de aumentar rápidamente ni en volumen ni en valor, aun dándoles más tiempo u oportunidad para desarrollarse, debido a su conformación inapropiada, o a su crecimiento muy lento, o a su especie inapropiada, o por estar demasiado estropeados o muy enfermos; los árboles chicos que con toda probabilidad no llegarán hasta la próxima corta; aquellos que por estar amontonados limitan mutuamente su crecimiento; las plantas de calidad inferior que obstaculizan el desarrollo de las de calidad superior; y los viejos cuyo valor va disminuyendo en vez de aumentar y que no se necesitan para semilla. Todos los árboles descritos deberán eliminarse al efectuarse clareos, siempre que esto se pueda hacer de manera económica y sin dejar



**Figura 83.**—Los efectos del pastoreo, impidiendo la reproducción de maderas duras, se manifiestan claramente en el contraste que ofrecen ambos lados del alambrado, entre una propiedad forestal pastoreada y otra en la que tal práctica no se realiza.



*Figura 84*—El corte metódico aumenta la producción y el valor de los bosques.

huecos grandes y peligrosos en la cubierta de la arboleda. En algunos casos valdría la pena extirpar los árboles inservibles de madera dura, efectuándoles un corte anular o envenenándolos, más bien que cortándolos. Dicha práctica es especialmente aplicable en el caso de árboles de muy poco o ningún valor económico, o en caso de que la caída de ellos causare grave daño a los árboles jóvenes valiosos. No se recomiendan, por lo general esas prácticas, porque pueden acarrear graves peligros de incendio.

Es necesario, por lo general, que los árboles que se van a eliminar, sean marcados de antemano por una persona conocedora o que por lo menos se efectúe bajo su dirección personal. Los clareos producen generalmente suficiente madera, la mayoría de baja calidad, para cubrir los gastos, por lo que el beneficio que reporta será una ganancia neta para la producción futura. Una vez que el arbolado llega a un buen estado de desarrollo con árboles obtenidos naturalmente, o como resultado de los clareos, las cortas futuras se deberán combinar con la recolección periódica de los árboles.

**Desmalezado.**—El desmalezado es un clareo especial que tiene por objeto estimular la supervivencia y desarrollo de las especies y los árboles de mayor utilidad en las arboledas de reproducción densa y reciente. En estos casos, los vástagos más útiles están con frecuencia en minoría y expuestos a la extinción por parte de árboles vecinos de más rápido crecimiento, pero de menos utilidad. La acción de liberarlos de la competencia descrita, mediante el desmoche o la corta de los individuos de clase inferior que crecen en sus alrededores, se llama desmalezar. Dicha operación se puede hacer con hachas, podones,

machetes, o simplemente con las manos, ya que los arbolitos que se cortan o desmochan son, por lo general, pequeños. El desmalezado no produce madera de valor para el mercado. Su justificación está en el provecho que de ella se deriva al mejorar la futura producción del bosque.

**Raleos.**—Los arbolados se desarrollan a menudo tan densos, especialmente cuando los árboles son de una misma edad, que el crecimiento, aun de los individuos más útiles, se reduce materialmente. En tales circunstancias, es menester hacer un claro de tipo especial llamado raleo o entresacado, para mantener un promedio satisfactorio, y para concentrar la producción en los individuos del bosque que la constituirán posteriormente. Los bosques reproducidos naturalmente empiezan a menudo con millares de retoños o renuevos por hectárea; sin embargo, al llegar a su madurez, el mismo terreno puede que sustente sólo de 100 a 500 árboles adultos. Esta reducción tan grande se efectúa en forma natural por el proceso de supervivencia de los más aptos. La competencia que se desarrolla durante la existencia del bosque es hasta cierto punto provechosa, pues fomenta el desarrollo de buenas formas y la escamonda natural de ramas laterales, pero también reduce las oportunidades de crecimiento, aun de aquéllos que salen gananciosos de la contienda. Por otra parte, los árboles destinados a triunfar en la competencia no son necesariamente los que pueden rendir el mayor beneficio por hectárea. El raleo tiene por objeto anticipar o modificar en cierto modo este proceso natural, reteniendo las ventajas de la densidad a la par que reducir las desventajas. Si hay necesidad del raleo, éste se empieza, ordinariamente, tan pronto como pueden utilizarse los materiales extraídos, o puedan éstos resarcir de los gastos en que se incurra. La operación de raleo se repite periódicamente, mientras dure la arboleda y haya necesidad. A veces es conveniente efectuarla aun antes de que los árboles alcancen el tamaño en que se utilizan, como una inversión para la producción futura.

**Podas.**—Como ya se ha indicado, las ramas más bajas de los árboles, tienden de por sí a morirse y desmenuarse, particularmente en los bosques densamente poblados. Esta tendencia natural difiere mucho según las especies. La madera que se obtiene de los troncos que conservan ramas o retienen muñones, resultará nudosa cuando salga de los aserraderos. Valdría la pena, pues, quitar las ramas inferiores a los troncos en el caso de las especies que tienden a retenerlas por mucho tiempo, o en el de árboles que crezcan en arbolados poco poblados. El producto final aumentará en valor, si no tiene nudos. Esta operación se practica ordinariamente en árboles de 10 a 25 cm. de diámetro, cuidadosamente seleccionados, como los que probablemente han de crecer hasta el tamaño propio de cosecha. Este trabajo se hace preferiblemente a mano, o con el serrucho o sierra de pértiga, desde tierra o sobre escalerillas. Las ramas se cortan lo más cerca posible del tronco, pero sin hacer daño a la corteza de éste. Los árboles que vayan a podarse deberán tener ramas pequeñas, ya que los cortes de más de 5 a 8 cm. de diámetro, pueden dejar al descubierto el duramen, más susceptible de podrirse, o retardar la cicatrización de la herida, ocasionando acaso deformaciones graves. Pueden podarse todas las ramas muertas de la parte inferior del tronco y algunas de las ramas bajas, aun cuando estén vivas.

Por lo general, la poda de las ramas de las dos o tres quintas partes del tronco de un árbol, no afectará sensiblemente su promedio de crecimiento, según la especie y la proporción de ramas vivas remanentes. La poda se podrá hacer en ciertos casos en una sola vez; en otros será necesario hacerla en dos o más operaciones a intervalos de algunos años, durante los cuales los árboles aumentan su tamaño, con lo que se logra hacerla hasta la altura deseada. La poda deberá orientarse hacia la obtención de una o dos trozas completas de tamaño normal, de otra manera no se obtendría todo el beneficio que se espera.

La práctica de la poda en los casos en que con ella se aumenta materialmente el valor de los productos del bosque, beneficiaría indirectamente la conservación del suelo y de la humedad, puesto que esto daría al dueño mayores incentivos para mantener bosques en sus tierras. Lo mismo puede decirse de las demás prácticas que para la mejora del bosque hemos explicado



**Figura 85.**—Las operaciones de raleo y poda a menudo se combinan para estimular el máximo desarrollo de madera valiosa en los troncos escamondados.

**Cosecha.**—El método que se emplee para cosechar los productos del bosque influye mucho no sólo en los beneficios económicos que se derivan del uso del terreno, sino también en la eficacia de la cubierta forestal en la conservación del suelo y de la humedad. Los métodos de recolección varían desde las distintas formas de corta por selección, hasta la corta total o sus modificaciones. Cuando la clase de bosque y las condiciones silvícolas lo permiten, la forma ideal de hacer la cosecha es mediante una corta selectiva a intervalos regulares y frecuentes de los árboles que se seleccionan por haber llegado al estado de

madurez económico, así como aquéllos que deban eliminarse para el mejoramiento del arbolado, para llevar a cabo el raleo o para fines de salvamento.

La corta selectiva no deja de tener sus inconvenientes prácticos, especialmente si se la compara con formas modificadas de la corta total. La corta selectiva no dará resultado en ciertas clases de bosques, como aquéllos que se caracterizan por especies que el viento derriba con facilidad, por especies que requieren luz solar completa para su reproducción, o por especies inferiores, de capacidad reproductiva mucho mayor que las especies útiles. Además, puesto que la cantidad de los productos que se obtienen en cada corta selectiva es cada vez menor, los bosques en que se emplea este método de recolección deberán ser mucho más accesibles que la generalidad y el valor de los productos deberá ser relativamente más alto. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, las ventajas económicas derivadas de la corta selectiva exceden con mucho sus desventajas.

Las ventajas de protección que tiene la corta selectiva sobre la corta total son menos ostensibles y por lo general menos directas. La corta selectiva no altera mayormente el dosel del bosque, y la desintegración de la capa orgánica del suelo forestal es poca. Estos baluartes que defienden el suelo contra la erosión y contra el escurrimiento excesivo mantienen completa su efectividad. Si tras la corta total viene inmediatamente una reproducción completa, estas



*Figura 86.*—Las cortas selectivas ligeras y frecuentes no causan grandes aberturas en la frondeidad del bosque y las influencias protectoras de la cubierta forestal se mantienen en completa efectividad.

influencias protectoras permanecerán igualmente efectivas. Por desgracia, la reproducción completa después de una corta total se retarda a veces por largos períodos. Una de las peores consecuencias de la corta total recae en la actitud del propietario, de la gente de la localidad y de las demás personas, hacia el bosque devastado, especialmente en lo que se refiere a la manera de tratar luego la tierra. Después de haberle sacado al terreno cuanto madero comerciable tenía, muchos de los árboles que aún no tienen edad y condiciones para el mercado, si no todos, quedan muertos o echados a perder enteramente con el corte y transporte de las trozas, y el terreno se cubre de las copas, los recortes y demás escombros de los árboles, lo que presenta un cuadro de desolación y da la impresión de que la región es totalmente inútil. Y así lo es en realidad en lo que respecta a la producción futura durante largo período. El dueño que no espera sacar otra cosecha de madera de esa tierra, se muestra más o menos indiferente hacia el porvenir de la misma. Por lo general la gente de la localidad considera esos terrenos ya inservibles, algo que ofende a la vista y que acaso el fuego puede arreglar. Las regiones cuyos bosques son objeto de una corta total se exponen con frecuencia a quemas desastrosas, al pastoreo excesivo, a erosiones severas, y a otras formas o consecuencias del mal trato o del descuido. Por el contrario, un bosque que se corta por el método de selección continúa siendo de valor positivo para el propietario y para los demás, y por lo tanto es más probable que reciba alguna protección y algún cuidado. La regla práctica debe ser que el volumen de árboles cortados en cada período de recolección sea igual al volumen de crecimiento que ha ganado el bosque en árboles cosecheros desde la recolección anterior. En caso de que el bosque no esté lo suficientemente poblado, su densidad se aumentará gradualmente cortando un volumen menor que el volumen de crecimiento periódico. Por el contrario, si el bosque está superpoblado, se podrá cortar inicialmente un poco más de ese crecimiento periódico.

Cuando la cantidad de la corta está limitada por el crecimiento, la frecuencia máxima de dichas cortas se determina por factores de orden económico, especialmente el volumen mínimo por hectárea que pueda obtenerse del bosque con rendimiento de utilidades. Desde el punto de vista de la silvicultura, la mayor frecuencia posible es lo más aceptable. A menudo, el intervalo de una corta a otra en la misma parcela, o sea el "ciclo de cortas" puede ser hasta de sólo 3 ó 5 años. Diez años se considera la máxima extensión que puede tener un ciclo si ha de rendir todavía el mayor beneficio silvícola. Si se quieren hacer cortas anuales para hacer estables los empleos y, hasta cierto punto, los ingresos, se podrá dividir el bosque en tantas parcelas como años tenga el próximo ciclo de cortas. Entonces se podrá cortar una parcela cada año. Una vez que se haya logrado la distribución más conveniente de los árboles por tamaños, se podrá normalizar más o menos aproximadamente hasta la cantidad de producción anual.

Los árboles adultos tumbados en una corta selectiva son, por lo común, de las clases más grandes. Los árboles seleccionados para la corta deberán ser aquéllos ya adultos que crecen con más lentitud, o que menos beneficio prometen. No conviene ceñirse estrictamente a los límites de diámetro, ya que esto no deja que se aproveche la variación en el promedio de desarrollo entre dife-



**Figura 87.**—Los métodos recomendados para la protección de la vegetación forestal interesan principalmente a los propietarios por su influencia en el aumento de la renta que derivan de los bosques.

rentes árboles del mismo tamaño y aun de la misma especie. En la corta de recolección los árboles que se vayan a cosechar deberán marcarse de antemano bajo la dirección de un perito en la materia. A menos que el dueño en persona vaya a dirigir la corta, deberán hacerse dos marcas en los árboles seleccionados: la una a la altura de la talla de un hombre, siempre en el mismo lado de cada tronco para que los aserradores los localicen con facilidad; y la segunda, en caracteres distintivos, en la base del árbol, más abajo de la altura del muñón, para cerciorarse luego de la corta si los aserradores procedieron de acuerdo con las marcas.

**Planes de administración.**—La administración inteligente de una propiedad forestal, sea grande o pequeña, comprende la formulación de planes para el porvenir. La cosecha forestal requiere un período de 30 a 150 años y aun más, para crecer desde la semilla hasta la recolección, y el tratamiento que se dé al bosque en distintas épocas, empezando desde los comienzos de dicho período, puede influir materialmente en la cantidad y la calidad de la cosecha. Las propiedades cambian de dueños en el curso de tan largos períodos de tiempo, y los planes excelentes de un administrador anterior pueden perderse de vista si no constan escritos en un plan de administración. Aun en el curso de una misma administración, los planes serán de más utilidad si están escritos.

Dichos planes comprenden por lo general mapas y descripciones de la propiedad; el sitio, edad y naturaleza de los distintos arbolados y demás información histórica y descriptiva correspondiente al bosque. Deberán asimismo esbozarse en ellos los fines que persigue la administración y los procedimientos

o métodos que se emplearán para lograrlos. Conviene incluir en ellos los detalles relativos a varias clases de cortas y datos corrientes, respecto al volumen de producción. También son importantes los planes que se seguirán para proteger el bosque, para cuidar de las mejoras efectuadas en el mismo, como caminos, senderos, cercas y construcciones, como para sembrar los árboles adicionales que se consideren necesarios. Se podrán incluir datos acerca de los mercados y los productos vendibles. Los inventarios de arbolados de calidad superior son de particular importancia para los administradores de bosques que quieren aprovechar las ocasiones que se presentan de vender productos especiales a precios más altos que los corrientes.

**Apreciación del valor de los bosques.**—Quizá la parte más difícil de la labor de los silvicultores públicos en relación con la conservación del suelo y de la humedad sea de naturaleza educativa. Es necesario que los propietarios y administradores de bosques y el público en general tengan una justa apreciación del valor y los beneficios, tanto económicos como protectores, que de los bosques se derivan. Por lo general, a los dueños y administradores les atraen principalmente los beneficios económicos; de ahí que los objetivos de la conservación del suelo y de la humedad deberán conseguirse mediante la aceptación por parte de ellos de un método de administración forestal que les permita obtener del bosque los mayores beneficios económicos posibles.

Para llevar a feliz término la labor pública de mejoramiento administrativo de los bosques, se considerarán las tres medidas siguientes. Labor educativa de carácter general que incluya demostraciones prácticas en fincas típicas sobre los beneficios que se derivan de una buena administración. Esta labor, hecha generalmente en cooperación con propietarios y administradores particulares, llegará hasta unos pocos propietarios de bosques, resultará en algún mejoramiento de las prácticas forestales que emplean, perfeccionará su técnica, les dará experiencia y tenderá a estimular su interés. La segunda medida deberá proveer ayuda forestal técnica a cuantos propietarios y administradores tengan interés en mejorar la administración de sus propiedades forestales. Si las posibles mejoras en la administración forestal, comparadas con las prácticas en vigencia, son suficientes para justificar que se emplee el esfuerzo público para lograrlas, la combinación de estas dos medidas durante algunos años deberá resultar en la adopción de los métodos más aceptables de administración en la mayoría de las propiedades forestales. Cuando se lograra una mayoría y fuera imposible hacer mayores adelantos usando las dos medidas mencionadas, entonces los procedimientos democráticos franquearían el camino hacia el tercer paso, siempre que el interés público en la aplicación de una mejor administración justifique medidas ulteriores. La tercer medida sería entonces invocar la reglamentación pública para imponer a la minoría restante la obligación de cumplir con las prácticas forestales que se consideran necesarias para el bien general.

## Capítulo V

### EROSIÓN DE LOS CAMINOS Y TERRENOS ADYACENTES

**H**AY MILLONES DE CAMINOS públicos en el mundo. Necesariamente, estos caminos cortan los terrenos en ángulos diversos y desvían la dirección natural del escurrimiento. Al interceptar el curso natural de las aguas, a menos que se protejan y conserven las cunetas de los caminos en buen estado, se formarán hondas cárcavas paralelas a aquéllos y, en consecuencia, los campos adyacentes se llenarán de estrechas zanjas erosivas. Con frecuencia los despojos que provienen de esas cárcavas y de las cunetas se depositan en las buenas tierras agrícolas y cuando no se pone cuidado especial para proteger y conservar los desagües en buen estado y para diseñar y colocar en sitios apro-



*Figura 88.*—Estas cárcavas, que se inician en el talud de los caminos, pronto penetrarán en la siembra de maíz. Como ésta, hay muchas que comienzan en los taludes a orillas de los caminos.



**Figura 89.**—Las corrientes de los terrenos adyacentes han convertido el camino en un barranco.

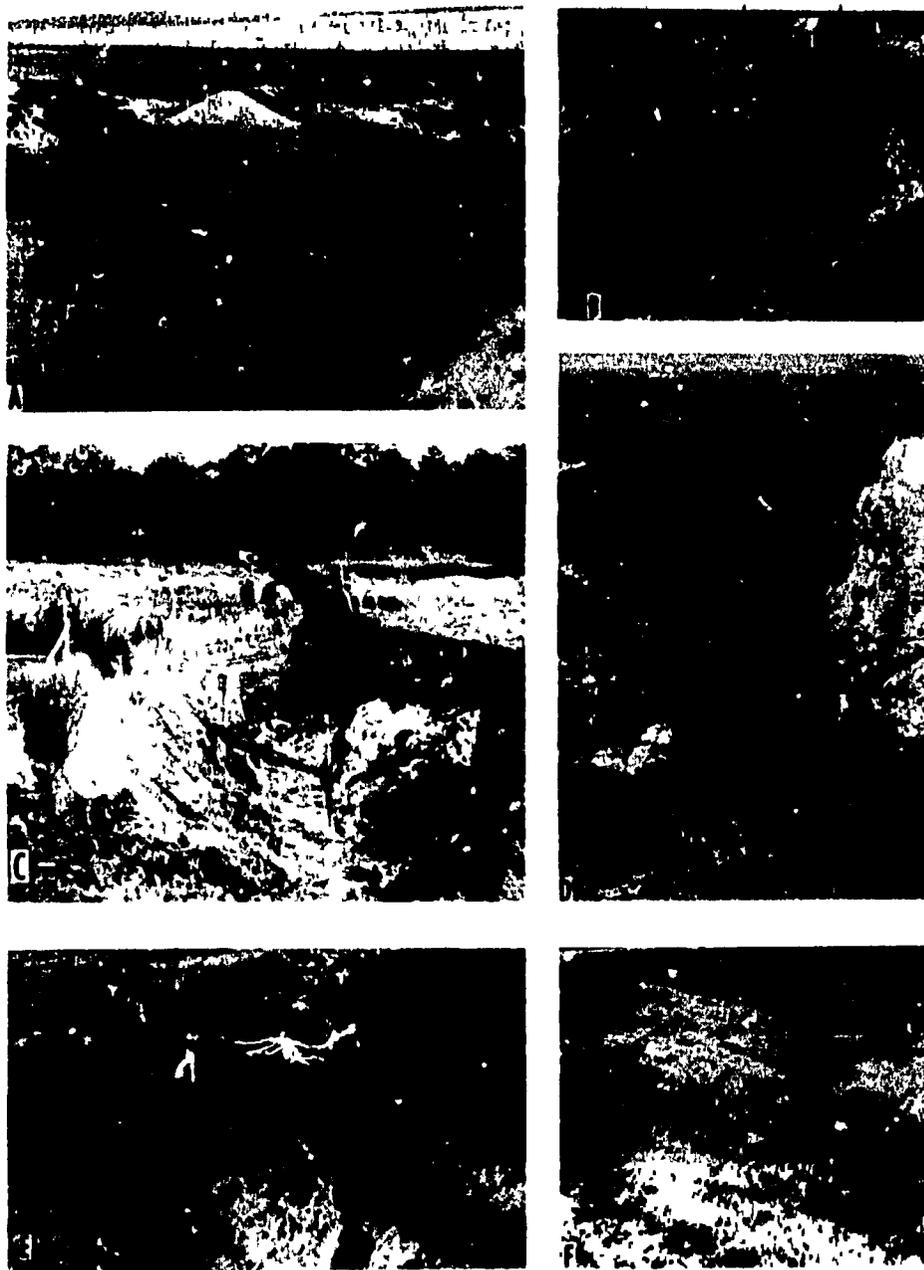
piados las alcantarillas, las corrientes formarán cárcavas en los campos a lo largo de los caminos (figuras 88 y 90).

El escurrimiento de los caminos deteriora las tierras y el de éstas destruye los caminos (figura 89). Las cárcavas profundas a orilla de los caminos son a menudo efecto de las corrientes no reguladas de los terrenos contiguos.

La responsabilidad de conservar todas las carreteras importantes suele tenerla el gobierno. Muchas de las oficinas encargadas de los caminos comprenden que la erosión les causa grandes daños y que la construcción moderna de caminos presenta nuevos problemas sobre la erosión, por lo que ésta se ha considerado factor importante en el trazado de caminos durante los últimos años.

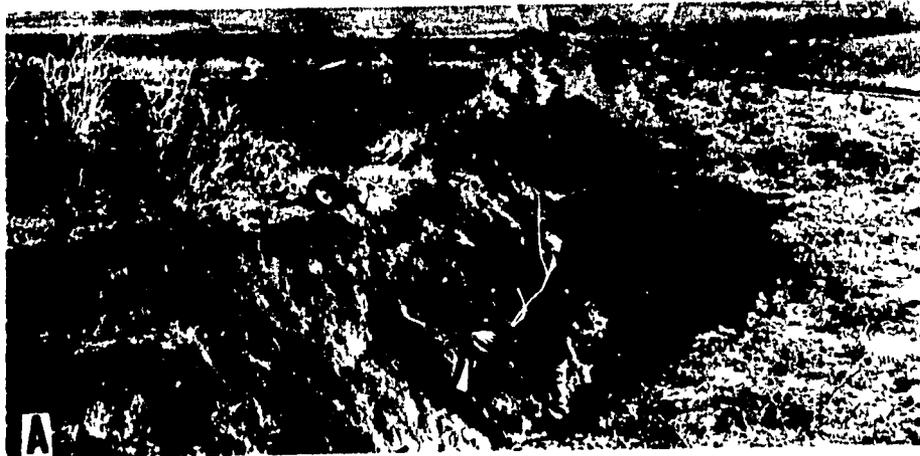
Los agricultores y el público en general se beneficiarán considerablemente si los terratenientes, en colaboración con las dependencias pertinentes del gobierno, aportan sus esfuerzos para proteger y conservar en buen estado las cunetas de los caminos. Una cuneta que no se proteja y conserve puede convertirse en una cárcava peligrosa que destruirá el camino y devastará los terrenos adyacentes. Cuesta mucho menos proteger y conservar en buen estado las cunetas para evitar la erosión, que tenerlas luego que rellenar y sembrar de césped. (Figuras 91 y 92.)

Al construir las carreteras modernas en terrenos desiguales hay que cruzar los cerros y colinas y rellenar los valles para que el público disponga de caminos transitables y seguros en cualesquiera circunstancias. Estas modernas vías de tránsito, con leves inclinaciones y con alineación y trazado mejorados, exponen



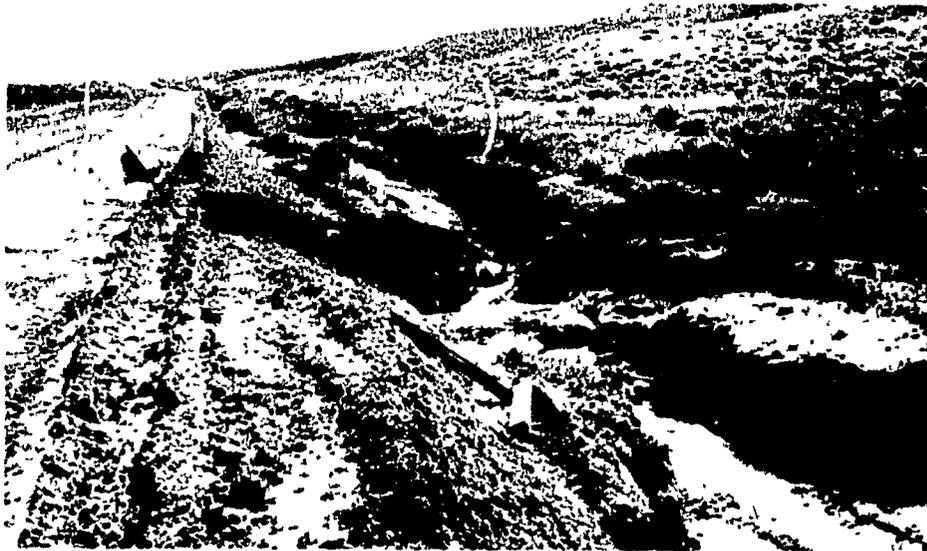
**Figura 90.**—Los medios incorrectos de encauzar las corrientes de los caminos ocasionan la devastación de las tierras: *A*, erosión a la entrada de una alcantarilla; *B*, erosión a la salida de una alcantarilla; *C*, el agua de esta pequeña alcantarilla ha hecho un enorme barranco más abajo de la misma; *D*, terrenos excelentes devastados por las corrientes del camino mal encauzadas; *E*, al construir esta alcantarilla no se protegió contra los efectos de la erosión el sitio donde desagua; *F*, para evitar la erosión se sembró grama de Bermuda (*Cynodon dactylon*) en el sitio de desagüe después de rellenarlo.

grandes extensiones del subsuelo, susceptibles a la erosión. Esas superficies deben protegerse con vegetación para impedir la erosión a ambos lados de las carreteras. (Figuras 93, 94-A y 95.) La siembra debe hacerse al tiempo de construirlas para no aumentar los gastos de las agencias gubernamentales de conservación.



*Figura 91.*—*A*, la cuneta se ha convertido en una profunda cárcava activa. *B*, se ha sembrado grama de Bermuda en ella rellenándola y suavizando los taludes previamente para proteger con este procedimiento tanto la carretera como los terrenos adyacentes contra los efectos de la erosión.

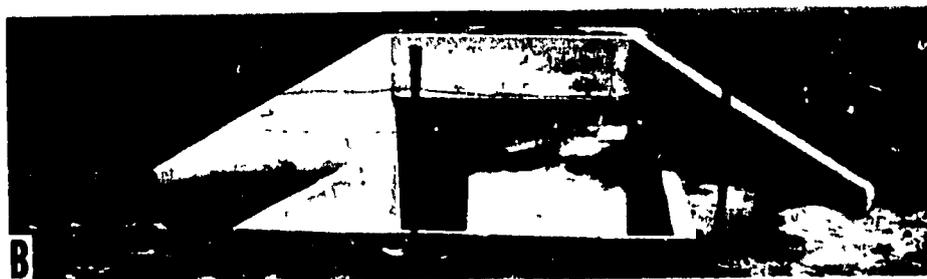
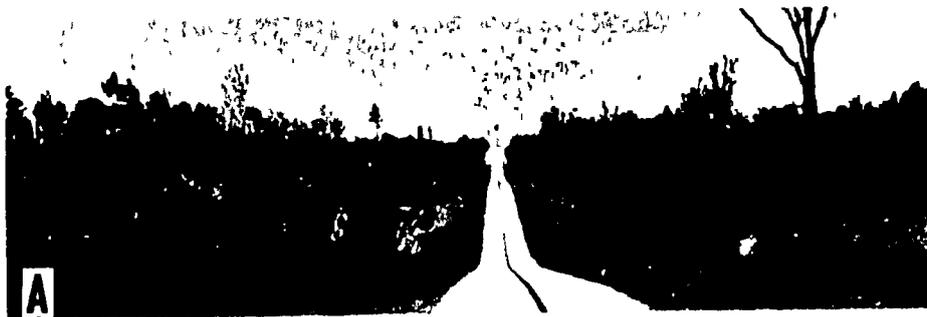
En la construcción de alcantarillas se están introduciendo diseños mejorados que impiden la erosión, habiéndose proyectado modelos especiales para adaptarlos a circunstancias específicas.



**Figura 92.**—La ausencia de medidas de protección contra los efectos de las corrientes en los sitios por donde pasa la carretera ocasiona la formación de cárcavas que devastan las tierras y aumentan los gastos de conservación de los caminos.



**Figura 93.**—Las cárcavas de la carretera cruzan bajo los alambrados y se extienden a los campos adyacentes.



**Figura 94.**—A, ocurrirán daños considerables a menos que se protejan con vegetación los lados de las carreteras dejados al descubierto al construirlos. B, alcantarilla especial para recoger las corrientes y evitar las cárcavas activas en los terrenos adyacentes (Figura 90-A). C, esta alcantarilla especial, en construcción hará detener la erosión que ha venido socavando este puentecito. D, se removió el puente. La alcantarilla especial ya terminada reducirá los gastos de conservación y protegerá las tierras adyacentes contra la erosión.



**Figura 95.**—Mejoras efectuadas en la parte de carretera que ilustra la figura 93. Por última vez, que fué la cuarta, se movió hacia atrás el alambrado.

## Capítulo VI

# TERRAZAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA

**E**N LA PRODUCCIÓN DE LA industria agropecuaria los agricultores tienen ante sí el problema de la conservación del suelo y de las aguas pluviales cuando utilizan terrenos inclinados. La importancia de este problema ha pasado inadvertida en el pasado y la pérdida constante del suelo por efectos de la erosión ha inutilizado enormes extensiones de terrenos apropiados para cultivar con provecho. Ese proceso continuará y todos los años se abandonarán otros terrenos. Es preciso que los agricultores adopten prácticas de conservación del suelo en los terrenos inclinados expuestos a la erosión antes de que pueda establecerse un tipo económico de agricultura.

Los primeros agricultores introdujeron el uso de las zanjas en las laderas para combatir la erosión. Las zanjas resultaron inadecuadas, pero la idea de interceptar sistemáticamente el escurrimiento de los terrenos inclinados dió origen al sistema de terrazas. El desarrollo del sistema, tal como se recomienda hoy, ha necesitado muchos años de práctica, extensas observaciones y estudios sobre el terreno, y numerosas modificaciones en los métodos de construcción. Cuando las terrazas se diseñan y utilizan en forma adecuada y se ajustan a las prácticas de cultivo generalmente aceptadas, constituyen una de las medidas más eficaces para combatir la erosión en las tierras cultivables. Cuando se construyen defectuosas o no se ajustan a las prácticas agrícolas correctas, con frecuencia aceleran la erosión en vez de retardarla.

En este capítulo se expone la información más reciente sobre la construcción y mantenimiento de las terrazas en forma coordinada con otras prácticas recomendadas para la conservación de los suelos. Los datos que se citan se basan en los estudios sobre terrazas efectuados por el Servicio de Conservación de Suelos en todas las regiones agrícolas de importancia de los Estados Unidos de América.

El factor básico que es preciso considerar cuando se apliquen medidas para detener la erosión, es el uso apropiado del terreno. Éste, efectuado con arreglo a su capacidad productiva, es la norma para decidir las zonas o campos que requieren el sistema de terrazas. (Véase el Capítulo II.)

En los campos dedicados a cultivos, debe adoptarse el uso de terrazas, dondequiera que el escurrimiento y la erosión no puedan detenerse por medio de la vegetación o de las prácticas convenientes en la rotación recomendada

(figura 96). En las tierras inadecuadas para cultivos no deben emplearse terrazas, salvo en casos especiales; por ejemplo, en las tierras agotadas por labranzas inadecuadas, las terrazas pueden servir de ayuda para establecer una vegetación permanente. En estos casos, las terrazas son medidas de carácter transitorio, por lo que pueden construirse con menor cuidado que el requerido por un sistema permanente. La experiencia enseña que el uso de terrazas en terrenos inadecuados para la labranza redundaría en costosos fracasos. El costo original y la conservación subsiguiente son elevados, debido a las pendientes acentuadas, a la erosión, o a las condiciones adversas del terreno. Los altos costos de construcción y mantenimiento y las cosechas notablemente reducidas, harían evidente que una utilización menos intensa de la tierra dedicándola a pastos, praderas o bosques, resultaría en mayores utilidades netas.

### SISTEMAS DE TERRAZAS Y MEDIDAS AGRONÓMICAS DE PREVENCIÓN

El uso de terrazas no está justificado, en el sentido económico, si las tierras cultivables pueden protegerse con otras medidas de conservación del suelo menos costosas. Medidas agronómicas tales como labranzas en contorno, rotación de cultivos o cultivos en fajas, es todo cuanto se necesita en muchas áreas en declive. Estas medidas pueden servir de protección en las regiones donde la intensidad de la lluvia es poca y las tierras absorben las lluvias con rapidez; donde el suelo es resistente a la erosión y el declive es leve; y donde



**Figura 96.**—Erosión superficial que ha degenerado en surquillos y canales, etapa inicial de las cárcavas de los campos.

puede emplearse la rotación de los cultivos para proporcionar una cubierta vegetal antierosiva durante una parte considerable del ciclo de rotación, particularmente durante las estaciones de lluvia. Sin embargo, en los campos donde prevalezcan las tierras de fácil erosión, con extensos declives o que sufran lluvias intensas, y por consiguiente haya necesidad de establecer rotaciones de corta duración para obtener utilidades adecuadas en las granjas, las medidas agronómicas serán sólo parcialmente efectivas. En esos casos, deberán ser reforzadas con sistemas de terrazas las que son una medida mecánica de corrección para poder obtener una adecuada protección contra la erosión.

Las terrazas deben suplementarse siempre con las mejores prácticas de cultivo, ya que de por sí no mejoran la fertilidad. Las terrazas, sin embargo, conservan los fértiles suelos superficiales, retienen las valiosas semillas y las aplicaciones de cal y abono. Estos hechos justifican la expectativa de que el cultivo de tierras sistematizadas con terrazas producirá mejores rendimientos durante varios años, que aquéllos donde no se utilice este sistema, los que pueden perder sus cualidades productivas rápidamente por efectos de la erosión (figura 97).

## **PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA EN LAS TERRAZAS**

Las lluvias que caen con gran violencia frecuentemente producen considerable arrastre del suelo que se deposita en las depresiones y corre por las laderas. Cuando las corrientes alcanzan velocidades de 60 a 90 cm. o más por segundo, por lo regular arrastran y transportan las capas superficiales de los campos desprovistos de protección vegetal. Velocidades aún menores que la expresada causan a menudo la erosión de los mejores terrenos de arcilla y arena. En la cima, la corriente es generalmente débil, y su descenso lento carece de ímpetu para causar perjuicio. No obstante, cuando las aguas descienden, su volumen y velocidad aumentan y adquieren impulso progresivo y energía para arrastrar consigo partículas de la capa superficial de los campos.

Las terrazas deben interceptar el escurrimiento antes de que adquiera velocidad suficiente para provocar la erosión de las tierras. Deben reducir el excedente de las aguas pluviales a una velocidad no erosiva y encauzarlo por canales permanentes. Esto se logra mediante la construcción de una serie de terrazas transversales, ubicando la primera suficientemente cerca de la división de aguas, como para interceptar todo el escurrimiento de las aguas superiores antes que adquieran excesivo poder erosivo o volumen superior a la capacidad del canal de la terraza. Las subsiguientes se colocarán en forma similar. El área de la pendiente y el volumen medio y velocidad de las corrientes, son los factores esenciales a considerar en el diseño de un sistema de terrazas.

## **PENDIENTE DE LA SUPERFICIE**

En las pendientes largas y de gran inclinación la velocidad y la fuerza erosiva de la corriente son mayores que en pendientes cortas y de poca inclina-



**Figura 97.**—Siempre que las terrazas estén bien construidas y se suplementen con los métodos adecuados de cultivo, se pueden producir buenas cosechas sin pérdidas excesivas del suelo.

ción. Las terrazas son, en efecto, un recurso para disminuir la erosión cortando las pendientes, y resultan más efectivas si la distancia entre una y otra se gradúa con arreglo a la pendiente, es decir, cuanto más empinada sea la pendiente, el espacio entre las terrazas deberá ser menor. Cada terraza deberá interceptar la corriente antes de que adquiera suficiente fuerza erosiva para arrastrar la capa superficial del suelo. Al diseñar un sistema de terrazas por lo tanto, es de vital importancia conocer el aumento de velocidad y fuerza erosiva que resulte del incremento en la inclinación. En el diseño de terrazas no podrá comprenderse la importancia cabal de las pendientes hasta comprobar sus efectos sobre el volumen medio, velocidad y fuerza de las corrientes.

En el caso, por ejemplo, de un declive que produce un escurrimiento con velocidad de 60 cm. por segundo, aquél deberá ser, teóricamente, 4 veces mayor que si ésta fuera de 1,20 m. por segundo. Además, a 1,20 m. por segundo, la fuerza erosiva del agua es 4 veces mayor que a 60 cm. por segundo. En proporción, el aumento de la fuerza de arrastre de las aguas es todavía mayor. A 1,20 m. por segundo, la corriente puede arrastrar una cantidad de materia 32 veces mayor que a 60 cm. por segundo. Si el declive aumentara lo suficiente para producir una velocidad de 2,40 m. por segundo, la fuerza erosiva aumentaría 16 veces y la fuerza de arrastre 1024 veces.

La velocidad aumenta no sólo en relación al grado de inclinación de las pendientes, sino en proporción a su longitud. La velocidad de la corriente no es constante, sino que aumenta gradualmente hasta llegar al máximo posible en las condiciones particulares del campo en cuestión. El volumen del escurri-

miento crece asimismo a medida que las aguas descienden, como resultado del incremento en cantidad del drenaje. Esta acumulación acrecienta todavía más la velocidad, porque a medida que el volumen del agua crece, tiende a concentrarse en canales hondos y estrechos, por donde fluye con mayor rapidez que esparcida uniformemente sobre la superficie de la tierra.

Estos datos revelan con claridad las pérdidas considerables que sufren las tierras en los declives muy pronunciados, no protegidos con vegetación, a menos que se detenga la corriente en su descenso. La fuerza erosiva, resultante de la velocidad de las aguas, puede contrarrestarse acortando la pendiente. Una serie de terrazas transversales constituyen el medio más eficaz para lograr este objetivo, debido a que con ese sistema la extensión del declive se reduce a la distancia entre una terraza y otra.

## CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO

Al calcular la capacidad de los canales, la velocidad a que las aguas descienden por la vertiente es de mayor importancia que el volumen de precipitación pluvial excepto cuando se pretenda acumular o conservar el excedente de las lluvias. La velocidad de las corrientes que proceden de una cuenca de drenaje natural depende de las características de la lluvia y de las peculiaridades de esa cuenca de captación. Las características de la lluvia son su intensidad, duración y frecuencia. Las peculiaridades de las pendientes que influyen en la velocidad de las corrientes son la configuración, tamaño y forma de la zona, el grado y extensión de los declives, los tipos de suelo, las condiciones físicas y la vegetación. En otro lugar de esta obra se analiza la influencia relativa de estas características.

El escurrimiento medio no constituye una base firme para determinar la capacidad de los canales, debido a que las terrazas se desbordarán durante las tormentas que originen escurrimientos mayores que los promedios normales. Las cantidades máximas de escurrimiento que determinan la separación y capacidad de los canales, se registran en la estación de lluvias intensas sobre campos saturados de humedad o congelados, y durante los períodos en que las tierras están desprovistas de vegetación. Ordinariamente, las terrazas se construyen con capacidad suficiente para recibir la intensidad máxima de corrientes pluviales que puedan ocurrir en un período de 5 a 10 años. La construcción de terrazas para conducir el escurrimiento de lluvias de intensidad máxima, que puedan registrarse durante un período menor, provocará frecuentes desbordamientos con los consiguientes gastos de conservación, y las que se construyan con capacidad para conducir el escurrimiento de lluvias de intensidad máxima que sólo pueden registrarse una vez durante un período de 15 a 25 años, demandarían excesivos gastos de construcción. Es cierto que durante algunas épocas del año en que la intensidad de las corrientes es menor que el promedio, no se utilizará probablemente la capacidad total de las terrazas construídas para resistir lluvias torrenciales que ocurren en intervalos de 5 a 10 años. Sin embargo, las terrazas incapaces de resistir las velocidades



**Figura 98.**—El diseño, construcción, o conservación inadecuados de las terrazas, provoca la sobrecumulación de tierra y detrito, en detrimento tanto de las terrazas como de los campos.

máximas fallarían en el instante preciso en que son más necesarias para retardar las pérdidas del suelo (figura 98).

La capacidad de un canal, en metros cúbicos por segundo, se determina en la siguiente forma: multiplíquese el área de la sección transversal del canal, expresada en metros cuadrados, por la velocidad del mismo computada en metros por segundo; por ejemplo, un canal de 60 cm. de profundidad por 1,80 m de ancho y una velocidad de 45 cm. por segundo, tendrá capacidad para  $0,60 \times 1,80 \times 0,45 = 486$  litros por segundo. Al determinar el tamaño de un canal por construir, es práctica muy conveniente darle más capacidad que la calculada, con motivo de la incertidumbre del promedio de velocidad del escurrimiento y de la dificultad en mantener la exactitud de las especificaciones de construcción en los terrenos durante todas las épocas del año.

### **VELOCIDAD EN EL CANAL DE LAS TERRAZAS**

Los canales de las terrazas de amplia capacidad han de construirse de tal manera que transporten las aguas a velocidades no erosivas; de lo contrario, las corrientes arrastrarán gran parte del suelo y podrá desarrollarse un estado de erosión en forma de cárcavas. La velocidad de la corriente aumenta no sólo en proporción al declive del canal, sino en proporción al aumento en profundidad (aproximadamente el radio hidráulico) y a la disminución en la resistencia de la superficie (coeficiente de aspereza).

El coeficiente de aspereza en los canales de terrazas lo determinan el suelo,

la labranza y las características de los cultivos, y no pueden cambiarse para regular la velocidad, la cual se regula sólo mediante el ajuste del declive y del promedio del volumen de agua en los canales.

La pendiente máxima que puede usarse satisfactoriamente debe ser menor que el mínimo declive capaz de producir arrastres que perjudiquen las terrazas. Modificando la forma de la sección transversal del canal se puede mantener su capacidad ajustando la profundidad media de la corriente. Si los demás factores son constantes, un canal hondo y estrecho produce una velocidad más alta y de mayor fuerza erosiva que uno llano y ancho, porque la velocidad de las aguas es menor en este último. Los canales con sección transversal ancha en relación a su profundidad no sólo retardan la velocidad, sino que facilitan las operaciones de labranza en campos cultivados bajo sistemas de terrazas.

Desde el punto de vista de construcción, es ventajoso el canal de sección transversal uniforme. Por lo tanto, para que pueda captar las cantidades progresivamente crecientes de agua, habrá que aumentar la pendiente del canal a lo largo de los sucesivos segmentos. Además, el declive variable mejora la caída de las aguas debido a que la parte superior de la terraza, más plana, tiende a retardar la corriente reduciendo la tendencia a elevar el nivel del agua en la parte baja del canal. El declive final estará limitado por la velocidad a que comienza a producirse erosión. De esta manera, combinando forma, declive y sección transversal, se consiguen la velocidad y capacidad necesarias en el canal.

Las especificaciones para la construcción de terrazas recomendadas bajo el epígrafe Sistemas de Terrazas, se han preparado a base del resultado de experimentos e investigaciones efectuados en verdaderas condiciones de campo. Ordinariamente se obtendrán resultados satisfactorios si se aplican siguiendo las indicaciones establecidas para cada caso. Estas especificaciones constituyen una base segura para la construcción de terrazas por cualquier persona inexperta en ingeniería y generalmente pueden utilizarse sin mayores cálculos. En circunstancias excepcionales en que no son enteramente aplicables, será necesario posiblemente, computar el volumen del escurrimiento proveniente de extensiones agrícolas y determinar la velocidad y la capacidad teóricas de los canales. Cuando surjan problemas de esta naturaleza debe consultarse un ingeniero competente.

## CLASES DE TERRAZAS

Durante el período de evolución se ha encomiado el uso de numerosas variedades de terrazas. En todos los casos la selección, construcción y uso requieren gran cuidado. Durante años de experimentación y extensas observaciones prácticas, se ha acumulado una valiosa información relacionada con los distintos tipos de terrazas y su aplicación a las condiciones existentes.

El objetivo fundamental de las terrazas es la conservación del suelo. Este objetivo se logra al construir terrazas que intercepten y desvíen las corrientes o las acumulen en los canales para aumentar la absorción. Desde el punto de

vista funcional, las terrazas se dividen en dos clases: (1) terrazas de drenaje y (2) terrazas de absorción.

Al considerar los detalles de construcción, se constata que un canal bien construido a un nivel más bajo que la superficie original del terreno, es el más adecuado para interceptar o desviar el agua de escurrimiento, mientras que un camellón bien confeccionado a un nivel más alto que la superficie, con un canal lo más llano posible, es la mejor estructura para acumular agua, con objeto de aumentar la absorción sobre una amplia superficie en la parte alta del terreno adyacente al camellón. Desde el punto de vista de su construcción, por lo tanto, es conveniente clasificar las terrazas en: (1) terrazas de canales y (2) terrazas de camellón. Esta clasificación debe incluir, además, una tercera clase: la terraza de escalones, propia para los declives muy pronunciados. Con objeto de abreviar, se usarán en este manual los términos "terrazza de canal," "terrazza de camellón" y "terrazza de escalón" al hacer referencia a los distintos tipos de terrazas.

En algunas regiones, tanto la absorción como la canalización de las aguas son objetivos importantes de los sistemas de terrazas, pero hay otras zonas extensas donde la canalización de las aguas es más importante, mientras que finalmente hay otras donde la absorción es el elemento principal.

Las regiones donde la lluvia es moderada y las condiciones favorables, requieren terrazas de naturaleza mixta, por lo que conviene adoptar un modelo de terraza que reúna las características deseadas de ambos tipos. El perfil trans-

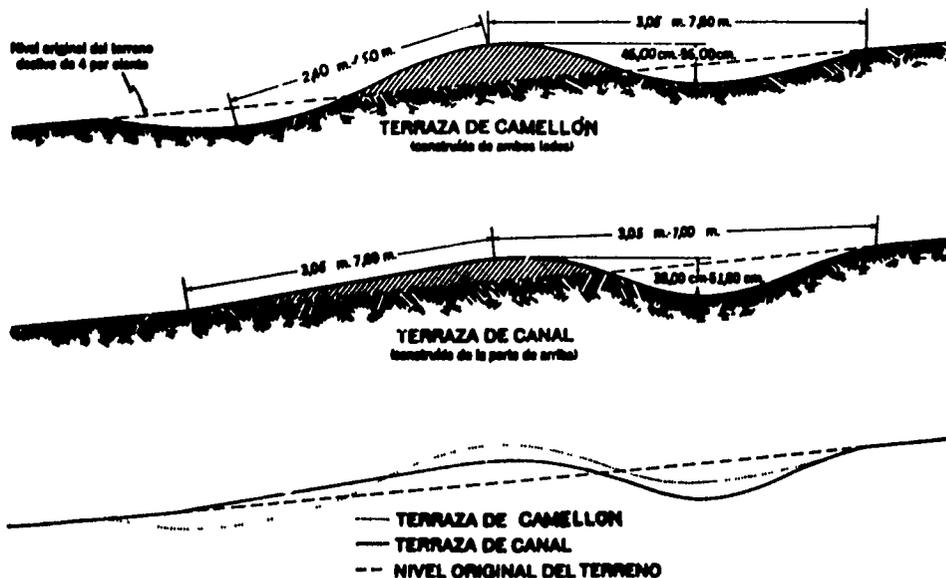


Figura 89.—Perfiles transversales de terrazas después de construídas y cultivadas.

versal de las terrazas variará en las distintas regiones de acuerdo con el tipo del suelo, condiciones de los campos, intensidad de las lluvias y maquinaria disponible. Sin embargo, la circunstancia de que el tamaño de las terrazas deba ajustarse a las condiciones locales no invalida su clasificación funcional.

La figura 99 señala las diferencias existentes entre los perfiles transversales de las terrazas de canales y las de camellones. Se inserta un dibujo separado de cada tipo con objeto de representar los perfiles transversales definitivos de cada terraza, así como un dibujo de ambos cortes sobrepuestos para destacar con mayor claridad la variación entre ambas terrazas.

### TERRAZAS DE CANALES

Las terrazas de canales actúan esencialmente como sistema de drenaje para conducir el exceso de las aguas pluviales a velocidades no erosivas. Debido a que las aguas deben correr a poca velocidad, el canal es más importante que el camellón. Un canal ancho, de poca profundidad y poca pendiente, con lados ligeramente inclinados y amplia capacidad, dará los mejores resultados (figura 100). La tierra excavada se usa para obtener, en el costado inferior del canal, la altura necesaria para darle a éste capacidad suficiente. Un camellón demasiado alto es inadecuado porque entorpece seriamente las operaciones de labranza, aumenta los costos de construcción y requiere a menudo para su formación una gran cantidad de tierra tomada de la capa vegetal de los campos. En la terraza de canales, el camellón debe considerarse como un suplemento del canal y debe construirse de manera de formar un suave acordamiento con la superficie, de modo que estorbe lo menos posible las faenas de labranza.



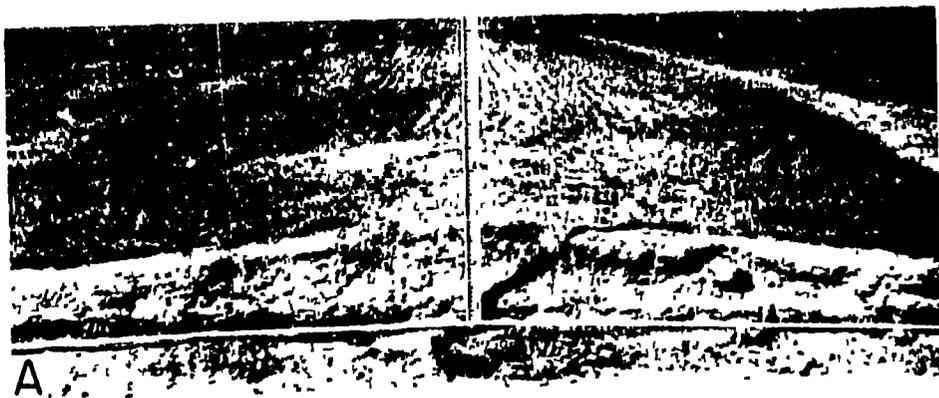
**Figura 100.**—Terraza de canales. Es importante que el canal sea ancho y de suficiente capacidad.

En general, la terraza de canales o drenaje es apropiada para campos relativamente impermeables, donde llueve con bastante regularidad durante la época de cultivo.

## TERRAZAS DE CAMELLÓN

(TIPO DE ABSORCIÓN)

Indirectamente las terrazas de camellón sirven para detener la erosión mediante la retención del agua. A fin de aumentar la absorción, las terrazas se construyen de manera que las aguas que se escurren y recogen se extiendan sobre la mayor superficie posible. Para lograr mejor este propósito, las superficies donde se utiliza este tipo deben ser bastante planas, los camellones deben



**Figura 101.**—A, en los Grandes Llanos se usa la terraza de absorción para detener la erosión y retener la humedad. Es esencial que el camellón sea bastante alto y ancho, de modo que las aguas recogidas puedan esparcirse sobre una superficie amplia lo que también favorece la fácil realización de las operaciones de labranza. B, las aguas que se acumulan en las terrazas son necesarias para aumentar las cosechas durante las temporadas de sequía.

tener suficiente altura para que el agua se extienda sobre una superficie relativamente grande, y la tierra que forma el camellón debe excavarse de manera de evitar una concentración del escurrimiento en un área reducida (figura 101A).

La eficiencia con que estas condiciones puedan lograrse depende de los métodos de construcción puestos en práctica, así como de la configuración del terreno. En este tipo de terrazas el camellón es más importante que el cauce del canal, cuya construcción no es más que incidental. Cuando se quiera que la absorción sea máxima, se construyen terrazas con amplia capacidad, no dándoles ninguna pendiente y cerrando sus extremos. Como medida de precaución los extremos se pueden dejar abiertos, a fin de que el agua de lluvia se escape antes de que se desborde por la terraza. En algunas regiones, los extremos de las terrazas se cierran parcialmente, según convenga, para facilitar el desagüe cuando las circunstancias lo exigen, en casos de lluvia excesiva. Si los cultivos sufren a consecuencia de la acumulación excesiva de agua en las terrazas, se pueden construir dándoles una débil caída, especialmente cerca de la salida.

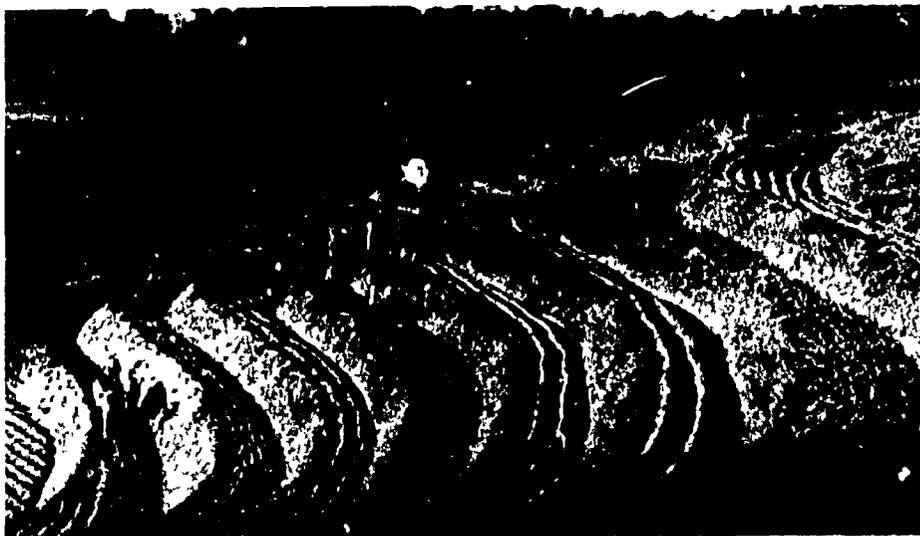
Las terrazas de absorción son convenientes para las regiones donde la lluvia es escasa y para los terrenos que absorben rápidamente las aguas acumuladas, antes de que perjudiquen los cultivos. Existen extensas áreas de terrenos absorbentes poco inclinados, que padecen intensas sequías y donde abundan los vientos erosivos. La terraza de absorción puede usarse con magníficos resultados en ciertas regiones de terrenos arenosos poco inclinados donde llueve mucho, como en los llanos arenosos de las costas. Antes de usar este tipo de terrazas debe hacerse un estudio detenido de la absorción del suelo y de la intensidad de la lluvia. En la figura 101B se muestra una terraza de absorción.

## **TERRAZAS DE ESCALONES O DE BANCOS**

Las terrazas, tal como se construyen hoy en numerosos países, consisten en una serie de fajas llanas o casi llanas, construídas a través de la pendiente en terrenos escarpados. Las contrahuellas que separan los escalones son casi verticales, sosteniéndose por medio de rocas o de vegetación muy tupida. Este modelo de terrazas se designa con el nombre de terrazas de banco o de escalones y se considera como ejemplo de lo que en su origen se denominó con la palabra "terrazza." Es uno de los medios artificiales más antiguos para detener la erosión, utilizado por muchas centurias en países donde la población era muy densa y las condiciones económicas hacían necesario el cultivo de las regiones montañosas. Las terrazas de escalón no sólo retardan la erosión sino que facilitan la labranza en los terrenos inclinados.

La terraza de escalón, tal como fué desarrollada y puesta en uso en Puerto Rico, consiste de un banco para cultivo y un talud recubierto de grama u otra yerba estolonífera y es, por regla general, construída en terrenos cuya inclinación varía entre 20 y 55 por ciento. El borde externo del plano de la terraza es más alto, con declive hacia la base o pie del banco. El agua corre a lo largo del

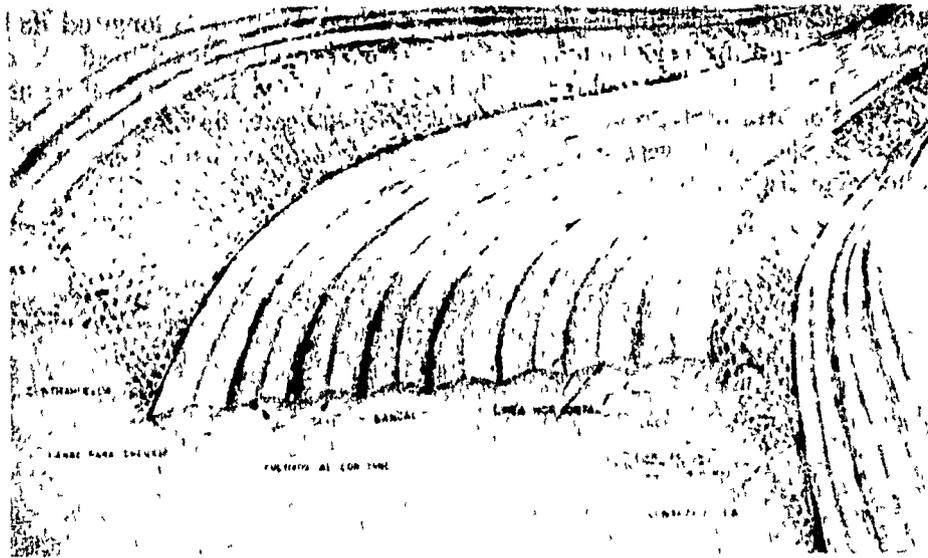
banco a distintas velocidades dependiendo del tipo de suelo, la longitud de la terraza y la precipitación pluvial. En Puerto Rico el desnivel usado es de 0,25 a 1 por ciento. La inclinación de los bancos es por regla general de uno a uno. Por otra parte, esta inclinación puede modificarse de conformidad con el tipo de suelo y la vegetación que se tenga a la mano para encespedar el talud (figuras 102 a 108).



**Figura 102.**—La terraza de escalón consiste de un banco para cultivo (nótese los surcos) y un talud recubierto de grama.

En Puerto Rico se han desarrollado dos métodos principales para construir terrazas de escalón. Una es de tipo puramente artificial, que requiere el uso de equipo tal como herramientas de mano, yuntas de bueyes y arados. Podrían usarse tractores y máquinas de construir terrazas, hasta en declives de 40 por ciento. La Estación Experimental de Conservación de Suelos en Río Piedras ha desarrollado un método económico para la construcción de terrazas de escalón que tarda de tres a cinco años. El método consiste en la siembra de hierbas de tallo rígido y de alto crecimiento a lo largo de las líneas de nivel o a un pequeño desnivel. El intervalo vertical entre estas líneas varía entre uno y dos metros, pero puede aumentarse cuando el declive del terreno es mayor. A medida que crecen, las hierbas retienen el terreno que se desplaza hacia ellas. A medida que se hacen los cultivos empieza a formarse un banco, ya que el primer surco se voltea contra la hierba y el último forma un corte más abajo de la línea de hierba inmediata superior.

El uso de terrazas de base ancha o de montículo es limitado en Puerto Rico. La inclinación de los terrenos en que se construyen las terrazas de base ancha no debe ser mayor de 12 por ciento para obtener resultados satisfactorios.



TERRAZAS DEL TIPO DE ESCALON  
(BANCALES)

*Figura 103.*—Esquema de una sección de la terraza de escalón.



*Figura 104.*—Abundantes cosechas en terrazas artificiales. Nótese la vegetación del talud y especialmente las bananeras.

A medida que el terreno se hace más inclinado se imponen cambios en las terrazas de base ancha. Corrientemente el montículo de la terraza se hace más estrecho y el canal de desagüe en el lado superior de la terraza es más hondo. El propósito de las terrazas es recoger o interceptar el agua que corre ladera abajo y llevarla a un canal de desagüe o, en las regiones secas, retenerla hasta que se infiltre. Finalmente, las terrazas son sustituidas por zanjas en laderas, zanjas de desvío, y otras estructuras y sus modificaciones según los requisitos especiales.

Los canales de desagüe son indispensables como parte integrante de un buen sistema de terrazas. La disposición del agua acumulada por las terrazas durante las lluvias intensas, y que no se ha infiltrado, debe hacerse en forma que no cause lavados del terreno. Por lo tanto, el diseño de las zanjas de desagüe debe estar a cargo de un ingeniero competente.

Si la pendiente es pronunciada, las zanjas de desagüe deben empastarse y el césped afianzarse mediante el uso de estaquillas y alambre tejido hasta que éste se haya adherido al fondo. Los lados de la zanja deben ser protegidos con pastos transplantados a 10 ó 15 cm. entre sí. Pueden hacerse hoyos en el banco con una estaquilla redonda. Una pequeña cantidad de abono mezclado con arcilla debe ser aplicado al hoyo y las raíces de las ramas de hierba apisonarse hasta que éstas estén en completo contacto con el suelo.



**Figura 105.**—En Puerto Rico se ha desarrollado un método barato para la construcción de terrazas de escalón que consiste en la siembra de yerbas a lo largo de las líneas de nivel.



**Figura 106.**—El intervalo vertical entre las líneas de nivel varía entre uno y dos metros.



**Figura 107.**—A medida que se hacen los cultivos empieza a formarse un banco. Cuando se ara el surco se voltea hacia la barrera de hierba.

## PROTECCIÓN DE LOS CANALES DE LAS TERRAZAS

En la desviación o colección de las aguas pluviales en tierras de topografía irregular, tales como colinas y montañas, es obvio que nos enfrentamos a un problema sumamente difícil, debido a que tendremos que distribuir grandes cantidades de agua a través de conductos especiales, sean éstos naturales o artificiales. La seriedad del problema estriba en que debe recogerse el agua y conducirse a los riachuelos y ríos sin que se perjudique la capa superficial de la tierra. Este problema tiene mayores complicaciones en partes como Puerto Rico, donde las tierras son montañosas y, en consecuencia, con muchas laderas y vertientes.

Las aguas que corren libres por la superficie se encauzan en canales naturales, que con el correr del tiempo se han estabilizado y cubierto de vegetación protectora. En cualquier plan de disposición de agua, o de drenaje, tanto en áreas extensas como en fincas o haciendas individuales, deberá ponerse especial énfasis en el empleo y uso de los conductos naturales, con preferencia sobre los construídos por el hombre. Los últimos son generalmente costosos y por lo regular resultan menos eficientes que los naturales. Hay lugares donde los conductos naturales están adecuadamente cubiertos de hierba y otras plantas protectoras y, por lo tanto, requieren poca atención (figura 109).

Sin embargo, en sitios donde la erosión es evidente y las hierbas protectoras han desaparecido, es preciso emplear plantas apropiadas. En tales casos especiales, en que es menester ayudar a la Naturaleza para la mejor protección



*Figura 108.*—Las terrazas son sustituidas por otras estructuras y sus modificaciones. Aquí se ven los surcos a nivel.

del suelo, es posible que los canales puedan ser mejorados, desviando provisionalmente su curso en algunos sitios y sembrando luego la hierba protectora. Cuando se siembre una hierba u otra planta con valor alimenticio para el ganado, se habrá conseguido uno de los objetivos en la conservación del suelo y el mejor uso de la tierra. En la construcción de los canales receptores de agua intervienen el ingeniero con su conocimiento de hidráulica e hidrología y el agrónomo o químico, con su conocimiento de las características de los suelos.

Algunos de los factores con que debe contarse en el diseño y construcción de canales de agua o drenaje son la precipitación, los suelos, la inclinación del terreno y la clase de protección. En Puerto Rico, donde se cultiva la tierra intensamente, se hace relativamente difícil el diseño de un plan de colección y disposición de las aguas.



**Figura 109.**—Canal de desagüe protegido por pastos plantados convenientemente.

En las laderas de mayor inclinación la protección de los canales tiene aún mayor importancia que en otros casos. El tipo ideal de canal para esos casos es el construido con cemento (hormigón). Sin embargo, después de algunos años de experiencia puede ya anunciarse que los canales construidos y protegidos por hierbas estoloníferas, tales como la grama (*Stenotaphrum secundatum*), han dado los mejores resultados aun en las laderas de 70 por ciento de inclinación.

La clase de pasto a usar es natural que varíe según las distintas partes de la isla y de acuerdo con las condiciones de suelo, precipitación e inclinación del terreno. En Puerto Rico se han seguido varios métodos de multiplicar los pastos, tales como trasplante de bloques con raíces y tierra o bien por estolones.

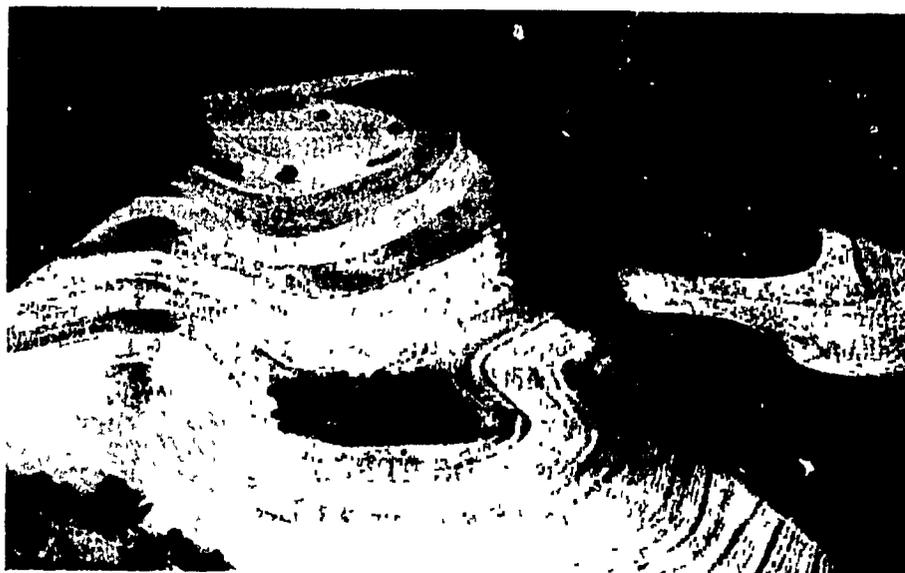
Antes de considerar la conveniencia de construir terrazas de escalón en una región determinada debe hacerse un estudio detenido y decidir si estaría justificado que se cultiven los terrenos inclinados que exigen tales medidas de protección. En caso de que haya disponibles terrenos adecuados de menor inclinación, o cuando no haya probabilidad de rendimientos satisfactorios, no deberá emprenderse el cultivo de los terrenos más inclinados por medio de terrazas de escalones. Tampoco deben construirse terrazas de escalones en terrenos más adecuados para las terrazas de camellones o las de canales.

## **SISTEMAS DE TERRAZAS**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

El trazado y la construcción de las terrazas requieren ciertos conocimientos esenciales de ingeniería, pero el tener buen criterio y experiencia en la agricultura, además de un conocimiento general de las varias fases y medidas necesarias para contrarrestar la erosión, tiene mayor importancia práctica que un alto grado de educación teórica. En la mayoría de los casos es preferible que los agricultores sin experiencia en el manejo de maquinaria agrícola o en la construcción de terrazas recurran a un ingeniero agrónomo o una persona entendida en la materia para dirigir el estudio y proyecto del sistema de terrazas.

El proyecto preliminar debe abarcar un sistema completo de terrazas para toda la granja, de manera que puedan construirse terrazas en cualquier parte de ella sin dificultad o gastos innecesarios. Debe tenerse en cuenta la posible necesidad de hacer cambios en la disposición de los terrenos cultivados, alambrados y caminos, conforme al mejor uso de la tierra y a tono con los principios de la agronomía. En la mayoría de los casos las terrazas se construyen con arreglo a las unidades de drenaje, es decir, la extensión de los campos de cultivo que pueden atenderse con un desagüe o sistema de desagüe. Los camellones, desagües, camiros, depresiones profundas del terreno, cambios abruptos en la inclinación de las pendientes, vecindad y extensión de las terrazas son algunos de los factores esenciales que determinan la línea de separación entre las diversas series de terrazas. Algunas fincas agrícolas contiguas poseen terrenos que quedan dentro de la misma cuenca de drenaje natural, y en ese caso podría utilizarse un sistema de terrazas conjunto, con resultados satisfactorios, siempre que los propietarios se pongan de acuerdo respecto a la construcción y mantenimiento de las terrazas y desagües. Con el objeto de dar salida adecuada a las aguas de las terrazas deben proveerse desagües protegidos con vegetación, o zonas de drenaje, pues la fuerza de las corrientes causaría daños considerables en los campos cuando los canales o lugares por donde se les da salida no han sido protegidos contra la erosión (figura 110).



**Figura 110.**—Sistema completo de terrazas, con desagüe a una pradera. Este sistema de dar salida a las aguas establece la base fundamental para poner en práctica los métodos agrícolas de conservación del suelo que aumentarán y estabilizarán los rendimientos.

Cuando los terrenos donde se proyecta construir un sistema de terrazas reciben cantidades apreciables de las aguas que se escurren de los campos vecinos, será necesario cambiar el rumbo de esas corrientes mediante una zanja de desvío o de intercepción. De no hacerse así, las aguas desbordarán la primera terraza provocando su rotura en algún lugar, por donde se producirá la descarga de toda el agua retenida, y ésta, a su vez, provocará igual suerte en cada terraza sucesiva. La zanja de desvío debe tener amplia capacidad y ser poco inclinada para evitar la erosión, así como debe protegerse contra la acumulación de cieno por medio de prácticas antierosivas aplicadas en su cuenca.

Al calcular la velocidad de las corrientes para determinar el tamaño de las zanjas, desagües y vertederos en las obras de corrección, debe procederse de acuerdo con las normas aplicables a la región de que se trate.

## **DESAGÜES DE LAS TERRAZAS**

Lo primero a considerar cuando se proyecte construir un sistema de terrazas son los canales o zonas de desagüe. Antes de construir las terrazas deben proveerse de canales permanentes o sitios protegidos con vegetación para dar salida a las aguas si no se dispone naturalmente de áreas protegidas o canales estabilizados. Se pueden lograr desagües apropiados colocando en las depresiones del terreno una capa vegetal que resista la fuerza de las corrientes. En algunos casos habrá necesidad de construir canales a falta de desagües naturales o cuando las cárcavas o los estragos de la erosión imposibiliten el uso de los

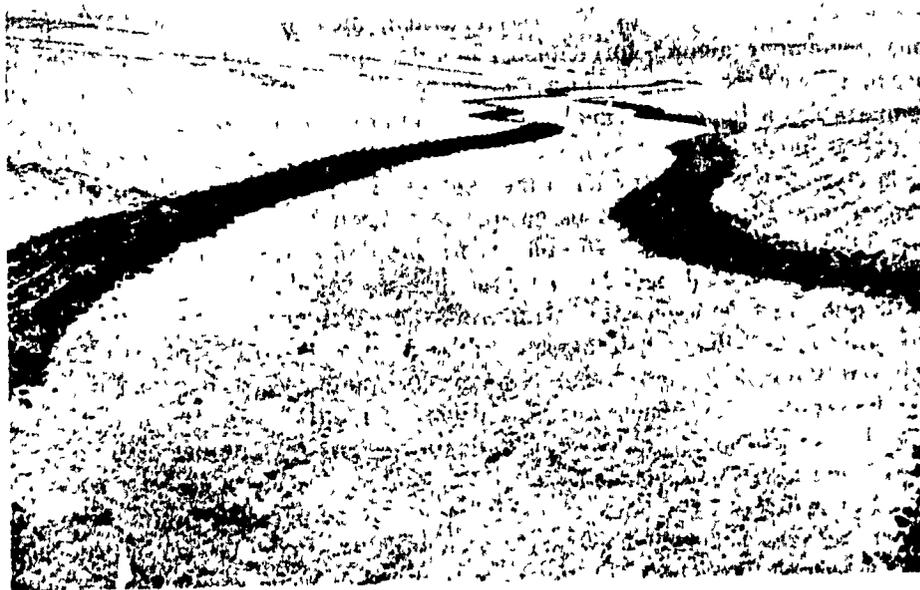
sitios naturales de drenaje. En caso de que puedan aclimatarse las variedades de plantas adecuadas, los canales artificiales deben protegerse con esa vegetación, pero si ella no fuere suficiente como medida antierosiva, habrá necesidad de proteger los canales con métodos artificiales.

Debido a los problemas de hidráulica que conciernen a los cálculos del volumen de las corrientes, construcción de canales y capacidad de las distintas clases de vegetación para resistir las velocidades estimadas, debe obtenerse la ayuda de un ingeniero experto en la solución de estos problemas antes de construir los canales para dar salida a las aguas.

Al seleccionar el sitio para dar salida a las aguas se deberán usar en la mejor forma posible los desagües ya existentes en los campos donde se proyecta establecer el sistema de terrazas. Las depresiones y cañadas son sitios naturales donde se concentran y por donde las aguas corren durante las épocas de lluvias, y que deben usarse cuando sea posible como desagües naturales protegidos con vegetación o para la construcción de canales. Los desagües de otras fincas posiblemente influyan en la selección del sitio para dar salida a las aguas, por lo que tales desagües deben acoplarse al plan general de drenaje.

Los desagües con vegetación deben prepararse con antelación de una o dos estaciones a la construcción de las terrazas, de acuerdo con el tiempo que tarde el pasto en arraigarse. *En ningún caso las terrazas deben construirse antes de que los desagües estén listos para dar salida a las aguas.*

Cualquier canal, depresión del terreno o sitio cubierto de suficiente



**Figura 111.**—Camellones construídos a cada lado protegen la zona de desagüe que ha sido recientemente sembrada de nuevas semillas. Las terrazas deben construirse después de que haya prendido bien el césped.

vegetación para que la salida de las aguas no cause daños puede servir como desagüe. Entre las formas más conocidas de desagües podemos citar: desagües empastados, cañadas hondas y estrechas, cárcavas, zonas de distribución, conductos encespedados y canales construidos. Son muchos los factores que afectarán el uso y éxito de los desagües empastados. Tales factores como las facilidades para obtener las plantas de protección adaptables al terreno deben ser objeto de consideración en la localidad de que se trate. Los otros factores o principios aplicables se discuten a continuación.

Un desagüe empastado es un terreno llano y bajo que se protege con hierbas adaptables o leguminosas en una sección lo bastante amplia para constituir una unidad económica de pasto o heno. Su sección transversal debe ser de tal naturaleza que facilite el curso de una corriente ancha y poco profunda, en vez de honda y estrecha, cuya velocidad sería de efectos erosivos. A fin de evitar los desbordamientos y las cárcavas de los bordes, la vegetación debe extenderse por varios metros más allá del límite donde el agua pueda llegar, y para mantener velocidades no erosivas, la inclinación debe ser poca. Los declives menores de 6 por ciento han dado resultados satisfactorios. En terrenos afectados por la erosión, sin embargo, un declive de 6 por ciento puede que sea demasiado para dar buen resultado. A pesar de que la sección transversal conviene que sea ancha y llana, los extremos de las terrazas deben tener suficiente inclinación hacia el sitio del desagüe para evitar que el cieno se acumule en el canal o en los extremos de la terraza. Por lo regular una caída mínima de 30 cm. es adecuada para las salidas estrechas de agua, así como un declive de 30 cm. por cada 15 m. de distancia horizontal sería bastante para las salidas de mayor anchura.

El término cañada honda y estrecha tiene un sentido relativo. Sólo podemos mencionar algunos principios generales que son aplicables a todas las circunstancias. Cuando la forma de la sección transversal y el declive sean comparables a los de un canal artificial, como es el caso de algunas cañadas, se deben hacer los cálculos necesarios para determinar la velocidad probable de la corriente y la vegetación o medidas artificiales necesarias para su debida protección. En aquellos casos en que la sección transversal, el declive y la velocidad probable sean favorables y sea factible obtener las plantas de protección adecuadas, deberá hacerse una siembra tupida de la vegetación adaptable que sea más resistente. Se necesitarán cantidades especiales de semillas y fertilizantes y deberán tomarse medidas de protección contra los fuegos, así como restringirse el pastoreo. Numerosas cañadas estrechas se hallan protegidas contra los daños de la erosión. Cuando sean profundas, habrá necesidad de formar canales empastados o recurrir a cualquier otro medio de protección para conducir las aguas desde las terrazas hasta el desagüe.

Por lo regular las cárcavas no deben utilizarse para dar salida a las aguas de las terrazas a menos que se modifique la pendiente del terreno en tal forma que la sección transversal del canal pueda protegerse con vegetación a un costo económico. La experiencia ha demostrado que el kudzú, por lo general, es adecuado para la protección de cárcavas erosivas aun con el aumento de las aguas procedentes de un sistema de terrazas. Las cárcavas y otras formas de

desagüe pueden tener declives abruptos que causan turbulencia y tienden a acelerar la erosión o la acumulación de cieno. Será necesario proteger esos sitios con represas o canales especiales para asegurar la represión adecuada de la corriente a través del canal.

Los sitios donde las terrazas pueden descargar las aguas sin causar daños se denominan zonas de distribución (figura 112) y deben usarse dondequiera que estén disponibles y sean adecuadas para este propósito. Un buen pastizal, bien conservado, es un sitio ideal para desagüe siempre que el terreno no sea demasiado susceptible a la erosión que impida la debida protección del césped. Es evidente que sólo los pastos permanentes deben usarse como sitios de desagüe. Un bosque tupido, con suficiente maleza y donde la tierra esté cubierta de césped, puede también servir como sitio de desagüe en las pendientes moderadas o relativamente escarpadas. El pastoreo o los fuegos impiden el uso de los bosques como sitios de desagüe al destruir la capa vegetal y las malezas. Otros sitios donde la vegetación sea permanente y densa pueden usarse para desagües, tales como las praderas de hierbas perennes y leguminosas. Algunos sitios donde abundan las rocas y cascajos se usan para desagües cuando no haya peligro de producir efectos erosivos al descargar las aguas. Al verter las aguas concentradas de las terrazas en los sitios de desagüe, debe procurarse que las aguas se extiendan sobre una superficie amplia para reducir la probabilidad de formación de cárcavas o canaliculos.

Un canal especialmente protegido por denso césped es una solución conveniente, aplicable a lugares con poco volumen de agua, pero en pendientes



**Figura 112.**—Terraza vertiendo sus aguas en un prado sobre cuya superficie se extienden. La tierra absorbe y retiene gran parte de esas aguas.

escarpadas. Limitan las funciones del canal los siguientes factores: profundidad del canal, velocidad de las aguas y capacidad de la vegetación para resistir la fuerza de la corriente. Los canales protegidos con vegetación se han usado con éxito para servir de conducto a las aguas de las terrazas hasta los sitios de desagüe en terrenos inclinados. No se recomienda su uso para recibir la descarga de las aguas de varias terrazas o terrenos con elevación mayor de 3 a 4 metros. El canal debe penetrar bien adentro del sitio de desagüe, donde debe graduarse el declive hasta hacerlo lo más llano posible. En muchos sitios, para asegurar el desarrollo apropiado de la vegetación, es necesario que haya una buena capa superficial de terreno y los tepes deben sujetarse con tela metálica o estacas hasta que las raíces se adhieran firmemente al suelo.

Los canales artificiales pueden protegerse con vegetación cuando la velocidad probable de la corriente sea lenta. La capacidad de las diferentes clases de vegetación para resistir la velocidad de las corrientes varía mucho. La grama de Bermuda, sembrada en forma densa, ha resistido en muchos sitios velocidades de 2,5 a 3 m. por segundo (8-10 pies por segundo) sin aparente daño (figura 113), y el kudzú, en cepas bien arraigadas, puede resistir mayores velocidades. La experiencia demuestra que la hierba azul de Kentucky (*Poa pratensis*) sólo resiste velocidades de 1,50 a 2,10 m., así como la mayor parte de otras gramíneas sólo resisten velocidades menores. Las lespedezas anuales y perennes tienen valor relativo como vegetación para proteger los canales, pues sólo resisten velocidades de 0,30 a 1,20 m. por segundo. Hay otras hierbas como el kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) y la hierba ciempiés (*Eremochloa*



**Figura 113.**—Canal artificial para desagüe de terrazas, protegido contra la erosión por la siembra de grama de Bermuda. La velocidad de la corriente es de 212 litros por segundo.

*oplinroides*) que son adaptables únicamente a ciertos climas o suelos y cuyos resultados son comparables a la grama de Bermuda en cuanto a la protección de los canales.

Los sitios más convenientes para desagües artificiales deben escogerse con arreglo a factores tales como la interferencia mínima con las operaciones de cultivo, pendientes favorables, espaciamiento suficiente para asegurar la longitud adecuada de las terrazas, y condiciones favorables para el crecimiento del césped. Cuando haya necesidad de protección artificial es conveniente, por razones económicas, que el sitio escogido para desagüe sea lo menos extenso posible. Debe tenerse precaución al ubicar los desagües para que no estén en conflicto con las leyes locales que regulen las aguas de superficie. Los reglamentos de cada localidad, basados en sus leyes, deben conocerse antes de (1) desviar las aguas de un sitio a otro en perjuicio de las tierras bajas; (2) mejorar un canal natural o artificial, de modo que resulte perjudicial al aumentar la velocidad de las aguas que corren hacia otros terrenos; (3) construir canales artificiales para recoger las aguas de superficie y derramarlas en tierras ajenas. Es asimismo un principio legal que ningún terrateniente tiene derecho a desviar las aguas de superficie hacia los terrenos de un colindante, o utilizar los desagües de un camino público para hacerlas llegar hasta un lugar que sea accesible directamente desde su propia finca.

## SITUACIÓN DE LAS TERRAZAS DE CANALES

En todo terreno agrícola, cada terraza debe situarse de manera que sea fácil detener las aguas de superficie y realizar con comodidad las operaciones de cultivo y pueda funcionar a un costo mínimo de conservación. Existen algunos principios generales que son aplicables a casi todas las circunstancias y que contribuirán para alcanzar estos objetivos. A fin de obtener los mejores resultados, los encargados de emplazar las terrazas deben ser personas de experiencia en la materia. La capacidad de la terraza superior no debe recargarse, pues puede perjudicarse todo el sistema. La terraza superior debe emplazarse cerca de la parte más alta de la pendiente, de manera que la zona de drenaje no sea de mayor extensión que aquella drenada por cualquier otra terraza del mismo tamaño. Antes de proceder a colocar la terraza superior en forma definitiva debe efectuarse un ensayo de ubicación, y si fuere necesario, mover la terraza más hacia arriba para interceptar las aguas procedentes de zonas críticas, o para que la terraza quede mejor situada respecto a la configuración de la superficie del terreno. En las pendientes donde existan tramos cortos de declives abruptos, las terrazas deben colocarse en la parte superior de esas desigualdades y no al pie de éstas. Cuando hay señales de erosión excesiva cerca de la parte superior de los campos, es indicación de que las aguas han adquirido velocidades perjudiciales y erosivas en ese sitio y de que la terraza debe situarse más arriba para poder interceptar las corrientes. De acuerdo con estos principios deben hacerse alteraciones de menos importancia al emplazar las terrazas subsiguientes. Dichas alteraciones no deben exceder del 15 al 20 por ciento del espacio vertical aplicable entre terrazas.

Los recodos agudos en las terrazas retardan las corrientes y causan la acumulación de cieno que puede obstruir el canal o entorpecer las operaciones de cultivo. Muchos de estos recodos pueden mejorarse al modificar ligeramente la posición de la terraza. En ocasiones, un lugar crítico bajo la terraza superior requiere la construcción de una terraza en dicho sitio. En tal caso las terrazas se ubicarán respetando el intervalo vertical adoptado con relación a ella, pero cuidando de que la última terraza esté lo suficientemente cerca de los límites más altos del declive para que no haya riesgo de desbordes.

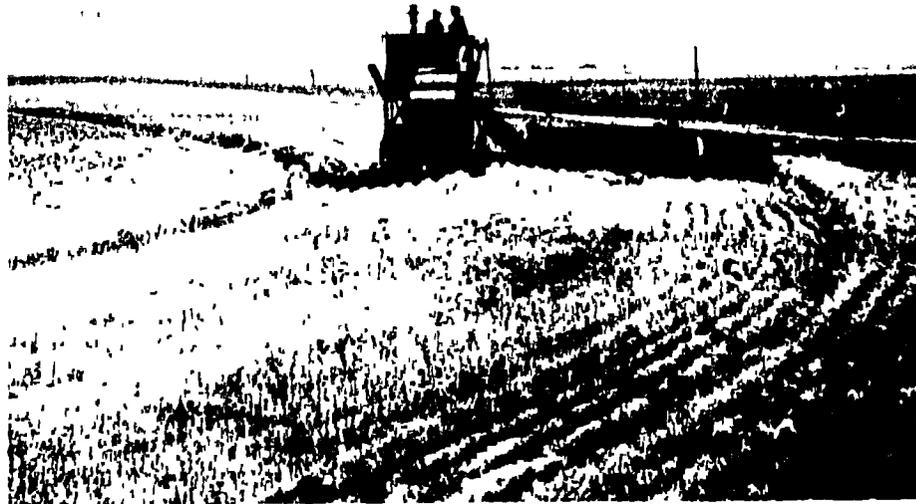
Una terraza corta es mucho más fácil de conservar que una larga y requiere un canal de menor capacidad. Para disminuir la longitud del drenaje en determinada dirección la terraza puede construirse de manera que vierta sus aguas en dirección a sus dos extremos. La línea divisoria de aguas de una ladera es el lugar ideal para dividir la corriente en la terraza en direcciones opuestas. Si fuere posible, las terrazas no deben extenderse alrededor de alturas agudas. Si hubiere necesidad de hacerlo, las terrazas deben enderezarse reforzando el camellón y ensanchando el canal. Asimismo, las terrazas no deben atravesar depresiones que recojan grandes cantidades de agua, especialmente si la terraza tiene un recodo pronunciado en ese sitio. Si bien es posible agrandar la terraza lo suficiente para recoger las aguas que tienen salida normal por esas depresiones, el costo y el trabajo serán excesivos en muchas ocasiones. Lugares como éstos en las terrazas requieren inspección y trabajos de conservación después de cada período de lluvias, debido al cieno que se acumula o al exceso de agua que perjudica los camellones.

Al proyectar las terrazas deben tenerse en cuenta los caminos necesarios para dar acceso a todas las partes de la finca. Los caminos de una finca deben situarse en las curvas de nivel, en la parte inferior de las terrazas o en los camellones donde las terrazas son más elevadas. Los sitios de desagüe, protegidos por vegetación, no deben emplearse para construir caminos. Es evidente que los vehículos y maquinaria de la finca damnificarán seriamente el césped, si no lo destruyen, o formarán grietas que la erosión agrandará rápidamente a menos que se hagan con prontitud costosas reparaciones.

## SITUACIÓN DE LAS TERRAZAS DE ABSORCIÓN

Como las terrazas de absorción se emplean para conservar la humedad acumulando las aguas para aumentar la absorción, la necesidad de proveer desagües es limitada y en algunos sistemas puede prescindirse de ellos. En aquellas pendientes de mayor elevación, sin embargo, las terrazas sirven dos propósitos: conservar el agua y detener la erosión. En estos casos será necesario dar salida a una parte considerable de las aguas, especialmente donde las lluvias sean muy intensas. En tales circunstancias se necesitarían los desagües, y el problema de situación, separación y desagüe de cada terraza puede atenderse en forma similar a la descrita para las terrazas de canal.

En los terrenos casi llanos donde las condiciones del suelo y del clima sean favorables, no habrá necesidad de sitios de desagüe para las terrazas, aunque ocasionalmente puede haber períodos breves de escurrimiento. En las pendien-



**Figura 114.**—Cosecha de cereales en una terraza mediante el uso de una cosechadora mecánica.

tes con menos de 3 por ciento de inclinación, con superficie suave y uniforme, el espacio entre las terrazas debe ser de tamaño adecuado para recoger las aguas pluviales durante los períodos de mayor intensidad, por lo general el máximo esperado una vez cada diez años, y para que las aguas cubran la mayor parte posible del terreno con la menor interrupción posible de las operaciones de labranza (figura 114). Al decidir sobre la distancia más conveniente entre las terrazas habrá necesidad de determinar, en primer término, qué altura van a tener las terrazas. La altura efectiva será aquella correspondiente a los extremos que bloquean el desagüe y que deberá ser de la mitad a tres cuartos de la altura real del camellón. La capacidad de la terraza servirá de índice para determinar la distancia máxima entre cada terraza.

A fin de facilitar la labranza en pendientes uniformes relativamente planas, en la mayor parte de los casos es factible alterar la situación de algunas terrazas a fin de mantener paralelas dos o tres de ellas. Esto elimina la necesidad de hileras muertas, excepto entre las series de terrazas paralelas. Las superficies llanas son susceptibles de reajustes horizontales considerables sin alterar fundamentalmente las excavaciones o rellenos para construir los camellones. Al hacerse estos reajustes, por lo general resulta económico preparar primero un mapa topográfico de los campos y ensayar la situación de las terrazas en el mapa antes de replantearlas.

Las aguas excesivas procedentes de las partes altas deben desviarse agrandando la terraza superior, o por otros medios que eviten el deterioro de las terrazas o de los terrenos. Algunas veces, cuando los terrenos necesitan humedad adicional para el desarrollo de los cultivos, se procede a desviar una cantidad

precisa de agua proveniente de los terrenos más altos hacia las terrazas, dejándola pasar de una a otra por medio de aberturas colocadas en forma alternada en sus extremos. Cada sección de terrazas absorberá parte de estas aguas, lo cual redundará en aumentos substanciales del volumen de las cosechas en numerosas regiones agrícolas de suelos áridos. Esta práctica requiere terrazas de diseño especial y medidas correctivas para regular las corrientes de los terrenos superiores. Esto debe hacerse bajo la dirección de una persona familiarizada con los principios de hidráulica y con experiencia en el cómputo del escurrimiento local.

## **LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAZAS Y LOS TIPOS DE SUELOS**

Es posible que las características de los distintos tipos de suelo afecten en forma considerable tanto el diseño como la construcción de las terrazas. Por ejemplo, la susceptibilidad de un suelo a la erosión y su permeabilidad pueden modificar los planes para establecer las distancias entre las terrazas, los declives y las dimensiones de la sección transversal, y la estructura del terreno y sus condiciones físicas afectarán notablemente los detalles de construcción tales como el tamaño, clase de equipo, dificultades de la construcción, estación apropiada para construir, tiempo y fuerza motriz. La facilidad de construcción de las terrazas dependerá directamente de las características del suelo. En algunos suelos la construcción de terrazas es a veces impracticable debido a su inestabilidad natural o a la presencia de una capa de contextura rocosa o endurecida cercana a la superficie.

El conocimiento de la susceptibilidad de los diversos suelos a la erosión y de su permeabilidad hace pensar inmediatamente en la introducción de cambios sustanciales en las terrazas para compensar estas diferencias. Sin embargo, un examen más cuidadoso de los factores en cuestión indica que los cambios deberán ser eliminados o se perjudicará la seguridad de todo el sistema de terrazas. Frecuentemente la intensidad de la lluvia es tanta que los suelos más porosos no pueden absorber todas las aguas pluviales. Las tormentas de larga duración, generalmente, producen la saturación total o parcial de los suelos, lo que reducirá notablemente la infiltración, contribuyendo así a crear un alto grado de escurrimiento en superficies que, en condiciones normales, serían muy permeables. Una vez que el escurrimiento está en proceso, algunos de los suelos más permeables son más susceptibles a la erosión.

Como las terrazas se construyen para resistir las tormentas que puedan ocurrir durante los períodos predeterminados, no parece aconsejable desviarse de las especificaciones generales de construcción debido a variaciones ordinarias del suelo. Cuando exista un conjunto de circunstancias favorables pueden hacerse algunos cambios en estas especificaciones sin afectar la eficiencia del sistema de terrazas.

## **LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAZAS Y LAS PRÁCTICAS DE CULTIVO**

### **EL EQUIPO DE LABRANZA Y EL DISEÑO DE LAS TERRAZAS**

Al preparar las especificaciones para la construcción de las terrazas se debe tener en cuenta el funcionamiento regular del equipo mecánico de labranza. Si el espacio que existe entre las terrazas es muy reducido y el declive muy pronunciado, la operación de la máquina agrícola será impracticable. El espacio y el declive mínimos para facilitar el manejo de las máquinas de labranza en los campos cultivados con terrazas varían según el tamaño de las máquinas agrícolas en uso.

La modificación sustancial de los diseños corrientes de terrazas no se justifica, puesto que la mayor parte de las dificultades que se presentan en el manejo de las máquinas agrícolas en los campos cultivados con terrazas pueden obviarse o aminorarse mediante el uso apropiado del equipo. El uso del equipo de labranza en las curvas de nivel o en forma casi paralela a las terrazas, no sólo disminuye la remoción del suelo entre las terrazas, sino que contribuye substancialmente a conservarlas y elimina muchas dificultades de la labranza. Además, algunas de estas dificultades se obviarán al ajustar adecuadamente las máquinas agrícolas que se usen en las terrazas.

### **LAS PRÁCTICAS DE CULTIVO Y EL DISEÑO DE TERRAZAS**

El desarrollo de las especificaciones para la construcción de terrazas en las estaciones experimentales que estudian la conservación del suelo y de la humedad se debe mayormente a los estudios realizados sobre cultivos en contorno y sobre rotaciones para mejorar el suelo, que incluyen una gran parte de cultivos carpidos (maíz y algodón). El uso extendido de los sistemas de rotación (incluso las plantas de protección en el invierno, los granos y las plantas forrajeras, que generalmente se consideran resistentes a la erosión) y los cultivos en fajas, han motivado la tendencia de los agricultores a descartar la práctica de utilizar los sistemas de terrazas establecidos por las estaciones experimentales y a apartarse substancialmente de los diseños preconcebidos. Suponen que las prácticas agrícolas modificadas reducirán el escurrimiento y la erosión en grado suficiente para justificar aumentos considerables en la separación de las terrazas o reducciones en la capacidad de los canales. Esta tendencia de apartarse del diseño corriente de las terrazas es más seria en aquellas regiones donde el sistema de cultivo en terrazas es reciente y los agricultores carecen de experiencia. Es posible que en circunstancias ideales y con ciertas limitaciones se justifique el apartarse de estos diseños, ya que las hierbas y leguminosas, bien arraigadas, proveen bastante protección contra el escurrimiento del suelo. Los experimentos y estudios prácticos revelan, sin embargo, que cualquier desviación de las especificaciones normales debe mantenerse dentro de límites conservadores y no efectuarse sino después de considerar con detenimiento cuál sería su efecto sobre la erosión y el escurrimiento resultantes de las tormentas que produzcan corrientes de velocidades máximas. La protección completa que las yerbas

permanentes dan al terreno no debe confundirse con la protección parcial que le proporcionan los cultivos anuales que se siembran en rotación, o los cultivos en fajas.

Con el propósito de establecer qué alteraciones son factibles en las especificaciones de construcción de terrazas, de conformidad con determinada práctica agrícola, es necesario considerar los efectos que dichas alteraciones tendrían dentro de un ciclo completo de rotaciones y de lluvias. El grado de protección que el terreno reciba de un cultivo durante las temporadas adversas y el desarrollo de las plantas durante las temporadas de lluvias intensas ofrecen especial interés. Es posible que determinado sistema de cultivo reduzca substancialmente el escurrimiento anual o medio y las pérdidas del suelo, pero si no se pueden asegurar reducciones de importancia durante las lluvias de intensidades más elevadas (que sirven para establecer las especificaciones) sería impropio hacer cambios substanciales en los diseños de las terrazas.

Los datos sobre velocidades del escurrimiento, compilados en las estaciones experimentales para el estudio de la conservación del suelo y de la humedad, revelan que en los terrenos con cultivos carpados las velocidades relativamente altas son más frecuentes que en los campos sembrados de hierbas y leguminosas, y que, por lo regular, en los primeros el promedio anual de pérdidas del suelo es mucho más alto que en los segundos. Un estudio de estos datos, sin embargo, indica que las velocidades del escurrimiento en los terrenos sembrados de hierbas y leguminosas no son iguales durante todas las tormentas en que ocurren las velocidades más altas. Si las tormentas ocurren en un período desfavorable de una siembra, la proporción del escurrimiento y la remoción del terreno serán comparativamente altas.

El propósito fundamental de emplear buenas prácticas de labranza en los terrenos cultivados con terrazas es mejorar la fertilidad del suelo, disminuir la remoción del terreno entre las terrazas y reducir los gastos de conservación, en vez de hacer alteraciones importantes en las especificaciones de construcción.

## ESPECIFICACIONES

Las consideraciones anteriores sobre declives, precipitación pluvial, promedios de escurrimiento, naturaleza del suelo, cubierta vegetal, operaciones de labranza y sistemas de explotación agrícola, en conexión con el diseño de terrazas, aportan algún conocimiento sobre los numerosos factores que conciernen al establecimiento de especificaciones para la construcción de terrazas y sobre la importancia relativa de cada uno de dichos factores en una determinada región. No se considera conveniente asignar valores definidos a estos factores, ni considerarlos por separado con objeto de determinar las especificaciones finales. El problema es muy complicado y sus elementos variables muy indefinidos para emplear tal procedimiento. Las especificaciones corrientes que sirven de guía general en la construcción de terrazas en regiones similares pueden utilizarse tomando como base la información práctica y experimental obtenida en dicha región. Pueden permitirse algunas desviaciones en su aplicación, en casos excepcionales cuando surjan condiciones favorables o adversas, no

previstas claramente. Al establecer las especificaciones se realiza todo esfuerzo para proporcionar un sistema de terrazas que garantice el remedio más eficiente de la erosión y el drenaje adecuado de los campos, así como reducir a su expresión mínima las dificultades en la labor eficiente de cultivo.

### **DECLIVE DEL TERRENO**

Cuando el declive es mayor de 10 ó 12 por ciento es difícil construir y conservar en buen estado terrazas de capacidad adecuada y que puedan cultivarse con equipo moderno. Excepto en aquellas regiones donde las circunstancias lo requieran, no se recomienda cultivar terrenos muy inclinados. En la mayoría de las regiones agrícolas las terrazas de canales se emplean en terrenos inclinados que, bajo un buen plan de siembras, se consideran apropiados para cultivar plantas carpidas. El máximo de inclinación del terreno en que las terrazas de camellones pueden emplearse con mayor eficiencia para conservar la humedad es, por lo regular, de 3 por ciento aproximadamente.

Cuando se emplea esta clase de terraza en terrenos de mayor declive, la zona de absorción es muy pequeña para poder retener suficiente humedad, a menos que la terraza se construya con un camellón muy alto. En casos en que sea imposible obtener la capacidad necesaria de los canales para retener la humedad, se puede construir en los terrenos con declives hasta de 10 al 12 por ciento, una forma modificada de terraza en la que sea factible el drenaje parcial.

En los sitios donde sea necesaria la explotación agrícola de terrenos inclinados, mediante el cultivo de huertos y productos agrícolas generales, se pueden construir terrazas de escalones, si las circunstancias lo requieren. Este tipo de terrazas es adaptable a declives de 25 a 30 por ciento.

### **ESPACIAMIENTO DE LAS TERRAZAS**

Como resultado de observaciones prácticas y de estudios verificados por las estaciones experimentales para la conservación del suelo y de la humedad, se han establecido algunas recomendaciones de carácter general con referencia al espaciamiento de las terrazas. Las distancias entre terrazas que aparecen en la tabla número 4 se basan en estas recomendaciones. Los valores mínimo y máximo varían del valor medio en 15 por ciento. En las regiones donde sea excelente el sistema de prácticas agrícolas, donde el suelo sea resistente a la erosión, y donde la intensidad de las lluvias sea baja, el espaciamiento de las terrazas se puede aumentar sin peligro hasta 15 por ciento. Por otro lado, si el sistema de rotaciones comprende un porcentaje alto de cultivos en hileras, si el suelo es susceptible a la erosión, y es alta la intensidad de la lluvia, el espaciamiento de las terrazas puede entonces disminuirse en igual proporción. A fin de contrarrestar la acción de factores combinados intermedios, el espaciamiento debe aumentarse o disminuirse en forma conveniente. Sucede a menudo que un factor favorable queda neutralizado por uno desfavorable, y en tales casos no puede justificarse desviación alguna del espaciamiento medio recomendado. Por ejemplo, las ventajas de un buen sistema de rotaciones contra la erosión

pueden neutralizarlas las desventajas de un suelo muy susceptible a ella o las lluvias intensas, así pues, el resultado combinado de esos factores es más o menos el mismo que se obtendría si todos los factores fueran normales.

Además de los intervalos verticales entre las terrazas en diferentes grados de declive, la tabla 4 indica las distancias horizontales entre las terrazas. Estos datos se usan para calcular fácilmente qué extensión de terreno pueden servir las terrazas de determinada longitud, o la longitud de terrazas que sería necesaria para servir una extensión de terreno determinada.

Una fórmula conveniente para determinar el intervalo vertical aproximado (en pies) de las terrazas en condiciones normales, consiste en dividir la pendiente (porcentaje) por 4 y añadir 2 al cociente obtenido,  $IV = 2 + \frac{\% P}{4}$ .  $IV =$  intervalo vertical entre dos curvas a nivel y se obtiene dividiendo la pendiente por 4 y sumándole 2. Para convertir el resultado a unidades métricas, multiplíquese por 0,305, o sea,  $IV = \left(2 + \frac{\% P}{4}\right) 0,305$  que es la fórmula para obtener el intervalo vertical en metros

TABLA 3—Distancia entre Terrazas

Porcentaje de pendiente	Distancia en pendiente	Intervalo vertical	Distancia horizontal
	<i>Metros</i>	<i>Metros</i>	<i>Metros</i>
4.....	22, 86	0, 91	22, 86
5.....	19, 81	0, 99	19, 81
6.....	17, 78	1, 07	17, 78
7.....	16, 35	1, 11	16, 33
8.....	15, 27	1, 22	15, 24
9.....	14, 33	1, 30	14, 29
10.....	13, 77	1, 37	13, 72
11.....	13, 21	1, 44	13, 16
12.....	12, 78	1, 52	12, 70
13.....	12, 42	1, 60	12, 32
14.....	12, 09	1, 67	11, 97
15.....	11, 81	1, 75	11, 68
16.....	11, 58	1, 83	11, 44
17.....	11, 36	1, 90	11, 17
18.....	11, 19	1, 98	11, 00
19.....	11, 06	2, 06	10, 84
20.....	10, 84	2, 13	10, 66

Basado en la fórmula  $IV = \left(2 + \frac{\% P}{4}\right) 0,305$

$IV =$  Intervalo vertical en metros

$P =$  Pendiente del suelo en porcentaje

El espaciamiento ideal de las terrazas de absorción parece ser aquél donde la distribución de la humedad sea más uniforme, mínima la remoción del suelo,

escasa la interferencia con las operaciones de labranza, así como razonable el costo de construcción. La capacidad para acumular agua de una terraza a nivel, cerrada en los extremos, es un factor importante y a veces de carácter restrictivo al determinar el espaciamiento. Dicha capacidad debe ser suficiente para retener la acumulación máxima esperada de aguas pluviales que procedan de la cuenca de drenaje durante un período predeterminado. Estas lluvias pueden llegar a 10-13 cm. en las regiones semiáridas y a 15-20 cm. en las regiones más húmedas.

En los terrenos inclinados de configuración bastante uniforme, el declive medio puede usarse para computar los intervalos verticales. Cuando las pendientes varíen considerablemente, debe usarse el promedio determinado de todas las pendientes que atraviesa la terraza. En algunos terrenos puede convenir reducir o aumentar ligeramente el intervalo indicado en algunas terrazas del sistema, a fin de colocarlas ventajosamente. Podrían, además, ser necesarios algunos reajustes entre los intervalos de las terrazas para facilitar la preparación adecuada de los desagües. Con objeto de realizar estos reajustes, por lo regular resulta más conveniente reducir un poco el espaciamiento de las terrazas.

### GRADOS DE LA PENDIENTE

En vista de que las conclusiones de experimentos practicados revelan que tanto el promedio de velocidad de las corrientes superficiales como las pérdidas del suelo a causa del escurrimiento aumentan en proporción al grado de inclinación de las terrazas, se considera satisfactorio para aquéllas de canales el declive mínimo capaz de proveer drenaje adecuado. En virtud de que un declive variable retarda las corrientes y provee mayor drenaje que uno invariable, se considera preferible para terrazas cuya longitud pasa de 100 metros.

Para determinar el declive final, calcúlese la longitud total de la terraza y establézcase una pendiente variable que aumente en proporciones iguales a medida que se llega al sitio de salida de las aguas. Por lo general la pendiente se cambia a intervalos de 100 a 150 metros. Donde fuere necesario, es conveniente variar el declive en sitios difíciles como barrancos, terraplones, o lugares bajos. Raramente puede ser recomendable utilizar pendientes mayores del 0,3 por ciento (treinta centímetros por cien metros) debido a que se producen arrastres incipientes. Una posible excepción puede hallarse en suelos compactos de arcilla o en zonas de escurrimiento muy alto. En ambas circunstancias, puede resultar ventajoso un declive que pueda llegar hasta 0,4 por ciento en la última porción de terrazas cuya longitud total sea de 500 a 600 m.

La terraza de absorción se construye, por lo regular, con una superficie horizontal y cuando conviene drenarla parcialmente, se deja abierto uno de sus extremos, o ambos, o se les imparte un leve declive.

### LONGITUDES

Por lo general, la distancia máxima que el agua debe recorrer en la misma dirección al efectuarse el drenaje de una terraza es de 550 a 600 metros. En

terrenos afectados por cárcavas no es propio que la distancia máxima exceda de 500 m. Cuando sea preciso que la longitud de ciertas terrazas de un sistema sobrepase la máxima recomendada, lo más conveniente es drenar la parte excesiva, de modo que las aguas corran hacia un sitio de desagüe, natural, o artificial cubierto de vegetación, situado en dirección opuesta al sistema general de desagüe. De lo contrario, la terraza íntegra se puede drenar de manera que las aguas corran en la dirección general del sistema, siempre que el perfil transversal del canal de desagüe se agrande en su sección inferior para proporcionarle mayor capacidad.

La máxima longitud de las terrazas de absorción, particularmente cuando ambos extremos se dejan abiertos o cuando se les da un leve declive hacia el sitio de desagüe, no debe ser mayor que el recomendado para terrazas del tipo de canales. Esto significa que las terrazas horizontales pueden tener una longitud máxima de 800 a 1000 metros. Si los extremos se dejan cerrados, el tapar de cuando en cuando el canal de la terraza constituye una medida de protección contra la acumulación excesiva de agua en caso de que se rompa en algún punto. De esta manera no parece necesario conservar dentro de límites determinados la longitud de las terrazas.

### PERFILES TRANSVERSALES

Los tres requisitos principales en lo que respecta al perfil transversal de las terrazas son: (1) capacidad suficiente del canal; (2) el declive de los costados de los camellones y canales debe ser de tal grado que facilite el manejo de los aperos agrícolas sin destruir la terraza ni obstaculizar la ejecución de las labores; (3) construcción económica de las terrazas.

En la figura 99 pueden verse los perfiles transversales que comúnmente tienen las terrazas de camellones y las de canales. En las terrazas de canales el avenamiento se verifica, mayormente, por medio de conductos excavados, con declive, mientras que en las de camellones, las aguas pluviales excesivas inundan una amplia superficie. La profundidad del agua en uno u otro tipo de terraza debe ser de 35 a 55 cm. y el área mínima del perfil transversal del canal debe ser por lo general de 0,75 a 1,00 metro cuadrado. En las terrazas de camellones el área del perfil transversal es casi siempre mayor. En terrazas largas, el área del perfil transversal debe ser de más de 0,75 a 1,00 metro cuadrado hacia el extremo más bajo, puesto que en esa parte de la terraza habrá mayor cantidad de agua.

El declive de los costados de los canales o camellones rara vez debe ser menor de 4:1, mientras que 5:1 es preferible. El declive de los costados puede ser menor en las regiones donde se emplee maquinaria pequeña, pero en las que se utilice maquinaria más grande, el declive debe ser el citado. El ancho total de las terrazas puede variar de 4,5 a 12 metros, de acuerdo con el declive del terreno y la maquinaria que se emplee.

## **COLOCACIÓN DE ESTACAS, RECTIFICACIÓN DEL TRAZADO Y SURCOS INDICADORES**

Comiézase por colocar las estacas correspondientes a la terraza superior, tomando como punto de referencia para medir el primer intervalo vertical la línea divisoria de aguas, en la parte superior del terreno, lo que permite ubicar la primera línea de replanteo. Puede hacerse una excepción de esta regla cuando se desee situar una terraza especial del sistema en un lugar predeterminado. En este caso se coloca esta terraza en primer término, intercalando un número suficiente de terrazas entre ella y la parte más alta del terreno, de manera de no exceder el intervalo vertical correspondiente a cada una de ellas. Si fuera necesario reducir su magnitud, podrá ser repartido proporcionalmente. Después de colocar las estacas de la terraza superior se marcarán, en la misma forma, las otras terrazas sucesivas.

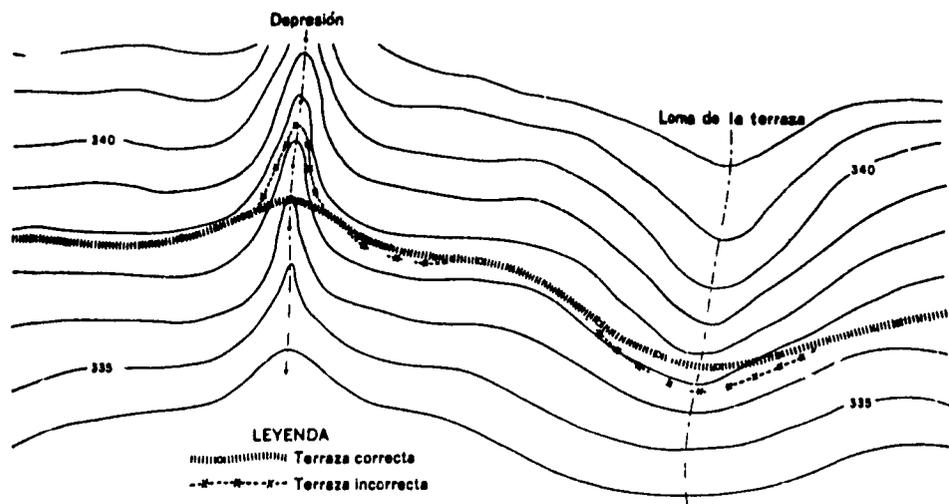
A fin de que las terrazas queden bien alineadas respecto a la zanja de desagüe, es conveniente iniciar la colocación de estacas por el extremo correspondiente a su desagüe. De acuerdo al grado de pendiente adoptado, se marcará toda la línea básica de cada terraza. Si todas las terrazas desembocan en el mismo lado de la zanja, no hay mayor ventaja en iniciar la marcación de las líneas desde su desagüe. Las estacas se colocan a intervalos de 15 metros excepto en las curvas y en los sitios irregulares del terreno, donde el espaciamiento debe ser de 8 metros. Es usual y muy conveniente ubicar las estacas de modo que indiquen la situación del centro del camellón de la terraza.

### **RECTIFICACIÓN DEL TRAZADO**

Después de haber colocado todas las estacas, a menudo es necesario corregir el trazado de cada terraza a fin de eliminar curvas muy pronunciadas, facilitar la construcción y lograr que las terrazas ofrezcan los mínimos inconvenientes al realizar las operaciones de labranza.

La rectificación deberá hacerse de acuerdo con la configuración del terreno y consistirá, por lo general, en mover algunas estacas un poco más arriba o más abajo, en los sitios donde las curvas sean muy pronunciadas, hasta lograr la línea de forma más conveniente. El procedimiento indicado se ilustra en la figura 115. Deben tenerse presente todos los factores a fin de obtener los mejores resultados en la rectificación del trazado de las terrazas.

El reajuste del trazado de las terrazas está sujeto necesariamente a las dificultades que presenten la naturaleza del drenaje y la forma de construcción. La rectificación de las líneas no debe afectar al canal de la terraza en cortes mayores de 15 cm. hacia la parte alta, excepto para eliminar curvas pronunciadas mediante cortes un poco más profundos, siempre que las demás terrazas del sistema requieran igual rectificación. La corrección del trazado en las depresiones, debe hacerse de tal manera que no se necesiten camellones muy altos ni demasiadas depresiones.



**Figura 115.**—La corrección del trazado de las terrazas eliminando las curvas pronunciadas en las depresiones del terreno y en los camellones, facilita la construcción y las operaciones de labranza.

### TRAZADO DE LAS LÍNEAS BÁSICAS

Tan pronto como se haya comprobado la distribución satisfactoria de las terrazas y del sistema de desagüe, se abre con el arado un surco en la línea señalada por las estacas, puesto que las estacas pueden perderse, siendo además difícil distinguirlas al efectuar los trabajos de construcción.

### CONSTRUCCIÓN DE LAS TERRAZAS

Las terrazas pueden construirse con equipo liviano adaptable a la fuerza motriz disponible, bien sea animal o mecánica, o con equipo más pesado y costoso, especial para la construcción de terrazas. En el primer caso, el gasto será mayor en cuanto a tiempo y mano de obra, aunque con pequeño desembolso en efectivo, mientras que en el segundo los gastos serán mayores, con la economía correspondiente en tiempo y mano de obra. Siempre que las terrazas sean necesarias, se justifican el esfuerzo y los gastos si la obra queda bien hecha. Una terraza a medio terminar o incompleta atravesando sitios bajos, será más perjudicial que adecuada; la capacidad insuficiente del drenaje provocará su desbordamiento y destrucción de la terraza; un camellón estrecho impedirá el fácil uso del equipo de labranza y es posible que contribuya a una utilización inadecuada de los terrenos. La construcción de buenas terrazas exige conocimiento en el manejo del equipo seleccionado. Se economizará tiempo y esfuerzo si el operador conoce a conciencia su tarea.



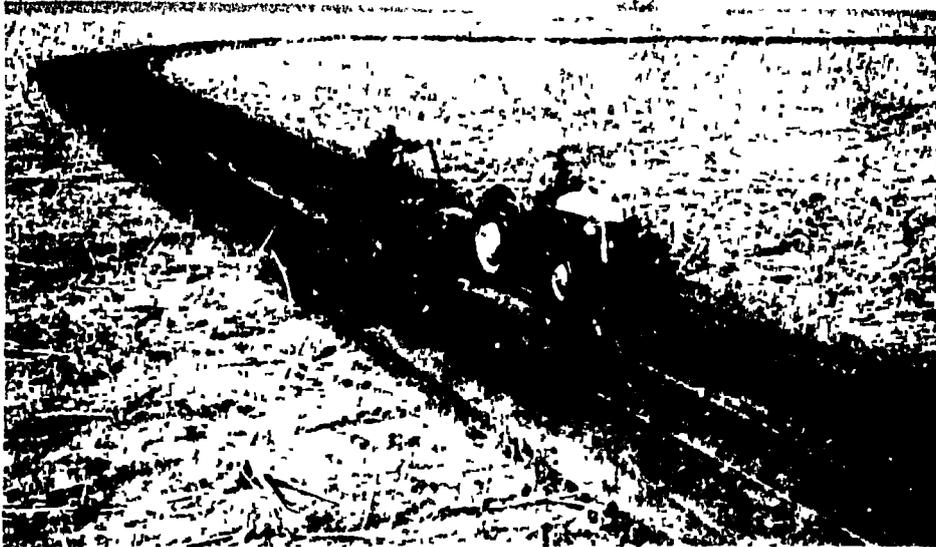
**Figura 116.**—Construcción de terrazas con un arado y rastra en V. Se requiere una cantidad considerable de trabajo para poder construir terrazas satisfactorias con esta clase de equipo.

### PROCEDIMIENTO

Al iniciar el trabajo deberá construirse primeramente la terraza superior. Luego se construyen las subsiguientes de arriba hacia abajo. Si se construyen primero las terrazas de abajo, existe la posibilidad de que se dañen si sobrevienen lluvias antes de terminar la construcción de las superiores. La terraza más alta no sólo debe ser la primera en construirse, sino que su construcción debe ser excelente, porque de ella depende la seguridad de las demás. Es muy probable que si la terraza superior fracasa en su objetivo, las demás fallarán también al sobrecargarse sus funciones dentro del sistema.

### TRABAJOS SUPLEMENTARIOS

Siempre que las terrazas atraviesen cárcavas o ligeras depresiones, es preciso hacer algunos trabajos de relleno para lograr el emplazamiento debido y la altura apropiada de los camellones. Este trabajo se efectúa con una pala buey, una pala fresno, o un rastrillo de rotación. Cuando los rellenos no se ejecutan como es debido, a menudo producen dificultades en las terrazas. En caso de existir una zanja ancha y profunda, el relleno se efectúa siguiendo un método semejante al que se emplea para construir un dique de tierra. Debe ser compacto e impermeable. Entre los costados de la zanja y la tierra de relleno debe ponerse un buen material de retención. El terraplén debe tener suficiente altura y anchura para evitar la acumulación o el arrastre de tierra. Por lo



*Figura 117.*—Construcción de terrazas con una niveladora liviana y tractor.

general la altura de la parte de terraza donde hay rellenos se aumenta de 15 a 50 por ciento para compensar el asentamiento del terraplén.

Cuando haya canales o cercas que impidan el libre uso de la maquinaria, será necesario construir a mano ciertas partes de la terraza. Es importante que



*Figura 118.*—Construcción de una terraza de canales con una pala buey o rastrón.



*Figura 119.*—Un disco especial adaptable a los tractores pequeños ha dado resultados satisfactorios en la construcción de terrazas.

en todos estos sitios el canal tenga amplia capacidad, puesto que cualquier deficiencia en un punto de la terraza es suficiente para desvirtuar su eficacia.

No se puede considerar que una terraza está terminada hasta no haber verificado cuidadosamente su declive y altura. Para que el canal tenga la debida capacidad y el agua corra en la dirección que se desee, deben marcarse las alturas anormales del fondo del canal y las depresiones del camellón y corregirlas antes de retirar la maquinaria. En las terrazas a nivel, sólo es necesario ajustar las depresiones del camellón. Los instrumentos que se usan son el nivel y la mira, y deben tomarse suficientes lecturas para determinar con exactitud las correcciones que sean necesarias. Deben verificarse con cuidado las elevaciones y el grado del declive, especialmente en las curvas y en los cruces con zanjas y en las bocas de desagüe. El error que generalmente se comete al construir terrazas es darles demasiado declive cerca del desagüe. Si es necesario corregir una parte considerable de las terrazas, es probable que el trabajo se pueda realizar de manera más satisfactoria con la maquinaria empleada en su construcción.

### **PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN TERRAZAS**

Un sistema de terrazas bien construidas no sirve de por sí para detener la erosión. El sistema es meramente el principio. El provecho que rinda el sistema

de terrazas depende de lo bien que se conserve y del sistema de explotación que se ponga en práctica. Después de construído, con frecuencia el agricultor no realiza esfuerzos para combatir la erosión y el dinero invertido en la construcción del sistema se pierde a causa de las prácticas inadecuadas de cultivo.

Numerosas terrazas, después de usadas durante cinco a más años, pierden su eficiencia por haberse sembrado continuamente el mismo cultivo, o porque a consecuencia de efectuar labranzas en el sentido de la pendiente, la capacidad de desagüe ha disminuído a tal extremo que frecuentemente se producen desbordamientos.

Una de las prácticas agrícolas más ventajosas en el uso de las terrazas es el cultivo en igual dirección que las curvas del terreno, es decir, la preparación de los surcos y la siembra en forma paralela a las terrazas. Este sistema da lugar a una serie de depresiones y camellones pequeños entre las terrazas, que ayudarán a conservar la humedad y detener la erosión. El manejo de los aperos agrícolas en sentido paralelo a las terrazas, y especialmente los equipos de penetrar en el suelo, provocan el mínimo deterioro del camellón y del canal de la terraza (figura 121). Si se hacen los surcos paralelos a las terrazas y se colocan en lugar apropiado los remates de las amelgas, es posible mantenerlas en buen estado y modificar su sección transversal adaptándola a las condiciones particulares de cada terreno. El método de arar en terrenos con terrazas de canales y de camellones, a fin de poder agrandar y conservar el canal en las primeras, y el camellón en las segundas, se ilustra en la figura 122. La situación de los remates en el canal o en el camellón debe ser la indicada en la figura 122, pudiéndose variar de año a año de acuerdo a las condiciones particulares de las superficies afectadas. Es conveniente volcar hacia arriba la mayor cantidad de surcos posible.

Las irregularidades del terreno y las diferencias en sección de las terrazas así como la clase de equipos utilizados dificultan el establecimiento de reglas fijas para arar terrenos con terrazas, de manera que éstas puedan conservarse en buen estado y obviarse las dificultades provocadas por las diferencias de pendientes. El arador deberá ser hábil, puesto que el punto de partida y de terminación serán distintos, no sólo en cada campo de cultivos, sino en un mismo campo todos los años. Deberá tener presente la sección transversal más conveniente de las terrazas, así como la necesidad de conservar y agrandar el canal por medio del arado, de conservar el camellón alomando en su línea céntrica y de variar la situación de los otros remates a fin de lograr el relieve más ventajoso entre las terrazas.

El arado de doble vertedera no se usa de ordinario para arar los campos, pero tiene aparentemente ciertas ventajas específicas para arar los terrenos cultivados en terrazas. Este arado eliminará la necesidad de hacer remates en sitios desventajosos. Otra ventaja consiste en que la superficie entre terrazas puede volcarse pendiente arriba, lo que contrarresta en parte el arrastre del suelo en el sentido de la pendiente.

Puede mantenerse en buen estado una sección de terrazas con poco trabajo



*Figura 120.*—Construcción de terrazas en Venezuela.

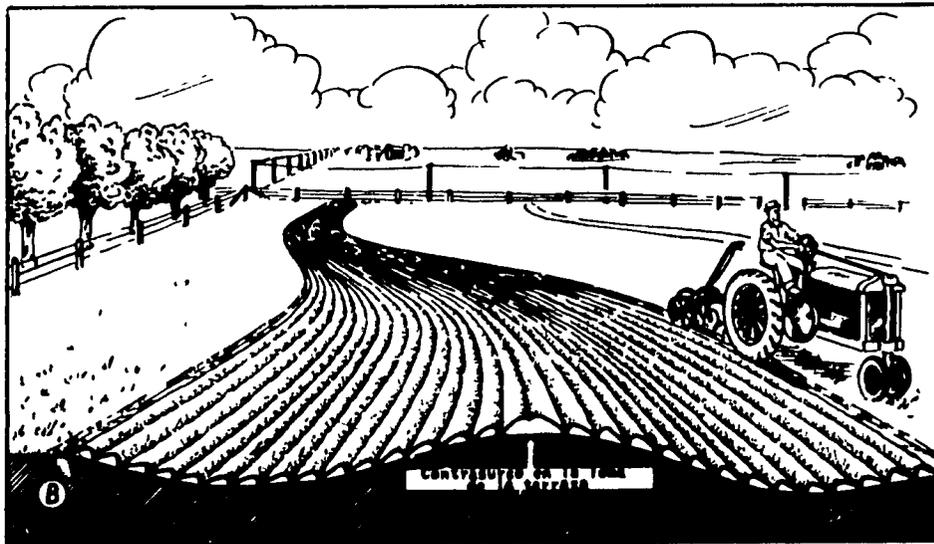
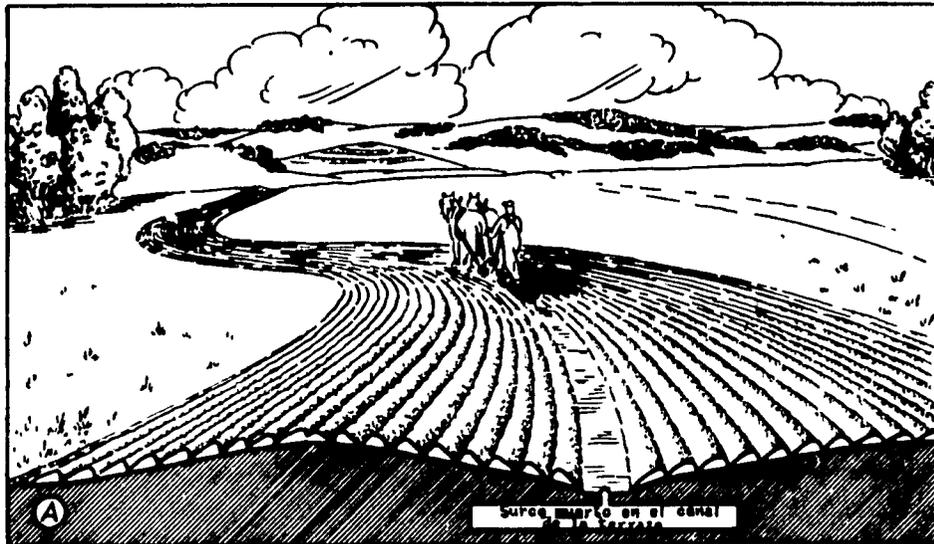
adicional, utilizando labranzas en contorno y métodos convenientes de arar la tierra. En condiciones excepcionales, cuando no sea posible mantener esa configuración adecuada de la sección transversal por medio de las operaciones ordinarias de labranza, será necesario utilizar la niveladora o la pala de arrastre. La maquinaria ligera para construir terrazas o la rastra V, construída por el propio agricultor y movida por la fuerza motriz de que se disponga, pueden usarse, de ordinario, con resultados satisfactorios.

En algunas regiones se combina la siembra en fajas con el sistema de terrazas, como medio de combatir mejor la erosión (figura 123). Existen varios métodos de preparar los cultivos intercalados de pastos y leguminosas y los cultivos intensivos en las terrazas. Los tipos de rotación, los cultivos y la proporción de cada cultivo determinarán en parte la disposición y el ancho de las



**Figura 121.**—El empleo de surcos a nivel en los intervalos del sistema de terrazas contribuye a retener la humedad y a detener la erosión facilitando la conservación de las terrazas en buen estado.

fajas. Al combinar ambos métodos de combatir la erosión (1) úsese fajas de terreno de anchura lo más uniforme posible para que la rotación de cosechas sea factible, (2) ubíquense las fajas de manera que la separación entre ellas se encuentre entre terrazas adyacentes; en esta forma una porción del espacio existente entre ellas quedará cubierto por un cultivo protector; (3) elimínense en todo lo posible los remates bloqueados (aquéllos que deben efectuarse para arar las superficies encerradas por dos surcos curvos), ocupándolos con cultivos de crecimiento denso (señbrados a voleo); y (4) úsese el menor número de fajas posible, pero suficientes para detener la erosión, de modo que las operaciones de labranza no resulten complicadas ni incómodas.



**Figura 122.**—Conservación de terrazas por medio del arado: *A*, en las terrazas de canales, éste puede agrandarse por medio del arado. A fin de contrarrestar los arrastres de terreno pendiente abajo, deben volcarse tantos surcos como sea posible entre las terrazas, pendiente arriba. *B*, en las terrazas de camellón, éste puede agrandarse abonando sistemáticamente. La situación de los surcos debe cambiarse todos los años para evitar las depresiones excesivas del terreno.

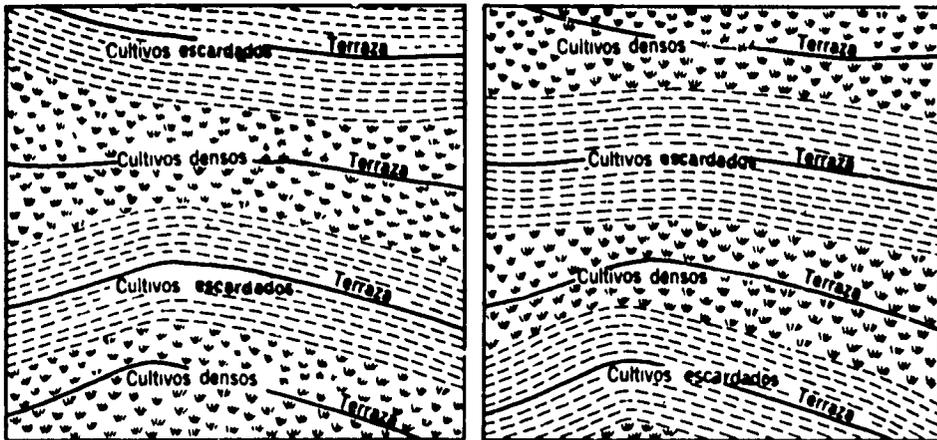


**Figura 123.**—Combinación de los cultivos en fajas con el sistema de terrazas. Las fajas paralelas adyacentes se colocan al centro de las terrazas. Véanse los labradores de pie en los camellones.

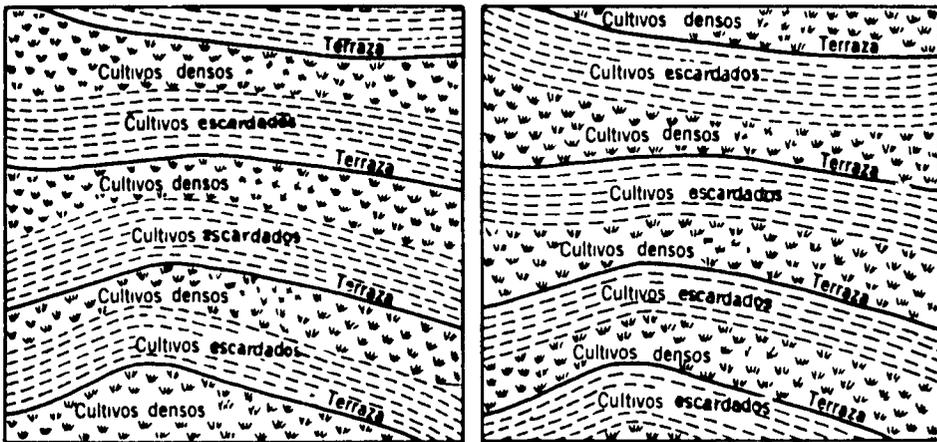
Cuando se combinan el cultivo en fajas y el de terrazas, de modo que las plantas de crecimiento denso queden en terrazas alternas y los cultivos carpidos en los intervalos resultantes, no se detiene mejor la erosión que cuando se utilizan rotaciones en la forma ordinaria. Además, se complican las operaciones de labranza y cosecha. La figura 124 muestra el método más efectivo de combinar terrazas con cultivos en fajas.

Cuando se siembran cultivos carpidos en contorno es imposible evitar las hileras cortas o bloqueadas, a menos que la superficie de las pendientes sea muy uniforme. Estas hileras cortas pueden arreglarse en distintas formas, pero la forma final en que se coloquen depende enteramente del criterio del agricultor. Es posible que influyan en su selección factores tales como las prácticas previas o la clase de aperos agrícolas que se empleen. La figura 125 indica tres de las formas más comunes de ubicar las hileras bloqueadas demostrando su posición en el canal de la terraza, en la base del camellón y entre las terrazas.

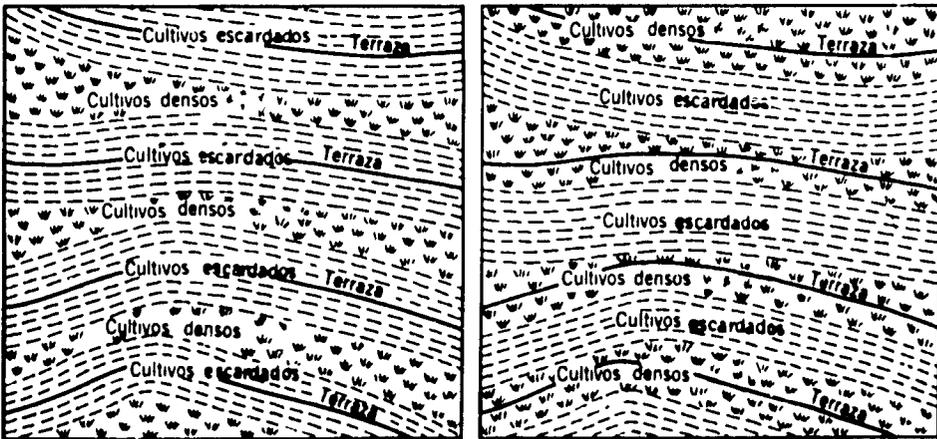
Es posible hacer muchas combinaciones de esta naturaleza, el mérito de las cuales dependerá principalmente de las condiciones locales y de la habilidad del agricultor. Una combinación de evidente mérito consiste en colocar las hileras largas en situación paralela a lo largo de terrazas alternadas y procurar que las hileras cortas terminen a lo largo de las terrazas intermedias. Con este método sólo una terraza sí y otra no tendrán hileras cortas, las que terminarán en el canal y de frente al camellón. Algunas personas sostienen que al terminar las hileras cortas en las terrazas se contribuye a aumentar la erosión debido a que las hileras quedan levemente en sentido del declive y tienden a concentrar el movimiento de la maquinaria agrícola en las terrazas. Esta



Fajas Resistentes a la Erosión en Terrazas Alternadas

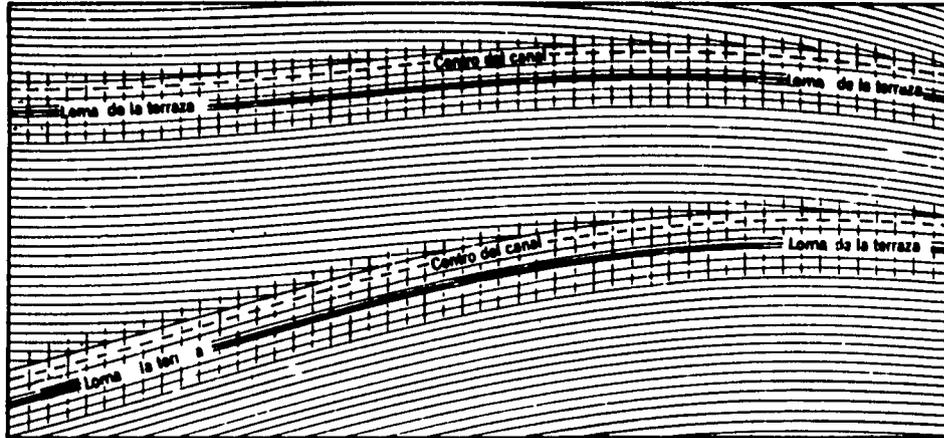


Fajas Resistentes a la Erosión Directamente Debajo o Sobre cada Terraza

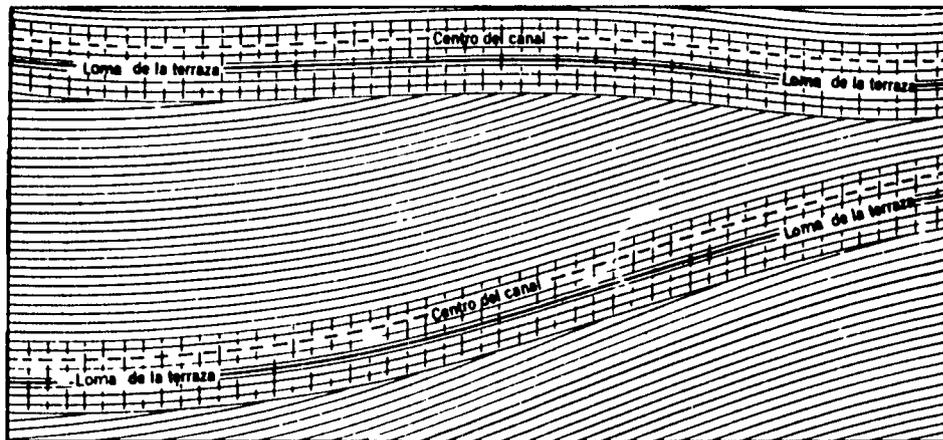


Fajas Resistentes a la Erosión entre Terrazas o en Terrazas Consecutivas

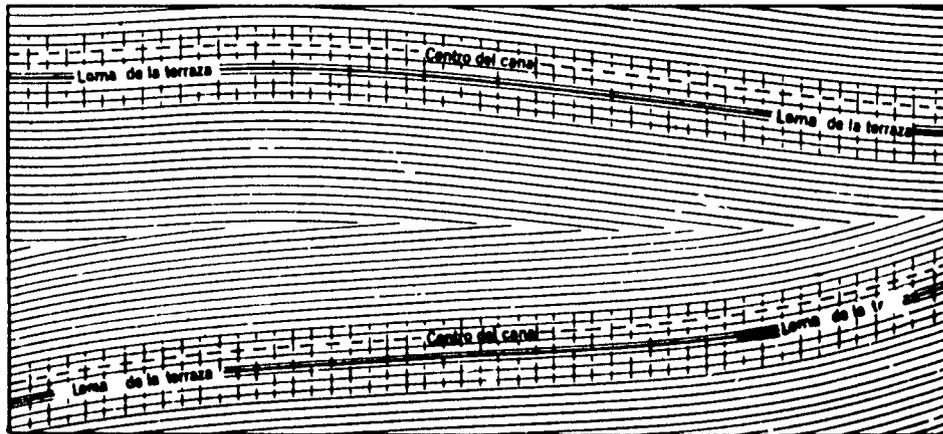
Figura 124.—Tres métodos de combinar los cultivos en fajas con los sistemas de terrazas.



Hileras Cortas en el Canal de una Terraza



Hileras Cortas en la Base de la Loma de la Terraza

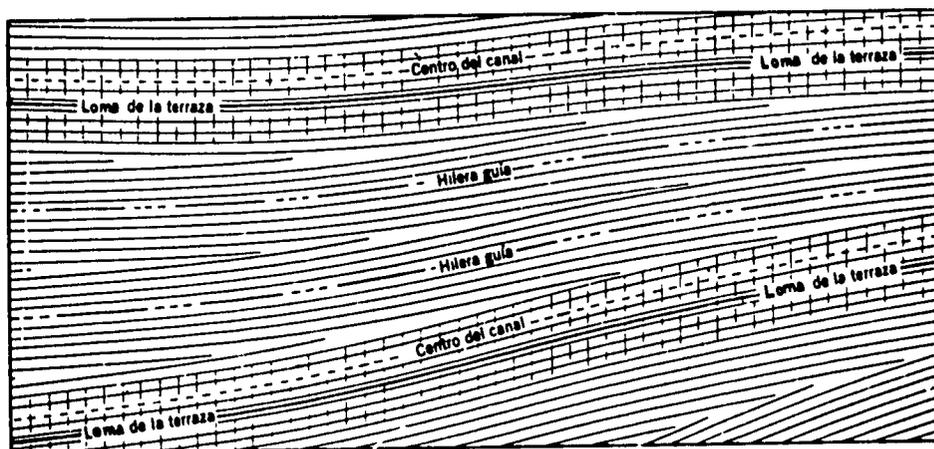


Hileras Cortas entre Terrazas

**Figura 125.**—Tres métodos de colocar las hileras cortas o bloqueadas en el cultivo de terrazas.

objeción puede contrarrestarse en parte por el empleo de hileras paralelas en el espacio ocupado por las terrazas y terminando las hileras cortas exactamente en la parte superior o inferior de este sitio. El bosquejo de combinación que aparece en la figura 125 sugiere su colocación entre las terrazas y compensa su desviación de las curvas de nivel.

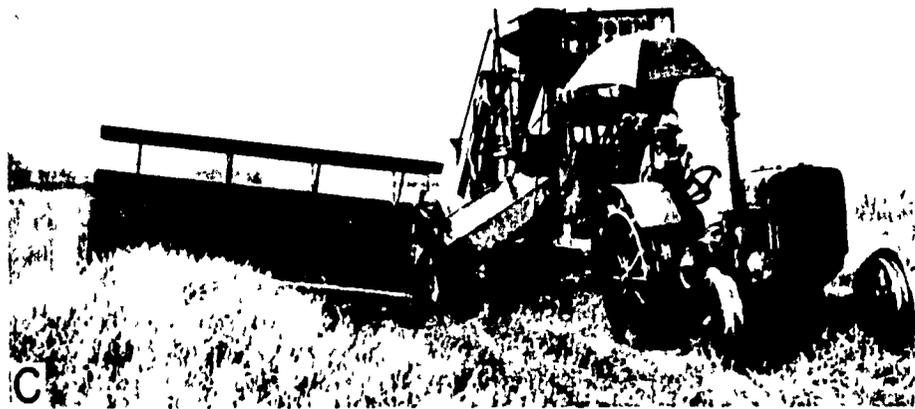
La posición de las hileras que se muestra en la figura 126 reduce la desviación de las hileras cortas de las curvas de nivel. Una o más hileras guías se colocan a distancias iguales entre las terrazas, y las hileras cortas se ubican entre las hileras guías o entre las terrazas y las hileras guías, de acuerdo con el sistema de hileras que se usa. Este sistema requiere más trabajo que cualquiera otro discutido en este capítulo.



**Figura 126.**—Con el emplazamiento de las hileras cortas entre las hileras guías de las terrazas, todas ellas se ajustan mejor a las curvas de nivel que en cualquiera de los métodos ilustrados en la figura 125. Éste es el más complicado de los cuatro métodos recomendados.

Insistimos de nuevo en la necesidad de inspeccionar las terrazas con frecuencia, especialmente durante el primer año de operación, cuando el terreno de los camellones y rellenos se está asentando. Durante este período deben inspeccionarse después de cada aguacero fuerte. Si ocurren derrumbes en las terrazas, se debe proceder a repararlos tan pronto como sea posible. Cuando el escurrimiento se aumente entre las terrazas provocando en los canales acumulaciones de limo que interrumpen su curso, será necesario limpiarlos lo más pronto posible de manera que el canal quede franco para el próximo aguacero; este trabajo debe hacerse con una pala durante la inspección. Por lo regular esa inspección debe ser más cuidadosa en los sitios donde hay zanjas que interceptan las terrazas, en los ángulos y en los extremos de desagüe.

Algunos agricultores objetan al sistema de terrazas por creer que interfiere con el trabajo de labranza. Sin embargo, no se percatan de que las cárcavas formadas gradualmente en sus tierras terminarán por impedir las operaciones agrícolas en mucho mayor grado que las terrazas, y que con los arrastres



**Figura 127.**—El equipo agrícola puede operarse con eficiencia en las terrazas siempre que estén bien construidas y que se ponga en práctica el sistema de cultivo en surcos a nivel, según puede verse en estas figuras.

continuos del suelo, la explotación agrícola será totalmente inútil. El cultivo en terrazas no resulta difícil si el agricultor está dispuesto a abandonar el uso de las hileras rectas y experimentar el cultivo en surcos a nivel (figura 127). A pesar de que estos procedimientos ocasionan inconvenientes de menor importancia, por lo regular las ventajas son mayores que las desventajas. Los agricultores reconocen que ni siquiera la labranza de las hileras bloqueadas es tan difícil como se creía. Después que el agricultor se acostumbra al sistema de hileras cortas puede llevar a cabo labores ordinarias con muy poco perjuicio de los cultivos. Se ha llegado a la conclusión de que resulta mucho más fácil maniobrar el equipo en las curvas a nivel que en el sentido de la pendiente.

## Capítulo VII

### CULTIVOS EN FAJAS

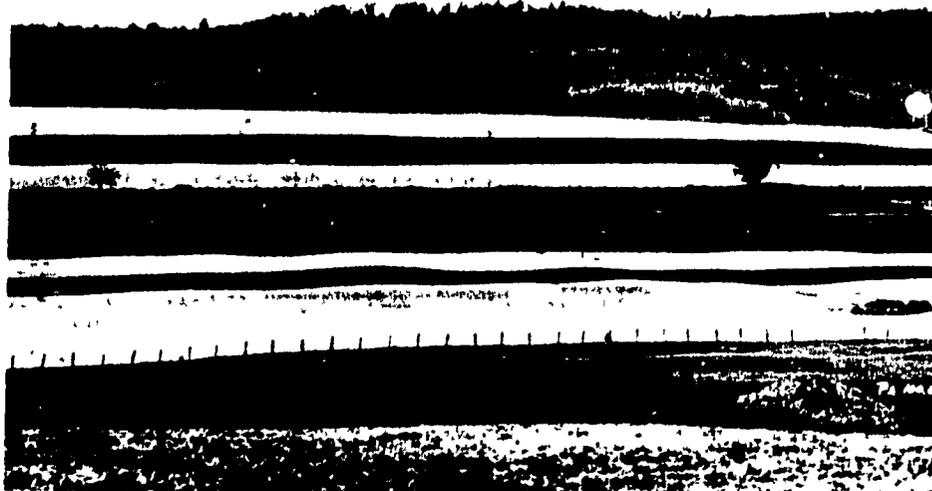
**E**XISTEN CUATRO TIPOS principales de cultivos en fajas: (1) fajas horizontales, (2) fajas transversales continuas; (3) fajas contra la erosión eólica, y (4) fajas de contención.

(1) En las fajas horizontales la siembra se verifica en bandas de terreno emplazadas en ángulo recto con el declive natural del suelo. Por lo general, las fajas se cultivan según un sistema definido de rotaciones sucesivas, sin que para esto sea necesario que todos los cultivos en la rotación estén en el mismo campo o unidad de explotación agrícola durante el mismo año. Este tipo de cultivo en fajas se usa para contrarrestar los efectos erosivos de las aguas. También se emplea con éxito en los terrenos inclinados de las regiones donde la erosión eólica puede ser tan grave como la hidroerosión (véase la figura 128).

(2) En las fajas transversales continuas las bandas de terreno son uniformes y se colocan en sentido opuesto al declive pero no siguen la configuración del suelo. Se recomienda el uso de este tipo de fajas únicamente en las regiones de topografía demasiado irregular u ondulante, para que el cultivo en fajas horizontales sea factible (véase la figura 129).



*Figura 128.*—Cultivos en fajas horizontales.



*Figura 129.—Cultivos en fajas transversales continuas.*

(3) En las fajas contra la erosión eólica, las bandas de terreno son uniformes, por lo general rectas, y en lo posible se colocan en ángulo recto con la dirección predominante del viento. Se recomienda el uso de este tipo de fajas en los terrenos llanos o casi llanos, donde la hidroerosión tiene poca importancia (véase la figura 130).

(4) En las fajas de contención, las bandas de terreno sembradas de pastos o leguminosas se colocan entre las fajas de los cultivos correspondientes a las rotaciones regulares. Las fajas pueden ser anchas o angostas, iguales, o variables. Se utilizan únicamente en los sitios muy escarpados o afectados por la erosión, o a intervalos más o menos regulares de las pendientes. Un solo cultivo de los que forman la rotación podrá sembrarse en cada unidad del predio cultivado, es decir, habrá igual número de unidades sembradas de un cultivo que el número de cultivos que constituyan la rotación. Las fajas de contención protegen mejor contra los agentes erosivos que las siembras compactas de cereales o cultivos intercalados. Si las fajas de contención se colocan en líneas a nivel, las labores de cultivo en ellas serán más fáciles. Para contrarrestar los efectos erosivos del viento puede sembrarse un cultivo anual en la faja de contención (véanse las figuras 131 y 132).

El tipo de cultivo en fajas depende de las condiciones locales, tales como los productos que pueden cultivarse; de los agentes erosivos (lluvia o viento); y de las características físicas del suelo.



**Figura 130.**—Cultivos en fajas contra la erosión eólica. Las fajas son iguales de ancho, paralelas, y están emplazadas en posición transversal a la dirección del viento.

## CLASES DE TERRENO

Los agricultores deben conocer la capacidad productiva de sus terrenos. Los terrenos llanos requieren escasa protección contra los efectos de la erosión, excepto cuando estén expuestos a la erosión eólica. Los terrenos leve o moderadamente inclinados están expuestos a la erosión y es aquí donde las fajas de contención ayudan positivamente a detenerla y aumentan las cosechas. Es posible que los terrenos sean muy inclinados y estén muy afectados por la erosión; que los rendimientos sean escasos debido a la poca fertilidad y falta de materia orgánica o a la escasez de lluvia, y que estén expuestos a los efectos erosivos del agua y del viento. En estos terrenos deben emplearse los procedimientos adecuados para rehabilitar y conservar el suelo. En los sitios donde sea aplicable, el cultivo en fajas en estos terrenos es una de las prácticas más efectivas de conservación, porque facilita el uso correcto de ellos y de otras prácticas de conservación.

Los sitios de suelo poco profundo, con pendientes muy pronunciadas, con pocas lluvias, o inapropiadas para cultivar a causa de otros factores, deben dedicarse a la siembra de vegetación permanente para fines de pastoreo o de producción de heno. En ciertas condiciones, sin embargo, para mantener la mejor producción de pastos o plantas forrajeras, estos terrenos deben renovarse de vez en cuando, así como aplicárseles nuevas semillas. A menudo, al renovar las siembras, es conveniente dedicar los terrenos durante un año o dos a cultivos intensivos o cereales. Se recomienda que esta clase de terrenos inclinados se cultiven siempre en fajas para no exponerlos a los efectos de la erosión.

## ROTACIONES

Nunca se hará demasiado hincapié en la importancia de las rotaciones en el sistema de cultivos en fajas, no sólo en lo que respecta a los cultivos y el orden de la rotación, sino en lo que concierne al predio o unidad de explotación agrícola. El medio más eficaz de combinar las siembras para combatir la erosión, es el empleo de rotaciones compuestas de fajas de cultivos de crecimiento denso, alterñadas con fajas de cultivos intensivos o de granos. Este proce-

dimiento de cultivo puede llevarse a cabo de las siguientes maneras: rotación de cuatro años constituida por cultivo intensivo, granos, y 2 años de pastos; rotación de 5 años de un cultivo intensivo, granos y 3 años de pastos; y rotación de 6 años de un cultivo intensivo, granos y 4 años de pasto. Al objeto de colocar los cultivos en la forma más adecuada, se necesitan dos unidades de siembra en la rotación de 4 años y tres unidades en las rotaciones de 5 y 6 años. En cualquiera de estas tres rotaciones, cada unidad tendrá fajas alternadas de un cultivo intensivo y pastos; la segunda, fajas alternadas de grano y pastos, y la tercera unidad, en las rotaciones de 5 y 6 años, se dedicará exclusivamente a pastos. La forma de colocar los cultivos cambiará todos los años según progrese la rotación.

En los sitios donde las leguminosas y pastos perennes no se adapten bien, se podrá hacer una rotación de un cultivo intensivo, granos y un cultivo anual de leguminosas. El orden de los cultivos se deberá disponer de modo que se aprovechen al máximo los cultivos de cobertura de invierno y verano, los abonos verdes, y los residuos de cosechas para proteger y mejorar el suelo. En las regiones áridas, los cultivos intensivos, los cultivos de granos y los períodos de barbecho, si se emplean, deberán ordenarse en tal forma que la humedad se aproveche bien y que los rastrojos sean adecuados.

### TERRAZAS Y CULTIVOS EN CONTORNO

Las operaciones de labranza para preparar los surcos con arado de vertedera o de discos, emparejar el terreno, sembrarlo y cultivarlo, así como otras labores suplementarias, pueden efectuarse en sentido transversal al declive sin



**Figura 131.**—Faja de contención sembrada de pasto de Kentucky (*Poa pratensis*) y fleo de los prados (*Phleum pratensis*) entre tabaco y maíz.

necesidad de recurrir a los cultivos en fajas, pero generalmente es más difícil, porque no existen señales fijas para servir de guía. Cualquiera que sea el sistema de cultivo en fajas, establece marcas lineales fijas en la configuración del terreno para cada operación de cultivo. Las terrazas se utilizan para proteger los terrenos contra los efectos de la hidroerosión y constituyen una verdadera necesidad, conjuntamente con cultivos en fajas, donde son numerosas las pequeñas depresiones o cárcavas y se concentran las corrientes. En muchas ocasiones las terrazas de desvío sustituyen ventajosamente a las terrazas equidistantes, tanto en los terrenos cultivados en fajas como en los predios superiores, a fin de protegerlos contra los efectos erosivos de las corrientes que proceden de tierras más altas. En las regiones de poca lluvia, cultivadas siguiendo prácticas agrícolas para conservar la humedad, los cultivos en fajas requieren terrazas horizontales de extremos cerrados para impedir la erosión y aumentar los rendimientos. En los sitios donde las terrazas se cultivan en fajas para detener el escurrimiento y la erosión, pueden aumentarse los cultivos intensivos de la rotación así como el ancho de las fajas.

### **ENCALADO, FERTILIZACIÓN Y ABONADO**

La efectividad del sistema de cultivos en fajas en regiones húmedas depende substancialmente de la calidad de la faja de pasturas. Con objeto de combatir la erosión, mejorar los terrenos y aumentar los rendimientos, los sembrados de leguminosas y hierbas vivaces deben desarrollarse vigorosos y tupidos, para que la rotación, desde su comienzo, produzca estos efectos en las leguminosas y gramíneas; los terrenos deben abonarse con cal y fertilizantes de acuerdo a las deficiencias observadas. El sistema de cultivos en fajas comprende un plan metódico para abonar cada faja de terreno con cal o fertilizante en el orden correspondiente; los gastos pueden dividirse a prorrata entre un número de años; y debido a la acción antierosiva del sistema de cultivos en fajas, la pérdida de materias fertilizantes es insignificante.

En múltiples condiciones, el sistema de cultivos en fajas facilita la conservación o rehabilitación de la materia orgánica del suelo. Las rotaciones deben seleccionarse de manera de incluir, durante la mayor parte de su duración, una combinación de cultivos de raíces profundas y superficiales. Sobre los campos se dejan los residuos de las cosechas, o se entierran como abono en su oportunidad, con arreglo a la rotación sistemática de cultivos en fajas. Los abonos verdes o cultivos en cobertura se efectúan a menudo en combinación con los cultivos en rotación, o se intercalan entre éstos.

### **UTILIDAD DE LA LABRANZA Y LOS RASTROJOS**

Como medida complementaria de los cultivos en fajas, para impedir las pérdidas de humedad y arrastres de suelo, debe mantenerse la superficie con terrones y cubierta con residuos de cosechas. Es ésta una de las medidas más efectivas para conservar la riqueza y la humedad de los terrenos en barbecho,

y para proteger las tierras dedicadas a cultivos intensivos y granos durante la preparación de la sementera del cultivo siguiente. La combinación de ambas prácticas agrícolas protege mejor los terrenos contra los efectos de la erosión. Como medida para combatir la erosión causada por el viento, los cultivos en fajas reducen la erosión de la superficie expuesta en las áreas de cultivos escardados, disminuyendo la velocidad del viento al ras de la superficie terrestre, en tanto que la labranza que deja la superficie en terrones y cubierta con los rastrojos de la cosecha aminora los arrastres del suelo y conserva la humedad. Con frecuencia los arrastres del suelo comienzan en una ladera expuesta, un lugar arenoso, o una zona sin vegetación. El cultivo en fajas limita los arrastres a fajas de terreno donde es posible combatirlos por medio de las prácticas agrícolas, con más facilidad que en todo el campo.

### ANCHURA DE LAS FAJAS

En un sistema de cultivos en fajas su anchura no puede determinarse por medio de reglas invariablemente aplicables a toda la serie de circunstancias que pueden existir. En las regiones lluviosas, las fajas varían de 20 a 50 metros de ancho. El grado y longitud de la pendiente, la permeabilidad del suelo, la susceptibilidad de éste a la erosión, la cantidad e intensidad de las lluvias, la clase y disposición de los cultivos en la rotación, y el tamaño del equipo de labranza, son algunos de los factores que determinan la anchura de las fajas. En las regiones de poca lluvia cultivadas por medio de prácticas agrícolas antierosivas, las fajas de maíz de 4 metros de ancho y las de granos hasta de 100 metros, resultan eficientes para contrarrestar los efectos erosivos del viento. En las



*Figura 132.*—Faja de contención sembrada de maíz en un campo de papas, para la protección contra los efectos erosivos del viento.

diversas condiciones de escurrimiento la anchura de las fajas varía de acuerdo con el suelo, los métodos de cultivo y labranza y la velocidad del viento. Cuando haya necesidad de proteger las tierras contra los efectos erosivos del viento, así como del agua, no es conveniente que la anchura de las fajas exceda del máximo apropiado para impedir la erosión causada por uno sólo de estos elementos. Los ensayos experimentales que se realicen aportarán información más exacta sobre estos extremos

Las terrazas acortan la pendiente; es decir, la longitud de la pendiente es la distancia entre las terrazas más bien que la distancia total desde el punto más bajo hasta el más alto del terreno. Por esta razón, cuando van acompañadas de un sistema de cultivos en fajas, las terrazas afectan la anchura de las fajas, las que, en algunos casos, serán iguales a la distancia entre las terrazas, pero en otras circunstancias será preferible adoptar una anchura de fajas que abarque más de un intervalo de terrazas.

En general, las fajas deben hacerse de un ancho que facilite las labores agrícolas, pero no tan extremadamente anchas que provoquen la concentración de las corrientes y por ende las pérdidas excesivas del suelo. La experiencia revela que las pérdidas de agua y suelo son mayores cuando las fajas se apartan demasiado de la horizontal que cuando las fajas de los cultivos carpados son muy anchas. En pendientes irregulares, donde las fajas no siguen bien las curvas de nivel, habrá que hacerlas más angostas que en terrenos de pendiente uniforme con pequeñas desviaciones de la horizontal.

## DESAGÜES EMPASTADOS

Los desagües son indudablemente parte del sistema de cultivos en fajas y deben protegerse con pastos u otra vegetación de crecimiento tupido apropiada. Al disponer los terrenos para los cultivos en fajas, deben hacerse planes específicos para cubrir de pasto todos los desagües principales. Si al comenzarlos el campo está dedicado a pastos, éstos deberán permanecer cubriendo los desagües.



*Figura 133.—Ancho desagüe empastado.*

La práctica más usual y conveniente consiste en empastar los desagües conjuntamente con la siembra de pastos para heno, si bien ambas labores pueden hacerse por separado. Cuando la erosión de los desagües es avanzada, deberá nivelarse la superficie un poco antes de preparar la tierra para recibir las semillas. Una cobertura de heno o de paja servirá para proteger las semillas hasta que los pastos hayan prendido. Luego será necesario colocar porciones de ellos en los claros, donde a pesar de todas las precauciones, las corrientes se hayan llevado la semilla.

Es un error común el preparar desagües empastados muy estrechos; deben ser bastante anchos para facilitar el corte, lo cual debe realizarse al tiempo de segar las plantas forrajeras de las fajas para hacer heno (véase la figura 133).

## TERRENOS CULTIVADOS EN FAJAS

Una vez proyectado y establecido correctamente el sistema de cultivos en fajas, se podrá conservar siempre en buen estado si se le presta la debida atención. En general, las operaciones de labranza para cultivar la tierra en fajas no difieren de las labores agrícolas para cultivar predios enteros, pero se necesitan algunas precauciones especiales.

Debe mantenerse la rotación de cultivos. Las praderas deben ararse y sembrarse de cultivos adecuados, conforme a un plan de siembras. Si fallan las semillas de pastos en una serie de fajas, deberá hacerse otra siembra para que no se interrumpa la sucesión del sistema de cultivos en fajas.

Debe variarse la forma de arar las fajas para no hacer camellones altos en los bordes y surcos profundos en los centros. El equipo, la forma de las fajas y su situación, determinan el modo de arar. Si se emplea un arado de doble vertedera, la reja volcará la tierra pendiente arriba, con lo que el agua podrá penetrar debajo de la capa removida. Con alguna experiencia las fajas se labrarán con igual facilidad que otras tierras de cultivo.

Al hacer la siembra de fajas en curvas a nivel, comiencese por el extremo superior o el inferior y continúese a través de la faja. En donde las fajas son irregulares respecto a su anchura y ambos bordes están a nivel, la mayoría de los agricultores prefieren hacer la siembra comenzando desde ambos lados hacia el centro. En esta forma el mayor número de hileras se adapta horizontalmente a la configuración del terreno y todas las hileras cortas quedan al centro de las fajas, lo que constituye la disposición más efectiva de las hileras para conservar la humedad. Además, esta disposición de las siembras (1) economiza tiempo al eliminar largos recorridos innecesarios cuando se cultivan o cosechan hileras largas y cortas simultáneamente; (2) es más conveniente, particularmente durante la siega de cultivos intensivos (el maíz se corta para ensilado, o para desgranarlo, a mano o a máquina, comenzando con las hileras largas exteriores, dejando para lo último las hileras cortas), y (3) elimina la necesidad de dar la vuelta por encima de los cultivos de las fajas adyacentes (véase la figura 134).



**Figura 134.**—Al comenzar la siembra desde los lados hacia el medio, todas las hileras cortas quedan al centro de la faja.

Los desagües empastados deben protegerse contra todas las operaciones de labranza. Al llegar a un desagüe empastado deben levantarse los arados, las gradas de discos, y las cultivadoras antes de cruzarlo.

Los desagües empastados tienden a llenarse de sedimento. En casos extremos, es posible que la situación del desagüe se desvíe tanto que el agua fluya por los costados, dando origen a cárcavas. Por este motivo, las orillas de un desagüe empastado deben ser irregulares. Es necesario pasar con cuidado el equipo de labranza sobre él para evitar que los surcos queden paralelos al mismo, agrandándolo de acuerdo con la necesidad, efectuar la siega para impedir la acumulación excesiva de forraje, y protegerlo contra el pisoteo de los animales cuando la tierra esté húmeda y blanda, para que conserve siempre su eficiencia contra los efectos erosivos de las lluvias de gran intensidad (véase la figura 135).

El suelo de la capa superior arrastrado por las corrientes se deposita sobre las partes más bajas de los campos. Algunas veces, los arrastres y sedimentaciones ocurren en un mismo predio pero en otras ocasiones esto sucede de un predio a otro. Este proceso destruye los cultivos de un lugar, restándoles vigor, y en otros cubriéndolos de sedimento. Estos daños a los cultivos disminuyen los rendimientos. De igual modo, cuando hay arrastres, las plantas se debilitan o mueren por la acción corrosiva de las partículas de tierra, por la remoción del suelo que sostiene sus raíces, o bien por que se sofocan bajo la tierra procedente de los arrastres. Es posible que los terrenos no se puedan utilizar durante un año o que haya necesidad de resembrarlos, en cuyo caso la demora del cultivo reducirá la cosecha.

En los prados las pérdidas de humedad o de suelo son menores que en los terrenos sembrados de granos o de cultivos intensivos (maíz, algodón, etc.).



*Figura 135.*—Levantando el arado para cruzar los desagües.

También son menores las pérdidas en las rotaciones que en las siembras continuas. Tanto menores serán las pérdidas cuanto más compacto sea el crecimiento de un cultivo y cuanto más tiempo ocupe el terreno. Los cultivos intensivos, por su falta de densidad y del sistema de raíces profundas, no protegen bien el suelo. Los cultivos de maíz y sorgos, sin embargo, protegen bien el suelo contra los efectos erosivos del viento. Aunque los cereales como la avena, cebada, centeno, arroz y otros similares, ocupan los terrenos por menos tiempo que los cultivos intensivos (maíz, algodón, etc.), protegen mejor contra los efectos de la erosión por su crecimiento denso, su amplio sistema de raíces y sus rastrojos más compactos. Las leguminosas perennes ocupan el terreno todo el año, se desarrollan muy compactas durante el verano y poseen un sistema de raíces profundas y fibrosas que producen un césped tupido, que constituye la mejor protección contra los agentes erosivos.

Las fajas de pastos y de leguminosas perennes intercaladas entre las fajas de cultivos intensivos y de cereales como la avena, cebada, centeno, arroz u otros similares, forman una combinación de cultivos de resultados excelentes. En aquellos casos en que la proporción de pastos y leguminosas de la rotación sea insuficiente para formar esta combinación, pueden usarse fajas de esas plantas no incluidas en la rotación regular.

Durante la preparación del terreno para la siembra y el período de germinación y arraigamiento, las pérdidas del suelo son mayores a menudo en las fajas de avena, cebada, centeno, arroz y cereales similares que en las fajas de cultivos intensivos como el maíz, algodón, etc., a causa de la formación de camellones en estos cultivos por efecto de los métodos de labranza y de los instrumentos agrícolas. Por esta razón, en las regiones lluviosas, si la rotación exige que los cereales tales como avena, cebada, centeno, arroz, etc. y los cultivos intensivos (maíz, algodón, etc.) ocupen fajas adyacentes, los cereales mencionados en primer término deberán colocarse en fajas más bajas que los cultivos intensivos a fin de obtener mejores resultados. En los sitios donde hay necesidad de alternar las fajas de ambos cultivos por falta de leguminosas

perennes arropiadas para la rotación, habrá necesidad de combinar el uso de terrazas con el sistema de cultivos con fajas

La disposición de los cultivos en la forma siguiente es eficaz para conservar el suelo y la humedad en las regiones cálidas de poca lluvia: fajas alternadas de cereales como la avena, cebada, centeno, arroz, etc. y cultivos intensivos (maíz, algodón, etc.); avena, cebada, centeno, arroz, etc. y barbecho de verano; o dos cultivos intensivos, tales como algodón y sorgos, o habichuelas y sorgos, uno de los cuales protege el terreno mejor y tiene más rastrojos que el otro. En los sitios donde se puedan sembrar pastos y leguminosas, una faja de prado, intercalada en los cultivos en fajas, protegerá mejor el suelo. En las regiones cálidas y de poca lluvia, donde las pendientes son largas y moderadas, un sistema combinado de terrazas a nivel y cultivos en fajas conservará la humedad, aumentará el rendimiento de las cosechas, y proporcionará mayor cantidad de rastrojos para impedir las pérdidas del suelo, que los cultivos en fajas aisladamente.

### **AUMENTO DE LAS COSECHAS**

Generalmente, al establecerse un sistema de cultivos en fajas, se efectúan ciertos cambios en las condiciones de los campos y del suelo que aumentan el rendimiento de las cosechas. En las regiones lluviosas las leguminosas deben recibir aplicaciones de cal al entrar en la rotación y la avena, cebada, centeno, arroz, etc., y otras gramíneas, se abonarán con otros fertilizantes. En las regiones citadas, así como en las cálidas y de poca lluvia, las operaciones de labranza se efectuarán en forma horizontal siguiendo la configuración del terreno, en vez de hacerlo en el mismo sentido de la pendiente. Los resultados de experimentos que comprenden el cultivo en surcos horizontales, la rotación de los cultivos, la aplicación de cal y fertilizantes, y otras medidas para mejorar el suelo, demuestran que la combinación de todos estos métodos y prácticas en un sistema de cultivos en fajas aumenta la productividad de la tierra.

## **Capítulo VIII**

### **CULTIVOS DE COBERTURA PARA CONSERVAR EL SUELO**

**L**A EVIDENCIA OBTENIDA de estudios experimentales demuestra que el suelo está más expuesto a los agentes erosivos si los campos están desprovistos de vegetación. Revela, además, que la erosión afecta con mayor facilidad los suelos deficientes en materia orgánica y humus. Excepto en pendientes de muy poca inclinación, las corrientes erosivas deterioran la superficie del suelo, a menos que la vegetación lo evite deteniendo los arrastres. Esta situación crea un problema grave en vista de que aproximadamente tres cuartas partes de los cultivos se producen en terrenos bastante inclinados y, por tanto, expuestos a la erosión, a menos que se protejan con los cultivos adecuados o se adopten otras medidas correctivas

A pesar de no haberse sembrado expresamente con tal propósito, cualquier vegetación se considerará como un cultivo de cobertura (antierosivo), siempre que proteja bien el suelo contra los efectos de la erosión. Así pues, los cereales en estado de crecimiento, la hierba de los prados, y los cultivos sembrados para enterrarlos como abonos verdes, se consideran cultivos de cobertura. Sin embargo, en su acepción general, este término se limita, más concretamente quizá, a los cultivos sembrados con el propósito especial de contrarrestar la erosión, aumentar la materia orgánica y mejorar la fertilidad del suelo. La vegetación de cobertura es factor esencial en las prácticas agrícolas de conservación del suelo, en cualesquier circunstancias, pero en los campos en cultivo es donde debe prestársele mayor atención. A medida que el suelo superficial es lavado o va agotándose, el arado invierte el subsuelo menos fecundo, se dificultan las operaciones de labranza y los rendimientos y las utilidades disminuyen a menos que se rehabiliten los terrenos con materia orgánica y abonos comerciales.

Las principales ventajas que ofrecen los cultivos protectores o de cobertura son las siguientes.

1. Reducen el escurrimiento de las aguas pluviales y conservan la humedad
2. Impiden la erosión excesiva del suelo
3. Aumentan la materia orgánica del suelo.
4. Impiden las pérdidas de los elementos de nutrición vegetal del suelo, especialmente las sustancias nitrogenadas.
5. Cuando se entierran forman ácidos orgánicos y otros compuestos y facilitan así el aprovechamiento de las sustancias alimenticias minerales.
6. Pueden servir para pastoreo al final del otoño, en el invierno, o al principio de la primavera
7. Protegen las terrazas recién construídas y otras estructuras mecánicas para combatir la erosión (figura 136).



**Figura 136.**—Veza (*Vicia sativa*) de invierno que sirve de cultivo protector en el camellón de una terraza recién construída. Comúnmente la avena y centeno también se usan para proteger las nuevas terrazas contra los agentes erosivos.

8 Aumentan la producción del maíz, algodón, y otros cultivos comunes.

9. Modifican la textura del suelo de modo que aumentan su capacidad para absorber las aguas pluviales o de riego.

Por lo general las ventajas de los cultivos de cobertura resisten las críticas razonables de que puedan ser objeto. Sin embargo, para conocimiento práctico de los agricultores, a continuación se enumeran las desventajas principales de los cultivos de citados:

1. El costo de la semilla
2. El costo de la mano de obra para preparar el terreno y la siembra del cultivo.
- 3 La incertidumbre de conseguir que la vegetación prenda y se desarrolle.
- 4 La posibilidad de que sus efectos sean desfavorables respecto al estado de humedad del suelo.
5. La posibilidad de que alberguen insectos dañinos, como los gusanos cortadores (*Feltia*), que atacan luego al maíz u otras siembras

El cultivo de cobertura no es una especie de "sálvalotodo" y constituye únicamente una práctica agrícola de las que se recomiendan en un programa completo de conservación del suelo

Las plantas que se cultivan en hileras muy separadas, como el algodón, maíz, papas, y tabaco, vegetan en condiciones muy favorables a los arrastres del suelo. Estos cultivos deben sembrarse en rotaciones sistemáticas, que deben complementarse con cultivos de cobertura, a fin de reducir al mínimo las pérdidas de suelos y mantener el nivel cuantitativo de los rendimientos. El trigo y otros cereales similares, sembrados en terrenos muy inclinados, particularmente donde existe el sistema de los barbechos de verano, necesitan también atención especial a fin de evitar las pérdidas extraordinarias del suelo y la reducción de los rendimientos.

Asimismo los cultivos de cobertura de verano son a menudo de importancia vital. En regiones arenosas donde llueve mucho en esa estación, o donde la

velocidad del viento es excesiva, se necesitan los cultivos citados, a menos que la proporción de materia orgánica del suelo sea considerable.

Las lespedezas anuales, sembradas después de los cereales de invierno, sirven de cubierta eficaz y económica y mejoran el suelo. Las leguminosas, sembradas de tal suerte que su desarrollo sea denso, reducen la erosión al mínimo, mientras ocupan la tierra y aumentan el rendimiento de cualquier cultivo sembrado en la rotación. Cualquier cultivo de verano en rotación, sembrado al voleo, o en hileras juntas, ayuda a combatir la erosión y conservar la fertilidad del suelo.

Los cultivos de cobertura sembrados conjuntamente con los cultivos en rotación se recomiendan especialmente con el objeto de evitar las pérdidas del suelo debidas a la erosión. Por otra parte, dado que no se cultivan con objeto de cosecharlos, no requieren abonos ni tratamientos especiales y tampoco consumen elementos nutritivos, puesto que, al enterrar el cultivo, los que éste haya utilizado se reincorporan al suelo.

Numerosas plantas de cobertura permanentes, tales como Kudzú (*Pueraria thunbergiana*), lespedezas perennes, pastos, varios arbustos, enredaderas y otras que de ordinario no se siembran con plantas carpidas y que ocupan los terrenos por largo tiempo, pueden plantarse en suelos pobres y afectados por la erosión, que no están bajo cultivo.

La plantación y desarrollo de los cultivos antierosivos es una imitación del método que la naturaleza emplea para proteger el suelo. A medida que los agentes naturales completan el proceso de la formación del suelo a través de las



**Figura 137.**—Trébol rojo sembrado en el trigo. El trébol rojo, otras leguminosas y pastos sembrados con cereales como la avena, cebada, centeno, arroz, etc., impiden la erosión después de la cosecha.

edades, la naturaleza protege su obra con una manta de vegetación diversa. El hombre no puede pasar por alto estos hechos ni hacer caso omiso de los principios fundamentales de la formación y cohesión del suelo sin pagar el precio de su ignorancia: la erosión acelerada del suelo y, por último, el abandono de sus tierras.

Bajo condiciones naturales, alguna clase de plantas ocupa el suelo durante la época de la siembra y deja residuos orgánicos para protegerlo durante el invierno. Si la explotación agrícola ha de tener carácter permanente, la productividad del suelo debe mantenerse no con la aplicación temporal de elementos de nutrición vegetal, sino mediante la conservación del propio suelo, sembrando plantas antierosivas en rotación o combinadas con cultivos intensivos (maíz, algodón, etc., figura 137), hortalizas (figura 138), y otros que sólo ocupan el terreno durante parte de la época de cultivo o protegen el suelo parcialmente.

Es una práctica agrícola excelente la de emplear los cultivos de cobertura como abonos verdes, o sea enterrarlos volviéndolos con el arado antes de que se sequen. Así usadas, estas plantas mejoran el suelo al añadirle materia orgánica, y suplir elementos de nutrición vegetal para los cultivos subsiguientes. De este modo, los abonos verdes constituyen una protección del suelo y evitan la erosión durante su período vegetativo. Subsiguientemente aumentan la fertilidad del suelo. Para que el uso de tales cultivos sea lo más eficaz posible, numerosos factores son dignos de consideración especial. De todos modos, la erosión o pérdidas del suelo se impedirán durante una parte del año y si los abonos verdes se emplean con propiedad, aumentarán los rendimientos.

Los cultivos de cobertura, usados como abonos verdes, deben enterrarse en la primavera mientras haya suficiente humedad y antes que los cultivos lleguen a su madurez vegetativa, estado en que pueden resistir la putrefacción. Por lo general, esta operación dará buenos resultados si se efectúa 2 semanas antes de sembrar el maíz o 3 semanas antes de sembrar el algodón. Para los cultivos de hortalizas tempraneras conviene escoger una cobertura cuyo desarrollo vegetativo sea tupido a principios del otoño y la cual sirva en invierno de cultivo protector que pueda enterrarse más tarde. En las huertas frutales el cultivo protector debe enterrarse o cortarse antes de que los árboles empiecen a retoñar en la primavera.

La clase de cultivos de cobertura que deba usarse se determina de acuerdo con las condiciones y necesidades locales, y los objetivos predeterminados.

En terrenos en los cuales no se producen cosechas comerciables y la erosión es avanzada, conviene muchas veces sembrar una mezcla de plantas de cobertura, herbáceas y perennes, adaptadas a la región, con la idea de que las más apropiadas y de mayor resistencia vegetativa protejan el suelo con su cobertura permanente, la cual podría ser sustituida oportunamente por una plantación de bosques natural o artificial. Las orillas de los caminos y sitios similares pueden a menudo sembrarse de plantas perennes útiles para impedir la erosión y mejorar el aspecto. En cambio, los terrenos cultivados pueden protegerse más económica y eficazmente con la cobertura de cultivos corrientes, tales como el



**Figura 138.**—Altramuz azul (*Lupinus varius*) en flor en una arboleda de pacanas (*Carya illinoensis*).

trébol dulce, alfalfa, trébol rojo, trébol encarnado, veza, guisantes forrajeros, centeno, lespedezas, ballico, dátilo conglomerado (*Dactylis glomerata*), pasto agróstide, fleo, pasto bromo, trigo, y avena, que se conozcan como adaptables a la región de que se trate. Las mezclas de leguminosas y gramíneas son muy buenas para detener la erosión y mejorar el suelo, deben sembrarse y cultivarse en igual forma a la que se utiliza en la localidad para obtener forraje.

Otros cultivos que se usan o pueden usarse en forma similar a muchos de los mencionados son el trébol amargo (meliloto amarillo anual), las crotalarias, los frijoles de vaca (*Vigna sinensis*), las sojas, el mijo, pasto Sudán, el sorgo, el alforfón, la alfalfa, el trébol rojo, el trébol híbrido, y muchos otros pastos. Cuando se usen como cobertura vegetal para combatir la erosión y mejorar el suelo, estas plantas deben sembrarse al voleo, siguiéndose las mismas prácticas agrícolas que se emplean cuando el cultivo es para forraje.

Hasta donde sea posible, la semilla para los cultivos de cobertura debe producirse en la propia finca, lo cual tiende a reducir su costo, contribuye a que

haya cantidad suficiente para la siembra, y aumenta las probabilidades de que los cultivos de cobertura se adapten a las condiciones de la región.

**TABLA 4.—Datos sobre la proporción de semilla de los cultivos comunes empleados como cobertura general o de invierno**

Cultivo	Cantidad de semilla por hectárea
	<i>Kilos</i>
Trébol dulce ( <i>Melilotus alba</i> ).....	13 a 20
Trébol encarnado ( <i>Trifolium incarnatum</i> ).....	22 a 27
Alfalfa dentada ( <i>Medicago hispida</i> ).....	13 a 16
Vesa ( <i>Vicia villosa</i> ).....	33 a 40
Chícharos forrajeros ( <i>Pisum sativum</i> var. <i>arvense</i> ).....	40 a 43
Lespedeza (de Corea) ( <i>Lespedeza stipulacea</i> ).....	16 a 27
Centeno ( <i>Secale cereale</i> ).....	60 a 92
Avena de invierno ( <i>Avena sativa</i> ).....	53 a 86
Trigo ( <i>Triticum</i> ).....	98
Avena y cebada ( <i>Hordeum</i> ).....	86 a 108

## Capítulo IX

### CULTIVOS QUE AGOTAN, CONSERVAN O REHABILITAN EL SUELO

**S**E DICE DE ALGUNAS plantas que “agotan, conservan, o rehabilitan el suelo.” Estas plantas afectan de manera diversa la conservación del suelo y la humedad. Conviene aclarar estos conceptos.

El concepto “plantas que agotan, conservan, o rehabilitan el suelo” no debe confundirse con el concepto “prácticas que agotan, conservan o rehabilitan el suelo.” Bien puede una práctica agrícola inadecuada agotar un terreno aunque nada se cultive en él. Las prácticas agrícolas que conservan y rehabilitan el suelo comprenden la aplicación de cal y abonos, la rotación de los cultivos, y otros medios de más alcance que la mera utilización de ciertas plantas.

Las plantas necesitan una variedad de sustancias minerales para su nutrición, pero en la agricultura las más importantes son la cal, el fósforo, el potasio y, en ocasiones, el magnesio. En ciertas condiciones se mejora el terreno con manganeso, boro, cobre, hierro y zinc, y en casos excepcionales, con otros minerales raros. Las plantas necesitan nitrógeno, pero éste no proviene de las rocas en descomposición. El suelo puede agotarse por la pérdida de las sustancias minerales nutritivas o de la materia orgánica, o de ambas. Examinemos lo que son cultivos que agotan el suelo y analicemos la pérdida de minerales y de materia orgánica.

#### CULTIVOS QUE AGOTAN EL SUELO

Un cultivo que agota el suelo es aquél que destruye la materia orgánica o provoca la pérdida de minerales en exceso de lo que necesita para nutrirse. La materia orgánica se destruye por el exceso de labores de cultivo que la planta requiere y los minerales se pierden al quedar el suelo expuesto a la erosión. El término es relativo, pues algunas plantas agotan la tierra más que otras. Los cultivos de trigo, avena, cebada, centeno y arroz favorecen la erosión hasta cierto grado y aunque se dejen en pie sin cosechar, nunca pueden considerarse como plantas que conservan el suelo. Sin embargo, no causan tanto desgaste como el maíz o el algodón.

Una plantación de trébol o lepedeza, entremezclada con cultivos de trigo, avena, cebada, centeno o arroz, compensará la pérdida de materia orgánica siempre que la leguminosa haya cubierto la superficie del terreno sembrado al tiempo de efectuarse la cosecha del cereal. La compensación de materia orgánica



*Figura 139.*—Cultivo de algodón que ha agotado el suelo al no poder impedir los efectos de la erosión

será mayor si los cultivos de estos cereales se dejan para servir como pasto. Un cultivo combinado con trébol y lespedeza, que se deje para servir de pasto o en pie sin cosechar, tiende a conservar los elementos de nutrición vegetal del suelo

La cal, el fósforo y el potasio que contiene una planta provienen del suelo donde ha crecido. No pueden proceder de otro sitio. Si estas plantas se usan para alimento de ganado o se arrancan del suelo en alguna otra forma, la tierra perderá la proporción de cal, fósforo, potasio y otros minerales que dichas plantas han extraído, dejando que se pudran sobre el terreno o enterrándolas con el arado, se devuelvan al suelo los minerales que contienen. Los cultivos, el lixiviado y la erosión agotan el contenido mineral nutritivo de las tierras, el cual puede conservarse mediante prácticas agrícolas que reduzcan las pérdidas causadas por las malas labores y la erosión, pero no existe ninguna clase de cultivo capaz de aumentarlo. Cuando faltan los minerales hay que añadirlos. Todo cultivo extrae algo del suelo y en esta forma lo empobrece. El algodón y el maíz se consideran como plantas que agotan el suelo. En cambio la mayor parte de los cultivos que sirven para hacer heno lo conservan.

Sin embargo, desde el punto de vista de los elementos nutritivos extraídos del suelo, el algodón agota la tierra igual que la grama de Bermuda. Doce toneladas de alfalfa por hectárea extraen más elementos nutritivos del suelo que 2 800 kilogramos de maíz por hectárea. El algodón y el maíz empobrecen el suelo porque lo dejan expuesto a la erosión. Si pudieran cultivarse en condiciones que eliminaran la erosión, su efecto no sería ni mayor ni menor que el del heno (figura 139).

La cantidad de minerales que las plantas extraen del suelo es pequeña al compararse con la que se pierde por efectos de la erosión. Sin embargo, en las tierras pobres en minerales, la pérdida constante de los elementos de nutrición vegetal, surte efectos considerables a través de los años, los cuales deben evitarse. Los pastizales viejos se van empobreciendo con el tiempo, porque el consumo constante de la hierba por el ganado que produce leche y carne empobrece lentamente el suelo. Además del nitrógeno extraído del suelo por cada 1000 litros de leche producidos por las vacas a pasto, la tierra pierde como 1,4 kilos de cal y 1,7 kilos de ácido fosfórico y por cada tonelada de alfalfa producida, la tierra pierde 15,6 kilos de cal, 4,8 kilos de ácido fosfórico, y 18 kilos de potasio. En esa forma se agota el suelo.

Si los cultivos han de aprovecharse, es inevitable el consumo de los minerales nutritivos del suelo. Con el tiempo habrá que reemplazarlos o de lo contrario la productividad decaerá gradualmente aunque no exista la erosión. Afortunadamente la reposición de los minerales no cuesta mucho y produce resultados magníficos.

La materia orgánica es esencial para el suelo. Ella contiene nitrógeno, elemento importante de nutrición vegetal. Los cultivos que conservan y rehabilitan el suelo han de estudiarse especialmente desde el punto de vista de sus efectos sobre la materia orgánica. Los campos cubiertos de césped aumentan en materia orgánica, pero en los terrenos cultivados, las plantas, sean o no leguminosas, consumen la materia orgánica, la cual realmente se quema.

La destrucción de la materia orgánica se debe a un proceso de oxidación que sobreviene con el desarrollo de microorganismos. Este proceso se acelera con la ventilación del suelo, después de efectuadas las labores de cultivo. Cuanto más intenso es el cultivo, especialmente en regiones cálidas, mayor es la destrucción de la materia orgánica. En esto la erosión también ejerce gran influjo. La materia orgánica se halla principalmente en la capa superior del suelo. Es éste el terreno que las aguas arrastran y con él se va la materia orgánica. La remoción de la tierra también favorece la erosión. Los cultivos que desgastan y conservan el suelo deben, por lo tanto, estudiarse desde el punto de vista de sus efectos sobre la materia orgánica y los minerales que contiene. Los cultivos que lo rehabilitan sólo pueden enmendarlo en cuanto a su contenido de materia orgánica.

Evidentemente la erosión desempeña un papel mucho más importante que la mera extracción de cultivos, especialmente cuando éstos se usan para pasto. El problema esencial, debidamente considerado, se reduce, por lo tanto, a la erosión del suelo; pero no debe olvidarse que aún en los campos no afectados por la erosión, los cultivos tienden a destruir la materia orgánica y que toda planta cultivada agota el suelo al sustraerle sus elementos de nutrición vegetal.

## **CULTIVOS QUE CONSERVAN EL SUELO**

Los cultivos cuyas plantas requieren la remoción mínima del terreno durante su proceso vegetativo se denominan cultivos que conservan el suelo. Según se ha dicho, si el cultivo ha de utilizarse en alguna forma, es imposible

conservar todos los minerales del suelo. No obstante, excepto por efectos de la erosión, la pérdida de minerales no es excesiva, y éstos pueden reemplazarse a bajo costo. Las plantas que no requieren labores de cultivo tales como alfalfa, trébol, lespedeza, kudzú, heno y pasto, conservan la materia orgánica del suelo, lo cual es esencial (figura 140, A y B) Así pues, el cultivo de estas plantas tiende a conservar el suelo, aún cuando la cosecha consuma una parte de sus minerales.

Estas leguminosas y gramíneas impiden la erosión y la pérdida concurrente de materia orgánica y minerales. La remoción anual del terreno que requieren las labores del cultivo de cereales (trigo, avena, cebada, centeno, arroz) causa la pérdida de una parte de la materia orgánica y expone el suelo a los efectos de la erosión más que si se tratara de terrenos dedicados a pastos (figura 140, C) Sólo puede decirse que un cultivo de cereales (trigo, avena, cebada, centeno, arroz) conserva los elementos nutritivos del suelo cuando se compara con otro cultivo que desgasta más la tierra, como el maíz o el algodón. En comparación con las praderas, los cereales son cultivos que desgastan el suelo. Podemos repetir nuevamente que el término "cultivos que agotan el suelo" es relativo. Las plantas conservan el suelo hasta el grado en que su cultivo es compatible con una mínima remoción durante las operaciones de labranza y en proporción con su densidad y estabilidad como cobertura vegetal. La absorción de los elementos de nutrición vegetal por las plantas, factor indispensable en la utilización de las cosechas, tiene poca importancia en el desgaste del suelo. El concepto de conservación del suelo incluye el de mantener su fecundidad, por lo que aquellos cultivos que mejor ayuden a mantenerla a la par que rindan cosechas utilizables, son los que mejor conservan la materia orgánica y los minerales del suelo.

### **CULTIVOS QUE REHABILITAN EL SUELO**

Los cultivos que rehabilitan el suelo rinden el mayor provecho a la agricultura, pues no sólo conservan los elementos de nutrición vegetal ya existentes, sino que mejoran el suelo. También en este caso lo esencial es la materia orgánica. Las plantas no pueden restaurar los minerales; todos los que tienen provienen del suelo. Si las plantas se entierran como abonos verdes el suelo recupera la totalidad de los minerales. La cal, fósforo, o potasio adicional que la tierra necesite, son materias que es preciso añadirle.

Sin embargo, las plantas pueden restaurar la materia orgánica y con ella el nitrógeno del suelo. Las leguminosas son las plantas que mejor acumulan el nitrógeno, gran parte del cual extraen del aire. Por lo tanto, cuando se entierran estas plantas el suelo recibe más nitrógeno. Ahora bien, debe estudiarse la clase de leguminosa y cómo usarla. Las sojas, cultivadas en hileras y cosechadas para hacer heno, son tan perjudiciales al terreno como el maíz. Dan lugar a la erosión y destrucción de materia orgánica. Aún cuando la semilla haya sido bien inoculada, el heno de soja contiene más nitrógeno que el extraído del aire por la planta y como su sistema de raíces es comparativamente pequeño, poco es el nitrógeno que vuelve al suelo. Esto es igualmente



**Figura 140.**—A, el kudzú protege esta pradera, conservando la materia orgánica y minerales del suelo; B, aunque parte de los minerales se pierden al cortarla para hacer heno, la lespedeza conserva este campo, donde la erosión empezaba a manifestar sus efectos en forma de arroyuelos; C, las plantaciones de cereales (trigo, avena, cebada, centeno, arroz) no son en realidad cultivos que conservan el suelo, pero protegen mejor las tierras que las plantas que requieren labores de cultivo.

aplicable a las demás leguminosas anuales, como el frijol negro (*Vigna sinensis*) y el frijol de terciopelo (*Stizolobium deeringiana*) si se arrancan de la tierra. Cuando estas plantas se siembran al voleo o en surcos pegados, contribuyen a detener la erosión, pero si se cosechan, no rehabilitan el suelo. La rehabilitación sólo se obtiene cuando se entierran estas plantas. Aun así el beneficio obtenido es poco si no hay otra siembra lista para aprovechar el terreno. La práctica de enterrar en otoño las leguminosas de verano, dejando el terreno al descubierto, es perjudicial. La mayor parte del nitrógeno de las leguminosas se pierde durante el invierno por efectos de la erosión o del lavado de las tierras. No es deficiencia de la planta sino de la práctica agrícola.

Casi todas las leguminosas de verano tienen un sistema de raíces deficiente, que no excede por lo regular del 10 al 12 por ciento del peso de la planta. Sin embargo, la tercera parte del peso del trébol rojo consiste en raíces, por cuya razón, cuando se efectúa la cosecha de esta planta, quedan en el suelo grandes cantidades de materia orgánica y nitrógeno para mantener su fecundidad.

## LA REHABILITACIÓN DEL SUELO ES UN PROCESO LENTO

Al estudiar las plantas que rehabilitan el suelo no basta sugerir el uso de las leguminosas. Es preciso señalar no sólo la clase de leguminosa, sino la manera de utilizarla para que contribuya a esa rehabilitación. Ese proceso es sumamente lento. No nos referimos aquí al concepto geológico de la formación del suelo que ocurre en las capas profundas de la tierra. Nos referimos al concepto agrícola del aumento permanente de su capacidad productiva. En tal sentido la rehabilitación por medio de cultivos sólo puede tener efecto con el aumento de la materia orgánica. Logrado esto, se producirán los demás efectos físicos y químicos. En realidad, el contenido mineral del suelo no aumenta con el cultivo, pero puede conservarse al impedir su desgaste. Se ha comprobado que en los terrenos arenosos de los climas cálidos la materia orgánica no aumenta en absoluto. Un cultivo abundante de leguminosas, enterrado en suelos de esa clase, se quema durante las labores de cultivo de una sola estación. En suelos más compactos de los climas más templados la materia orgánica aumenta un poco cuando las plantas se entierran, pero el aumento es muy lento. Cuando se entierra un cultivo de arvejas, del cual se podría obtener dos toneladas por hectárea, la mitad o más se pierde en el proceso de descomposición, en su mayor parte en forma de anhídrido carbónico. Del remanente, parte se pierde posteriormente y sólo se añade una fracción pequeña a la materia orgánica del suelo.

En terrenos de 2 por ciento de materia orgánica es probable que ésta no pueda duplicarse mediante la práctica de enterrar abonos verdes todos los años, antes de que transcurra un período de 100 años, si tenemos en cuenta la materia orgánica que consumen los cultivos de verano. Es exacto, por lo tanto, decir que los abonos verdes conservan más bien que rehabilitan el suelo. Lo más que puede esperarse de los abonos verdes es que conserven la materia

orgánica a un nivel adecuado para el desarrollo de los cultivos. Los abonos verdes combinados con los métodos para detener la erosión deben conservar la fecundidad del suelo. La rehabilitación a que ordinariamente se alude en agricultura es un proceso transitorio. Es cierto que cuando se entierran los abonos verdes la fertilidad del suelo aumenta temporalmente. Esto se debe en parte al nitrógeno adicional que le agregan las leguminosas al enterrarse y en parte al aumento de materia orgánica. Si más tarde el cultivo no la consumiera, el suelo se rehabilitaría, pero las plantas la utilizan en grado considerable. La materia orgánica debe renovarse constantemente para mantener la fecundidad del suelo. Esto es más bien conservación que rehabilitación



**Figura 141.**—Cobertura permanente de césped que protege el suelo y restaura gradualmente la materia orgánica.

Es preciso recurrir a una cobertura permanente de césped para obtener verdadera rehabilitación del suelo. El césped permanente aumentará la materia orgánica del suelo particularmente a causa del desarrollo de su sistema de raíces. La hierba en buen estado vegetativo aumenta sus raíces todos los años y la descomposición de las raíces viejas aumenta la materia orgánica, la mayor parte de la cual se conserva en el suelo que se deja sin cultivar. Estas raíces mueren y se renuevan constantemente, y en un espacio de tiempo relativamente breve, restauran la materia orgánica del suelo. Sin embargo, en las regiones forestales, donde la materia orgánica proviene de las hojas caídas, de las raíces de los árboles en estado de descomposición y de otras materias vegetales, se necesita un largo período de tiempo para la rehabilitación, tiempo que debe medirse en términos geológicos más bien que en términos de las generaciones humanas. Los árboles rehabilitan el suelo con demasiada lentitud para que el hombre pueda utilizarlo inmediatamente. Por consiguiente, una empastada que no se utilice es probablemente la única cobertura que puede rehabilitar el suelo por completo. Si se pastorea el ganado o se corta para hacer heno, el suelo necesita la adición de elementos de nutrición

vegetal, pero basta la protección que la hierba proporciona contra los agentes erosivos y el aumento de materia orgánica que las raíces producen, para considerarla como el agente ideal de la conservación del suelo. (Figura 141.) Es natural que no todas las tierras puedan cultivarse en esta forma. En sentido general, es más propio decir que las plantas conservan el suelo y no que las plantas lo rehabilitan.

Podemos conservar nuestro suelo por medio de cultivos y rotaciones apropiadas, la aplicación de cal y elementos minerales cuando sea necesario, así como mediante el empleo de las prácticas agrícolas antierosivas correctas, para evitar la disminución constante de las cosechas, deficiencia característica de los métodos que desgastan el suelo.

## Capítulo X

# MÉTODOS DE ESTABLECER, CONSERVAR Y MEJORAR PASTURAS

**L**OS PASTOS CONSTITUYEN uno de los medios más eficaces y económicos para retener el suelo y enriquecerlo, siempre que se atiendan de acuerdo con las prácticas agrícolas adecuadas. En el este de los Estados Unidos de América y otras regiones lluviosas, donde la lluvia es propicia al crecimiento copioso de la vegetación herbácea, los requisitos esenciales para cuidar apropiadamente las praderas son: (1) abastecimiento suficiente de alimentos minerales para las plantas, incluyendo cal, fosfatos y potasa, a fin de que la vegetación herbácea crezca hasta cubrir y proteger el suelo y provea forraje para el ganado, y (2) regulación del número de cabezas de ganado a pastoreo, clase de ganado que ha de pastar, y períodos de pastoreo, a fin de que el pasto recobre su vigor vegetativo todos los años.

Cuando se establecen buenos pastos en los terrenos inclinados, el desgaste del suelo se detiene. El suelo, protegido bajo un césped de vegetación herbácea, resulta más productivo y la aplicación de abonos minerales que requiere es mínima. La mayor parte de la materia mineral del forraje consumido por las reses se reintegra directamente al suelo si el ganado se mantiene continuamente en el prado donde pasta. Los huesos y los tejidos de las reses sólo retienen la cuarta parte o menos de la materia mineral. Además, las raíces herbáceas en descomposición adicionan humus al suelo, y el humus, a su vez, transforma los minerales naturales del suelo en substancias que las raíces pueden aprovechar. El desarrollo de las raíces surte un efecto mecánico beneficioso. Al extraer agua de las partículas del suelo, las raíces causan la formación de gránulos mayores y más estables. Estos gránulos facilitan la labranza del terreno. Las faenas son más fáciles de ejecutar, y el agua se infiltra con mayor rapidez. En resumen, por efectos del aumento en la granulación, los elementos de nutrición vegetal y la humedad para los cultivos son más abundantes.

Por consiguiente, los prados de hierbas perennes y leguminosas, en rotación con plantas que requieran labores de cultivo, aumentarán el rendimiento de las cosechas. En primer término, cuando se entierra con el arado la vegetación de un buen pasto, se incrementan los elementos de nutrición vegetal. En segundo término, el grado de humedad es más favorable. En tercer término, se reduce la mayor parte de las plagas y enfermedades de las plantas. En cuarto término, se disminuyen las pérdidas del suelo. Por lo tanto, es evidente que sembrar un terreno con buen pasto es como depositar dinero en un banco, donde devengará intereses mientras el capital permanece asegurado contra posibles pérdidas (véase la figura 142).



**Figura 142.**—Reses para la producción de carne pacen en un prado bienal de *Melilotus alba*, en terrenos de la Clase I (véase el capítulo 2). Como pasto suplementario o temporal es valiosísimo y puede sostener un promedio de tres cabezas de ganado durante tres meses en cada hectárea de terreno.

Gran parte de la erosión avanzada que afecta las praderas en casi todos los países agrícolas es consecuencia de los arrastres del suelo durante la recolección de las cosechas. Cuando la tierra se empobrece a tal extremo que no cubre los gastos de una cosecha, el agricultor la abandona y le echa las reses a pastar para que consuman cualquier clase de vegetación que pueda crecer. No será de beneficio alguno dejar este terreno para el crecimiento de pastos espontáneos, porque la erosión irá en aumento. Lo mejor será dedicarlo a pasto después de rehabilitarlo para tal fin con la aplicación de cal, fertilizantes y semillas, según se explicó antes. Cuesta trabajo y dinero, pero en la mayor parte de los terrenos relativamente fértiles vale la pena hacerlo, y es una inversión indispensable si esos terrenos han de utilizarse para otro propósito que el de reforestarlos.

## SELECCIÓN DE TERRENOS PARA PRADERA

A pesar de las ventajas de una pradera, es imposible dejar para pastos todos los terrenos de cultivo. Es conveniente determinar qué terrenos deben dedicarse permanentemente a pasturas, qué terrenos cultivados deben transformarse en praderas, qué terrenos abandonados deben rehabilitarse para producir pasto, y hasta qué límite deben usarse los pastos en rotación con plantas que requieran labores de cultivo. Si se clasifican los terrenos se facilitará la solución de estos problemas, que comprenden el uso de la tierra y las prácticas de conservación. Uno de los métodos es la clasificación de los terrenos conforme a su capacidad productiva, que depende de las propiedades físicas del suelo y de las condiciones climatológicas pre-alecientes (véase el capítulo 2).

## **SIEMBRA DE PASTOS EN TERRENOS APROPIADOS PARA CULTIVOS**

Los terrenos propios para cultivar, por lo general, se adaptan perfectamente a la producción de pasto. El grado de fertilidad indispensable para producir cosechas, desde moderadas hasta considerables, es suficiente para producir rendimientos lucrativos de forraje para la cría de ganado, además de un césped protector contra los efectos de la erosión. A menudo, en las granjas agrícolas donde todo el terreno es cultivable, se destina una porción a uso permanente como pasto y el resto se utiliza en una rotación de cultivos intensivos, cereales y heno. En la mayoría de los casos es mucho mejor usar toda la tierra para cultivos de acuerdo con el sistema de rotación y pastar el ganado en las siembras para heno, cuando sea necesario. Tales praderas se denominan de rotación. Generalmente, su rendimiento es mayor que el de los pastos que se mantienen permanentemente en su lugar. Esto se debe en parte a que están en terrenos más fértiles. Además, producen mejor porque las hierbas altas que las constituyen rinden más que la hierba de los pastos permanentes y, por lo general, tienen mayor cantidad de leguminosas. Al enterrar los pastos con el arado en periodos regulares y al ponerlos en rotación con plantas que requieran labores de cultivo, se reduce también la infección del suelo por los parásitos de vida animal.

El periodo mínimo de tiempo que debe durar el pasto depende de la clase de terreno y la cantidad de vegetación antierosiva que se necesite para proteger el suelo, tales como hierbas perennes y mezclas de leguminosas. Debido al costo de las semillas de leguminosas y hierbas, y a que el terreno cultivado se beneficia cuando la vegetación herbácea dura no menos de dos años, las rotaciones deben prolongarse por un plazo mínimo de 4 ó 5 años. No existen reglas fijas ni permanentes, pero la práctica común consiste en utilizar el pasto del primero o los dos primeros años para hacer heno, y apacentar después el ganado hasta que el terreno se are de nuevo para la siembra de cereales. Cuando se usen los pastos de terrenos cultivables para heno, la segunda siega se podrá utilizar como reserva o pasto suplementario a fines del verano, en otoño o en invierno. El propósito principal es el proveer forraje de buena calidad y abundante para la estación de pastoreo máximo, y heno o ensilaje para la estabulación durante el resto del año. Concurrentes con otras medidas apropiadas de conservación, las rotaciones satisfactorias para las cuatro clases de terreno son las siguientes:

**Clase I.** 3 años de cultivos intensivos, 1 año de cereales, y 2 años de leguminosas o pastos, y leguminosas o cultivos intensivos continuos donde sea buena la vegetación invernal de cultivos protectores.

**Clase II.** 1 año de cultivo intensivo, 1 año de cereales y 2 años de pastos y leguminosas.

**Clase III.** 1 año de cultivo intensivo, 1 año de cereales y 3 años de pastos y leguminosas.

**Clase IV.** No más de 1 año de cultivo intensivo, 1 año de cereales y de 4 a 6 años de pastos y leguminosas.

## **SIEMBRA DE PASTOS EN TERRENOS INADECUADOS PARA CULTIVOS**

Los terrenos impropios para cultivar deben dividirse en tierras para pastos y tierras para bosques. La tierra de la clase V (véase el capítulo 2) es muy buena para pastos y es menos susceptible a la erosión que los terrenos de las clases VI y VII, particularmente si los terrenos se han clasificado en las clases VI y VII a causa de su textura arenosa, poca profundidad porque la erosión los ha afectado considerablemente, o porque son muy susceptibles a la acción de los agentes erosivos. Cuando los terrenos altos de las clases VI y VII se usan para pastos en las regiones húmedas es necesario aplicarles grandes cantidades de cal, fosfatos y potasa. En tierras bajas el problema del drenaje puede asumir mayor importancia que el de la fertilidad. Los árboles protegen mejor que los pastos los terrenos pobres cuando es imprescindible que la vegetación herbácea se use también para forraje.

## **TERRENOS CULTIVABLES ABANDONADOS QUE DEBEN DEDICARSE A PRADERA**

Las alturas no apropiadas para cultivar pueden dividirse simplemente en dos clases: tierras jamás roturadas o cultivadas por tan breve tiempo que en nada se afectaron, y tierras explotadas hasta dejarlas inservibles para el cultivo y dedicables únicamente a pastos o a vegetación forestal. Sólo así puede obtenerse algún beneficio económico de esas tierras (véase la figura 143).

El problema principal de casi todos los terrenos cultivables que deben dejarse para pastos es la manera de aumentar su grado de humedad y su fertilidad hasta hacer posible la vegetación de gramíneas y leguminosas. Se necesita darles tratamientos durante cinco años para ponerlos en condiciones de producir buenos y abundantes pastos. El procedimiento más satisfactorio estriba en crear condiciones propicias para la siembra de leguminosas, tales como trébol dulce, lespedeza y kudzú, mediante la aplicación de suficiente cantidad de superfosfato, cal y otros minerales. Cuando las leguminosas hayan enriquecido el suelo con suficiente nitrógeno y humus, las condiciones serán favorables para los pastos, los cuales no sólo cubrirán la superficie del terreno protegiéndolo contra la erosión, sino que proveerán forraje suficiente para producir ingresos satisfactorios. Mediante estos métodos que enriquecen el suelo no es extraordinario que se duplique y hasta triplique la producción de forraje, lo que puede lograrse en casi todos los tipos de suelo.

En muchos sitios los agricultores han cultivado los terrenos altos hasta que las aguas han arrastrado toda la capa superior del suelo. El subsuelo no absorbe la lluvia ni la retiene para la vegetación, como la capa superior. Estos terrenos están en condiciones tan precarias que no producirían con rapidez los ingresos suficientes para compensar la indispensable inversión en fertilizantes, semilla y mano de obra que sería necesaria para producir una vegetación herbácea que los proteja contra los efectos de la erosión.



**Figura 143.** -- Los campos agotados como este tipo de suelo Wadesboro pueden sembrarse de buenos pastos. Será necesario tajar las cárcavas, preparar la tierra para la siembra, fertilizarla y aplicar las semillas de pastos. Este terreno es de la clase VI.

Si bien esos gastos se justificarían para proporcionar pasto para las vacas de la granja y las bestias de tiro, casi siempre hay otros terrenos baldíos, no apropiados para los cultivos, que podrían prepararse y compensar mejor los gastos de fertilizantes, semillas y mano de obra. (Véase la figura 144.) Muchas tierras altas, infértiles o afectadas por la erosión pueden usarse con mejor provecho para bosques que para pastos.

### **PRADERAS INFERIORES EN TERRENOS NO CULTIVABLES**

Los agricultores han desmontado muchos terrenos que nunca cultivaron o que cultivaron sólo para establecer una pradera. Estos terrenos son tan infecundos, inclinados y susceptibles a la erosión, que ha sido difícil protegerlos contra los agentes erosivos con una buena cobertura de vegetación herbácea, (figura 145). Muchos de estos terrenos, los de tipo más compacto, pueden rehabilitarse o conservarse mediante la aplicación de los fertilizantes necesarios, la regulación cuidadosa del pastoreo, u otras prácticas agrícolas adecuadas, como el exterminio de las plantas adventicias y la protección contra los incendios. Para establecer o renovar una plantación adecuada quizá haya necesidad de emplear la grada de discos o el arado, siempre que el terreno no sea escarpado, agreste o rocoso. Algunos de estos terrenos son tan pobres y tienen tan poca capacidad para retener la humedad y los alimentos vegetales que deben de-



*Figura 144.*—Extracción de las plantas adventicias de un prado mal drenado, en terrenos de aluvión.

dicarse a bosques o tratarlos como terrenos de la clase VIII, sin extraerles en forma alguna su producción herbácea ni forestal. La inversión en abonos y otras mejoras que estos terrenos necesitarían es mejor emplearla en tierras más fértiles donde las utilidades sean seguras.

### PREPARACIÓN DEL TERRENO Y SIEMBRA

Como casi todas las semillas de pastos permanentes son diminutas y de brotes delicados, es indispensable, por lo tanto, efectuar una preparación buena y completa del terreno para la siembra y cubrir ligeramente las semillas. La costumbre de los agricultores consiste en sembrar las hierbas y leguminosas junto con cereales, los cuales se consideran como cultivos protectores. En favor de esta práctica se aduce que el trigo, la avena, el centeno o la cebada substituyen a las plantas adventicias y que no perjudican tanto a los pastos, al propio tiempo que se establece un cultivo de cereales o heno para compensar el costo adicional de mano de obra. Numerosos experimentos han demostrado que si las semillas de pastos se siembran en otoño o a principios de la primavera, sin cultivo protector, los pastizales serán muy productivos durante el primer año, y si el pastoreo se efectúa en debida forma, rendirán mayores utilidades que la cosecha de cereales.

El terreno para pastos debe ararse mucho antes de aplicar la semilla para que adquiera estabilidad y firmeza. Excepto en las tierras muy fértiles, es conveniente, antes de sembrar, aplicar de 450 a 600 kilos por hectárea de un fertilizante que haya dado buenos resultados en la comarca. Los fertilizantes



**Figura 145.**—El desmonte no es suficiente para establecer los pastos. En estas tierras de la clase VII lo mejor hubiera sido dejar en pie los árboles.

cuya fórmula aproximada es 4-12-4 resultan generalmente efectivos. Un pase suave de la grada de discos, después de aplicar el fertilizante, dejará el suelo listo para la siembra, la cual se efectúa al voleo. Si el agricultor dispone de un rodillo-grada (*cultipacker*), el método mejor para cubrir las semillas consiste en pasarlo sobre el terreno. A falta de esa máquina, debe usarse una grada común o una de dientes algo inclinados hacia atrás. Si el tamaño y forma de la semilla lo permiten, se puede usar una sembradora mecánica para sembrar y cubrir las semillas al mismo tiempo, con lo que la plantación resulta mejor y más uniforme que sembrando al voleo. Los pastos deben sembrarse durante el otoño, excepto algunos como el cañamazo dulce y la grama de Bermuda, y ciertas leguminosas que deben serlo en la primavera.

Las semillas de trébol y otras leguminosas deben sembrarse al voleo, bien entrado el invierno, o durante el comienzo de la primavera, en asociación con la semilla de pastos ya sembrados. Esta práctica es muy conveniente en terrenos arcillosos compactos debido a que, por lo general, se pierde mucho más semilla de leguminosas que de pastos cuando se siembran al voleo durante el otoño.

La cantidad y distribución de las lluvias son factores que a menudo influyen en el establecimiento y conservación de los pastos. Antes de formarse un buen tapiz vegetativo el escurrimiento puede hacer perder tal cantidad de las aguas de lluvia, que la humedad del suelo sería deficiente para la vegetación durante los períodos de sequía. Aun en las pasturas viejas los efectos de la sequía se evidencian primero en las pendientes, donde gran cantidad de agua se pierde a causa del escurrimiento. Para reducir la velocidad del agua superficial y retener las aguas de lluvia a fin de favorecer el proceso germinativo y la vegetación, el agricultor puede preparar camellones y surcos en las curvas de nivel.

## **TRATAMIENTO DE LAS PRADERAS NUEVAS**

Deberá tenerse gran cuidado al apacentar ganado en praderas nuevas. Los pastos recién sembrados deben tener suficiente tiempo para que desarrollen un buen sistema de raíces y puedan resistir las sequías, las heladas y el pastoreo. Si entre los pastos de primavera crecen muchas hierbas adventicias, será necesario recortarlas a una altura de 10 a 15 cm. antes de apacentar el ganado en esos pastos. Durante el primer año el pastoreo deberá ser limitado. Pasadas del rodillo en suelos arcillosos a principios de la primavera compactan la tierra y tienden a colocar en su sitio las plantas removidas por las heladas. Por lo regular, el pastoreo moderado será beneficioso después que la empastada esté en franco progreso vegetativo.

## **CULTIVO Y RESIEMBRA DE PASTOS**

El removido de la tierra en praderas viejas para mejorarlas es infructuoso a menos que se les aplique nueva semilla o fertilizantes, o ambas cosas. La denudación de los pastos que antes producían forraje frondoso y abundante se debe, por lo general, a una reducción de la fertilidad del suelo o al pastoreo inadecuado. El cultivo del terreno por sí solo no puede contrarrestar estas deficiencias, pero auxiliado con el uso de fertilizantes y la aplicación de nueva semilla ha dado magníficos resultados al eliminar las plantas perjudiciales, cubrir la semilla para protegerla y mezclar los abonos con el suelo. Las semillas de pastos de rápido desarrollo y de tréboles, aplicadas a praderas viejas, bien fertilizadas y removidos con la grada de discos, producirán forraje con prontitud sorprendente y continuarán produciéndolo hasta que quede establecida la plantación de las hierbas permanentes.

Aunque no es una medida completamente rehabilitadora, la aplicación de nueva semilla puede ser útil para mejorar los pastos viejos. Cuando las leguminosas sean muy pocas en las plantaciones herbáceas, es conveniente sembrarlas al voleo a fines del invierno o a principios de la primavera. No debe esperarse, sin embargo, que las semillas de estas plantas germinen antes de que se apliquen abonos al terreno.

## **USOS DE LA CAL, ABONOS COMERCIALES Y ESTIÉRCOL**

En algunas regiones lluviosas la mayoría de los terrenos de pasto son deficientes en calcio, fósforo y nitrógeno, y muchos carecen de suficiente potasio. Muy poco se ha investigado para determinar que cantidad de estos elementos puede adicionarse a los pastos, teniendo en cuenta las utilidades, pero se ha comprobado definitivamente que todos ellos son valiosos para aumentar la vegetación herbácea y la producción de forrajes. La aplicación previa de minerales—calcio, fósforo y potasio—es indispensable para poder obtener buenos resultados del nitrógeno comercial. El estiércol incrementa notablemente la producción de las plantas herbáceas, y donde lo haya es conveniente usarlo para abono de praderas.

Es inútil creer que los fertilizantes pueden desarrollar buena vegetación herbácea en terrenos infértiles o que jamás han sido productivos. Dichos terrenos deben dedicarse de nuevo a vegetación forestal para la producción de madera. En los suelos fértiles por naturaleza se pueden derivar buenas utilidades de los abonos, en particular donde el terreno no ha recibido fertilizantes o no se ha cuidado bien durante varios años. La simple aplicación de superfosfatos es lo más conveniente, porque cuestan menos que otros fertilizantes minerales y al beneficiar la vegetación de leguminosas suministran, de manera indirecta, nitrógeno para las plantas herbáceas.

Donde exista una buena pradera de plantas forrajeras adecuadas la aplicación de los fertilizantes indicados en la Tabla 5 aumentará el tamaño de esas plantas a la vez que mejorará la plantación en general, particularmente las plantas estoloníferas, cuya vitalidad para defenderse de las plantas adventicias será mayor.

TABLA 5.—*Aplicación de fertilizantes para fomentar el crecimiento y mejorar la vegetación*

Elemento	Producto	Cantidad por hectárea
Calcio.....	Piedra caliza molida.....	2½ toneladas
Fósforo.....	Superfosfato.....	De 300 a 500 kilos.
Potasa.....	Cloruro o sulfato de potasa.....	100 kilos
	(Nitrato de soda.....	De 100 a 200 kilos.
	o	
Nitrógeno.....	Sulfato de amoníaco.....	De 75 a 150 kilos.
	o	
	Estiércol.....	De 12 a 25 toneladas.

En caso de deficiencia en calcio deberá hacerse una prueba de acidez para determinar la cantidad de piedra caliza molida que necesita el terreno. Sin embargo, donde la cantidad requerida es excesiva, 2 ó 3 toneladas, por ejemplo, una aplicación más pequeña rendirá mayores utilidades. La piedra caliza molida resulta costosa, pero como el objetivo principal es aumentar el crecimiento y la abundancia de leguminosas, esto puede lograrse aumentando los fosfatos. En aquellas regiones en que abundan las lespedezas, leguminosas resistentes a los ácidos del suelo, éstas pueden substituir a los tréboles y la aplicación de cal será innecesaria. Se cree que la cal y el fosfato producen mejores resultados enterrados bien profundos que extendidos sobre la superficie.

El estiércol, aplicado en proporción de 12 a 25 toneladas por hectárea, proveerá nitrógeno en cantidad considerable para corregir las deficiencias por falta de esta substancia. El efecto del estercolamiento dura varios años, mientras que el beneficio del nitrógeno comercial pasa pronto. Muchos criadores de ganado emplean nitrógeno comercial en pequeñas cantidades y lo aplican de una a tres veces por temporada. Otros prefieren una buena aplicación de nitrógeno en primavera y cuentan con forrajeras suplementarias para pleno verano. Este sistema parece mucho más práctico. Las aplicaciones frecuentes o abundantes de nitrógeno, por lo general, hacen desaparecer las leguminosas gradualmente.

Los fertilizantes minerales, la piedra caliza y el estiércol pueden aplicarse en otoño, invierno o a principios de la primavera. El nitrógeno comercial debe aplicarse cerca de dos semanas antes de la fecha en que se desee aumentar el crecimiento, debido a que estimula el desarrollo rápido de la vegetación y se pierde pronto por acción del lavado. Las aplicaciones tempranas anticipan el pastoreo alrededor de dos semanas antes de la fecha en que se comenzaría en terrenos sin fertilizar. Las aplicaciones de nitrógeno necesitan suficiente humedad en el suelo; de lo contrario, son raras veces eficaces. Por esta razón el nitrógeno aplicado a mediados del verano no produce a menudo resultados satisfactorios.

Cuando se emplea estiércol para abonar los pastos debe extenderse suelto y uniforme, preferiblemente en otoño. Es una buena práctica fertilizar los terrenos con fosfatos al mismo tiempo que se aplica el estiércol.

Los árboles de sombra y los abrigos deben colocarse en las partes altas de los campos dedicados al ganado y no en las márgenes de las corrientes de agua, como se acostumbra. Cuando hay buen pasto, los animales no pacen más de la tercera parte del tiempo, y el resto se lo pasan acostados o parados a la sombra espantándose las moscas. Por tal motivo, gran parte del estiércol de las reses no vuelve a los terrenos que producen la hierba. Si el estiércol que producen los animales cuando no pacen se deposita en la cima de las colinas, serán más amplios sus efectos beneficiosos sobre una extensión mayor de los terrenos de pasto.

En praderas viejas donde haya pocas plantas herbáceas adecuadas, es mejor arar, fertilizar y sembrar de nuevo las tierras, que tratar de renovar los pastos por medio de abonos.

### **EXTERMINIO DE LAS PLANTAS ADVENTICIAS**

La aplicación de fertilizantes es muy eficaz para combatir las plantas adventicias, pues generalmente las gramíneas predominan cuando las condiciones del suelo son favorables. La siega de las plantas adventicias a tiempo es otro buen método de combatir las. Esto debe hacerse cuando empiezan a florecer y antes de que se forme la semilla. Algunas de estas plantas es necesario segarlas dos veces al año para exterminarlas.

Las cabras y ovejas son útiles para evitar el crecimiento de ciertas plantas adventicias, dado que apetece muchas malezas por lo que los agricultores han hallado conveniente el mantener algunas ovejas en sus pastos de ganado vacuno.

La maleza y los brotes de árboles se exterminan destruyéndolos a tiempo. Su eliminación es tarea más difícil en países cálidos que en los fríos. La única forma eficaz de exterminarlos es la aplicación de sustancias químicas o su erradicación. Ambos métodos son costosos a menos que se disponga de mano de obra muy barata.

### **MÉTODOS E INTENSIDAD DEL PASTOREO**

No debemos olvidar que hay diferencias notables entre los diversos métodos de apacentamiento. En los terrenos donde paca ganado vacuno y ovino,

gran parte del estiércol queda en el pasto. El suelo se enriquece si durante el invierno se proporciona alimento adicional a las reses en el propio campo.

Por lo general, no sucede así en las vaquerías, porque el ganado pasa la mayor parte del tiempo en corrales o establos. Se dice a menudo "que se roba a las praderas para mantener la fertilidad de las tierras cultivadas."

Las plantas deben tener ocasión para echar hojas y fortalecer sus raíces, pues de otro modo se detiene su desarrollo. Hacia fines del otoño, el apacentamiento demasiado al ras del suelo es perjudicial a la vegetación, porque evita su desarrollo antes de entrar en su estado latente, puesto que las plantas necesitan reservas alimenticias en las raíces y buen follaje para aumentar su vitalidad cuando las condiciones no son favorables.

En las regiones lluviosas, los bosques son por lo general la vegetación predominante, y los árboles prevalecen sobre la hierba si el hombre no interviene para impedirlo. En esas regiones por lo regular es conveniente efectuar pastoreos intensos a fin de mantener una buena cubierta herbácea. El deambular y el apacentamiento del ganado vacuno y lanar, contribuyen asimismo a formar un denso tapiz. Se cree que las ovejas son especialmente útiles para aumentar la compacidad del terreno y que las cabras, al ramonear las malezas y renuevos de los árboles, contribuyen a evitar que estas plantas adventicias invadan las praderas. En sentido general, el pastoreo razonablemente intenso beneficia las plantas que necesitan luz y que vegetan mejor en suelos compactos.

Por otra parte, en regiones áridas y semiáridas, en donde la hierba constituye la vegetación predominante y hasta puede destruir la maleza de gran vitalidad, el pastoreo intenso y continuo es más bien destructivo que útil. El período de crecimiento de la vegetación herbácea es corto a causa de las lluvias breves e insuficientes y a la poca humedad del suelo durante la mayor parte del año. Por tal motivo, si la hierba se corta todos los años demasiado al ras de tierra durante su período de crecimiento, no tendrá ocasión de formar semillas para perpetuarse, ni de acumular elementos de nutrición vegetal en sus partes subterráneas.

El ganado vacuno paca con más uniformidad y conserva los pastos en mejor estado que el ganado caballar o lanar, pero con frecuencia el aprovechamiento del forraje es más uniforme cuando el ganado que lo utiliza es diversificado.

Cuando se apacienta cualquier especie de ganado en terrenos con dos clases de pasto, uno bueno y otro inferior, por lo general el aprovechamiento de la vegetación herbácea es deficiente porque el ganado pacerá excesivamente en el pasto de buena calidad e insuficientemente en el inferior. Por consiguiente, el mejorar parte del pasto y descuidar el resto disminuirá a la postre su capacidad para alimentar determinada cantidad de ganado. Cuando los animales no dependen mucho del pasto para su alimentación porque reciben forraje suplementario en abundancia, es probable que surjan los efectos perjudiciales de mantener insuficiente cantidad de ganado en una pradera. En estos casos, las reses seleccionan las plantas, rehuyendo las muy maduras, por lo cual la vegetación menos apetecible se desarrolla y termina por sofocar la yerba de mejor sabor que, al pacer, el ganado ha cortado al ras del suelo. En

tales circunstancias, el ganado más joven y las reses de cría que no reciban alimento suplementario deben echarse a pacer en esos prados para que consuman la hierba que queda.

Si se limita el pastoreo a una sola clase de ganado es probable que se afecte la calidad del pasto debido al hábito de selección que tienen los animales. Los caballos, por ejemplo, pastan muy intensamente en ciertas secciones y dejan otras completamente intactas. Sin embargo, éstos pueden utilizarse para limpiar los pastos que hayan crecido hasta convertirse en hierbas duras. A fines del verano puede segarse el resto de hierbas duras que el ganado caballar no haya consumido. Asimismo, las ovejas tienen la tendencia a seleccionar las hierbas tiernas y las ramas tiernas de las malezas y plantas arbustivas. Una buena práctica para mantener los pastos con césped uniforme consiste en apacentar las reses de manera que consuman toda la vegetación herbácea, al ras del suelo, por lo menos una vez al año.

### EFFECTOS DE LA QUEMA DE LOS PASTOS

En general, nada puede asegurarse sobre la conveniencia de quemar los pastos, excepto que el fuego aplicado sin restricción y sin regla es perjudicial. La clase de vegetación, época del año, condiciones del terreno y estado del tiempo son factores de los cuales depende el éxito de la práctica de quemar los pastos. Son diversas las razones para quemar las praderas, por ejemplo: destruir la yerba muerta, no consumida durante la temporada, que impide el pastoreo en la nueva vegetación; extirpar las plantas perjudiciales y arbustivas que pudieran sofocar la vegetación herbácea apropiada; y destruir las hojas de pinos y otra vegetación forestal que tiende a asfixiar las plantas forrajeras en los terrenos donde se cortan árboles maderables. Al emplear el fuego para estos fines debe tenerse mucho cuidado en evitar que se extienda a las haciendas, granjas, bosques o campos contiguos, donde las llamaradas pueden consumir la madera u otra propiedad de valor.

### DRENAJE

A menos que los terrenos sean excepcionalmente productivos, por lo general es antieconómico aplicar un sistema de drenaje a las praderas de considerable extensión. En muchos casos, sin embargo, las filtraciones de terrenos superiores convierten en improductivas algunas áreas pequeñas situadas en el declive, más arriba de los cursos de agua o zanjas. En esas áreas predominan los juncos, eneas y otras plantas inapropiadas para forraje. Una corta línea de drenes, colocada en la parte superior de esos sitios pantanosos para canalizar las aguas hacia la zanja inferior, estaría justificada, puesto que aumentaría la productividad del terreno. Es usual construir zanjas abiertas para recoger las aguas superficiales que corren pendiente abajo. Sin embargo, esas zanjas no son enteramente satisfactorias por el peligro que constituyen para el ganado y porque pueden convertirse en cárcavas.

## **COSTOS DE ALIMENTACIÓN DEL GANADO**

Después de establecidos, los pastos permanentes requieren poca labor. En ciertos casos típicos, la labor por hectárea que requieren al año comprende la labor de un hombre en pocas horas y la de un caballo de trabajo para reparar y reemplazar los alambrados. Otra labor de importancia consiste en faenas agrícolas ocasionales, tales como la aplicación de fertilizantes y la tala de plantas perjudiciales y malezas. En muchas tierras, sin embargo, el empleo de más personal agrícola aumenta las utilidades. Otros gastos de praderas son los intereses y contribuciones, que son iguales en partes similares de la finca. Si bien la producción de pastos anuales o temporales cuesta igual que la de cereales, el ganado consume directamente de los campos la cosecha de los pastos, prácticamente sin costo de mano de obra.

Experimentos realizados sobre los efectos de los pastos como parte de la ración alimenticia, y en la calidad de la carne, indican claramente que es posible reducir el costo de producción haciendo mayor uso de los pastos para engordar las reses. La carne de corderos en lactancia es tan satisfactoria por su calidad y sabor cuando se crían en buenos pastos como cuando el alimento suplementario que reciben consiste en cereales.

El pasto verde y fresco de los suelos fértiles, apetitoso para las reses, les suministra la mayor parte de las sustancias esenciales para la perfecta nutrición. Es rico en proteína, minerales y vitaminas y es, por tanto, valioso para mantener la salud y la productividad del ganado. Gracias al pasto, los animales pueden reponer sus reservas minerales o vitamínicas, agotadas tal vez durante los meses invernales, y también pueden acumular reservas para los



*Figura 146.*—Buen pasto mixto de hierbas y leguminosas. Este pasto disminuye o elimina la necesidad de forrajes suplementarios.

períodos de nutrición inadecuada. El buen pasto es, pues, el forraje ideal para todos los animales herbívoros, excepto los que trabajan fuerte, los que producen grandes cantidades de leche y los que se desea engordar rápidamente. Por otra parte, la alimentación prolongada de los animales herbívoros con alimentos groseros, deficientes y mal curados, es perjudicial a la producción y la reproducción. Estos forrajes son deficientes en carotina (*carotene*), de la cual se forma la vitamina A en el organismo de los animales.

A pesar de que se evitan ciertos parásitos y enfermedades manteniendo el ganado en sitios secos o en los establos, por lo general los animales están mejor en la pradera. Una pradera limpia, además de ofrecer condiciones naturales para la vida animal, reduce las labores de cuidar el ganado y disminuye el peligro de las deficiencias vitamínicas.

Por naturaleza, las praderas ofrecen mayores ventajas que los sitios secos y la estabulación cuando se trata de criar animales y no de cebarlos, porque en el primer caso las reses necesitan mucho ejercicio, mientras que los animales en ceba no necesitan más ejercicio que el de obtener y consumir el alimento que los engorda. Si se trata de animales de trabajo, el pasto les da oportunidad para ligeros ejercicios, y así no se aflojan por falta de actividad.

Los pastos jóvenes o las leguminosas tienen propiedades alimenticias similares a los superconcentrados proteicos, tales como los subproductos de los molinos de aceite. Contienen proteínas, minerales y vitamina en bastante cantidad. Alrededor de 40 kilos de pasto verde succulento, que contengan 10 kilos de sustancias sólidas al ingerirlos el ganado, suministrarán cantidad suficiente de hidratos de carbono para producir unos 22 litros de leche, y suficiente proteína para producir 28 kilos de este albuminoide, excluyendo la proteína e hidratos de carbono que se necesitan para la subsistencia. Por lo tanto, cualquier alimento necesario para complementar la hierba tierna como alimento deberá ser rico en hidratos de carbono, como los cereales.

Como el pasto joven es más rico en proteína y más digestible que el mejor heno maduro, ha habido gran interés en desarrollar métodos de preservarlo para el invierno y otros períodos de escasez. Conforme a un método inglés, poco usado hasta ahora en América, se seca la hierba por medio de calor artificial y luego se almacena como el heno o se prepara en pequeñas tortas, lo cual facilita su manipulación y transporte. En ambos casos, la hierba retiene su color verde y su olor agradable. En las raciones del ganado vacuno o lanar esta hierba seca ha resultado un sustituto satisfactorio de los subproductos de los molinos de aceite.

Las hierbas verdes y jóvenes tienen mayor cantidad de mineral que el heno o las plantas maduras procedentes del mismo terreno. La hierba joven, por lo general, tiene aproximadamente doble cantidad de fosfatos que la hierba madura recién curada y es como 4 ó 5 veces más rica en fosfatos que la hierba madura que ha estado expuesta a la intemperie durante varios meses. Las sustancias sólidas de la hierba joven contienen casi 4 veces más minerales que los cereales corrientes y tanto como el heno de leguminosas. Como es lógico, el pasto producido en terreno fértil contiene mayor cantidad de minerales que las hierbas que se producen en terrenos pobres.

La proteína de los pastos es alta en calidad y en cantidad, particularmente en las hojas, las cuales son valiosas para suplir las deficiencias que de esta substancia tienen los cereales. El ganado necesita suficientes vitaminas para crecer bien y reproducirse, y para mantenerse sano y resistente a las enfermedades. Las reses apacentadas en prados de hierba verde y joven consumen más vitaminas, en forma más práctica, que por otros medios de alimentación. Este alimento es particularmente rico en carotina (*carotene*), de la que se forma la vitamina A en el organismo de los animales, y contiene otras vitaminas menos conocidas, pero necesarias para el ganado. La vitamina A estimula su crecimiento y aumenta su resistencia contra las enfermedades.

El buen gusto del pasto depende de la clase de plantas, consistencia, madurez y densidad de la vegetación, y de las condiciones climáticas y del suelo. Los gustos del ganado varían según la especie. Además, el ganado selecciona las plantas que poseen un alto contenido de minerales, con preferencia a aquéllas cuyo contenido es bajo. Generalmente, los animales prefieren las leguminosas a las hierbas, si bien existen algunas excepciones. Al formarse la semilla, la hierba pierde mucho de su buen gusto. Por esa razón es conveniente podarla o permitir que el ganado la corte al ras del suelo al tiempo de formarse la semilla, para que conserve un buen sabor.

## PRÁCTICAS DE PASTOREO

La práctica común en las haciendas consiste en apacentar el ganado en cualquier pradera disponible, o en la que con más facilidad pueda habilitarse para determinada clase de ganado. El pasto se usa generalmente como complemento de otra alimentación. Pero en los sitios donde el pasto constituye la fuente principal de alimento para el ganado, como en el sur de los Estados Unidos de América y las praderas del oeste, o en las granjas o ranchos cuyos terrenos son principalmente de pastoreos, el problema de mayor importancia consiste en seleccionar la clase de ganado más adaptable a los pastos. En la mayoría de los casos, las utilidades serán mayores y los pastos serán más productivos si se apacientan dos especies distintas de ganado en el mismo campo simultáneamente, o en épocas distintas de la temporada de pastoreo. (Véase la figura 147) Donde se dispone de grandes extensiones de pastos diferentes, como en el oeste de los Estados Unidos de América y en los parajes desmontados del sur y del este, o donde haya tan pocos animales que no es menester separarlos, todos los animales pueden apacentarse en una misma sección.

Como los animales pueden sufrir por los rigores del estío, es necesario proporcionarles alguna clase de sombra para protegerlos. De no haber suficientes árboles ni maleza, deberán construirse cobertizos o refugios, los cuales se deben dejar abiertos por los cuatro lados si sólo han de usarse durante los meses del verano. El techo se puede construir de madera, ramas y paja. Por cada cabeza de ganado adulto se requieren 4 metros cuadrados de techo. Para



**Figura 147.**—Buen pastoreo en una colina rocosa. Este terreno es tan inclinado que los animales han formado veredas escalonadas de un lado a otro de la colina al caminar por los mismos sitios año tras año. El ganado mixto, compuesto de vacas y ovejas, utiliza mejor este pasto que si hubiera una sola clase de ganado.

resguardar el ganado del frío, las lluvias o el granizo, los cobertizos tendrán que ser más protegidos, dejando únicamente abierto su lado norte. En las regiones de poca lluvia, pero donde soplen muchos vientos fríos, se necesitará un quebravientos, o sea, una valla alta y compacta, algunas hileras de árboles o unos bancos altos de tierra.

## ROTACIÓN DEL PASTOREO

La rotación del pastoreo consiste en apacentar ganado en diferentes praderas, conforme a un plan regular, con períodos de descanso para los diversos pastos. Este sistema se denomina a veces pastoreo alternado, cuando sólo se utilizan dos praderas para el apacentamiento. Diversos experimentos efectuados en los Estados Unidos de América con ganado nativo para probar la eficacia de este sistema, no dieron resultados concluyentes en algunos casos, pero en otros el plan de rotación aumentó de 8 a 12 por ciento la capacidad de los pastos en relación a la cantidad de ganado que podían sostener. Indican estos experimentos que, por lo general, no está justificado el incurrir en muchos gastos para dividir los pastos ya establecidos, particularmente si es necesario proveer sombra y agua para cada división.

Aunque, según se ha dicho, los pastos favorecen la salud general y la resistencia del ganado, es necesario tomar precauciones contra ciertas enfermedades y parásitos. La tuberculosis, por ejemplo, puede propagarse por medio de los abrevaderos y los pozos infectados, aunque esta enfermedad no es tan común en el ganado que pasta al aire libre como en las reses que permanecen la mayor parte del tiempo en los establos. Es evidente que las secreciones de animales tuberculosos que caen en el agua de los abrevaderos pueden contaminarla lo suficiente para infectar a otros animales.

Durante su período inicial de crecimiento, la hierba joven contiene mucha humedad. Las substancias sólidas, aproximadamente el 20 por ciento, consisten en un alto contenido de proteína y cenizas y un poco de fibra cruda. Durante este período del pastoreo es conveniente dar al ganado vacuno y lanar algún forraje suplementario para contrarrestar en cierto modo los efectos purgativos de la hierba fresca y lozana. En tales casos, el mejor alimento suplementario es algún alimento grosero no purgativo, como la *Phleum pratense* o el heno, que dé mayor volumen a la ración, retardando el paso del bolo al intestino por el sistema digestivo, lo cual facilita la absorción de los elementos nutritivos. La transición de un alimento a otro debe ser gradual, apacentando el ganado al principio durante una o dos horas al día y alimentándolo mayormente con forraje suplementario.

En tiempos de sequía, cuando la hierba es morena y seca, o en el otoño e invierno, cuando el forraje ha madurado y se ha resecado, es conveniente dar al ganado algún producto laxativo como la semilla de lino o tortas de soya o heno de alfalfa, verde y con hojas. El ganado necesita el alimento laxativo porque el forraje antes descrito consiste en su mayor parte de fibra cruda, con relativamente poca proteína y cenizas.

Debido a la menor cantidad de estiércol que reciben las praderas donde el ganado permanece sólo una parte del tiempo, pierden su fertilidad con mayor rapidez que aquéllas donde el ganado está las 24 horas del día. En muchas haciendas, donde los terrenos de pastoreo más húmedos y abruptos se hallan a alguna distancia de los edificios, y donde la mayor parte del ganado se destina al ordeño, esos terrenos pierden casi toda su fertilidad. Esto se debe, en gran parte, a la costumbre de apacentar las vacas después del ordeño, retirarlas del pasto para el ordeño de la tarde, dejarlas en los edificios o cerca durante la noche y aplicar el estiércol que producen a otras partes de la granja y no al pasto.

La cría de ganado para la producción de carne exclusivamente, es una de las prácticas más económicas en la industria agropecuaria. En la pradera o en la hacienda, el ganado requiere muy poca atención. Si la hierba es suficiente, la labor de atender el rebaño consistirá, por lo general, en distribuir la sal, proveer abrevaderos, y en "trabajar" el ganado durante ciertas temporadas, lo cual incluye marcar, descornar, castrar y vacunar las reses, etc.

## Capítulo XI

### CONSERVACIÓN DE LA FAUNA

**L**A EROSIÓN HA DEJADO sentir sus efectos en casi todas las tierras cultivables. Los agricultores abandonan las tierras que la erosión convierte en improductivas. Los efectos de la erosión son progresivos a menos que se apliquen medidas apropiadas para proteger los campos contra la acción constante de los agentes erosivos. Por fortuna, las medidas para la conservación del suelo y el cuidado de la fauna pueden combinarse para fomentar el desarrollo de la caza, la cría de animales de peletería, y otras especies de animales en terrenos que de otra manera permanecerían improductivos.

La abundancia de aves cantoras, de caza, de animales de peletería, y de otras especies, aumenta el valor de las fincas y hace más agradable la vida en el campo. La fauna ayuda a proteger los cultivos contra las plagas y mejora el aspecto de la finca; provee diversión y recreo para el agricultor, su familia, y sus amigos; proporciona una variedad de alimentos deliciosos para la mesa del agricultor y, en algunos casos, puede convertirse en artículo de valor económico para la venta en el mercado. Por lo general, cualquier daño que pudieran sufrir los cultivos por el aumento de la fauna resulta ampliamente compensado con el valor efectivo de los animales como producto de la granja y con los beneficios derivados de la destrucción de los insectos.

Los lugares corroídos por la erosión, rincones, lindes, desagües de terrazas, y barrancos son refugios potenciales para los animales silvestres. Al mejorar los parajes afectados por la erosión mediante la siembra de hierbas, leguminosas, y plantas arbustivas que conservan el suelo, los agricultores pueden transformarlos de sitios infértiles o improductivos en útiles habitaciones para animales silvestres. De este modo se fomenta la producción de éstos sin reducir apenas la extensión de la tierra arable y se detiene la erosión de los terrenos sin cultivar.

La conservación del suelo y el fomento de la fauna están tan íntimamente relacionados que con un programa de economía agrícola bien dirigido pueden lograrse los beneficios de ambas actividades.

Desde antes que el hombre empezara a cultivar la tierra, la vegetación ha sido el instrumento que la naturaleza ha empleado para contrarrestar los efectos de sus agentes erosivos en las laderas y montañas, y no existe ningún medio mejor, descubierto por el hombre, para impedir las pérdidas del suelo. A pesar de construir terrazas y de usar otros medios mecánicos o artificiales para reducir al mínimo las pérdidas del suelo en la tierra arable, la obra del hombre necesita el tapiz vegetal para ser completa.

Todas las plantas ayudan a contrarrestar la erosión; algunas mejor que otras. Las plantas de crecimiento denso, como las lespedezas, producen los mejores resultados. La codorniz se alimenta de semillas de lespedeza y se refugia en su vegetación espesa. Numerosas plantas, excelentes para contrarrestar la erosión, son igualmente útiles para proporcionar alimento y protección a las aves.

Los factores apuntados requieren que la conservación de la fauna se efectúe mediante la selección adecuada de vegetación antierosiva y el desarrollo de un programa que proporcione alimento y protección a los animales silvestres en los sitios de mayor utilidad.

Los agricultores han llegado a comprender que para aumentar la fauna debe mejorarse el medio ambiente. Para lograrlo es necesario proporcionar alimento y refugio a los animales en sitios apropiados de la granja y para satisfacer las necesidades de la fauna durante todo el año es preciso establecer una variedad adecuada de cultivos. Estos principios son igualmente aplicables a granjas extensas o pequeñas y su aplicación se puede demostrar en detalle mediante el ejemplo de una granja modelo. El mapa de la granja que presenta la figura 148 señala los campos cultivados y los bosques, los sitios afectados por la erosión, los desagües de terrazas, lindes de los campos, y otros lugares afectados, que han sido mejorados para que sirvan de habitación a los animales silvestres. El aumento de codornices, conejos, y otras especies comprueba el éxito de las prácticas seguidas.

Asimismo contiene datos sobre la selección y siembra de plantas arbustivas y otras especies que producen frutos y semillas que son eficaces para contrarrestar la erosión y de provecho para la fauna.

## **GUÍA PARA LAS SIEMBRAS Y PARA EL AUMENTO DE LA FAUNA EN UNA GRANJA MODELO**

**VÉASE LA FIGURA 148**

**G.** Barrancos y viejos caminos, sembrados de especies mixtas de lespedezas. Plantación de arbustos consistente en groselleros, zarzas, alheñas, y ciruelos, establecida a manera de dique en zanjas, a fin de contener las corrientes. Estas plantas contrarrestan la erosión, impiden el escurrimiento rápido del agua, y proveen alimento para los animales silvestres.

**T.** Plantación de arbustos que producen frutos alimenticios, establecida en forma de dique en los desagües de terrazas para retardar el curso de las aguas. Estas plantas proporcionan alimento adicional para los animales silvestres.

**Z.** Plantación mixta de lespedezas con otras plantas, establecida en los lindes afectados por la erosión, a fin de impedir los efectos de ésta y proporcionar alimento a las aves.

**P.** Plantaciones especiales, con mezcla de plantas alimenticias y lespedezas, en lugares afectados por la erosión. Estas plantaciones protegen el suelo y son beneficiosas a la fauna.

**F.** Bosque al norte del campo núm. 3, repoblado de árboles y plantas que proveen alimento a la fauna. Estas plantaciones protegen el suelo de las pendientes empinadas, benefician a los animales silvestres, y producen madera.

Un año después de hacerse las plantaciones se notó un aumento de 28 codornices en las bandadas con habitación permanente en la granja y 30 codornices adicionales hicieron de la granja su habitación estacional. Tres bandadas nuevas se quedaron y dos llegaron a la granja estando el suelo cubierto de nieve. Hubo un aumento de cinco codornices en las primeras bandadas de la granja. Cada bandada usó las plantaciones más cerca del sitio donde habitaba.

Si hubiera un seto vivo en los lindes de la granja, una bandada podría habitar en el lado oeste del campo núm. 7 y otra en el campo núm. 8.

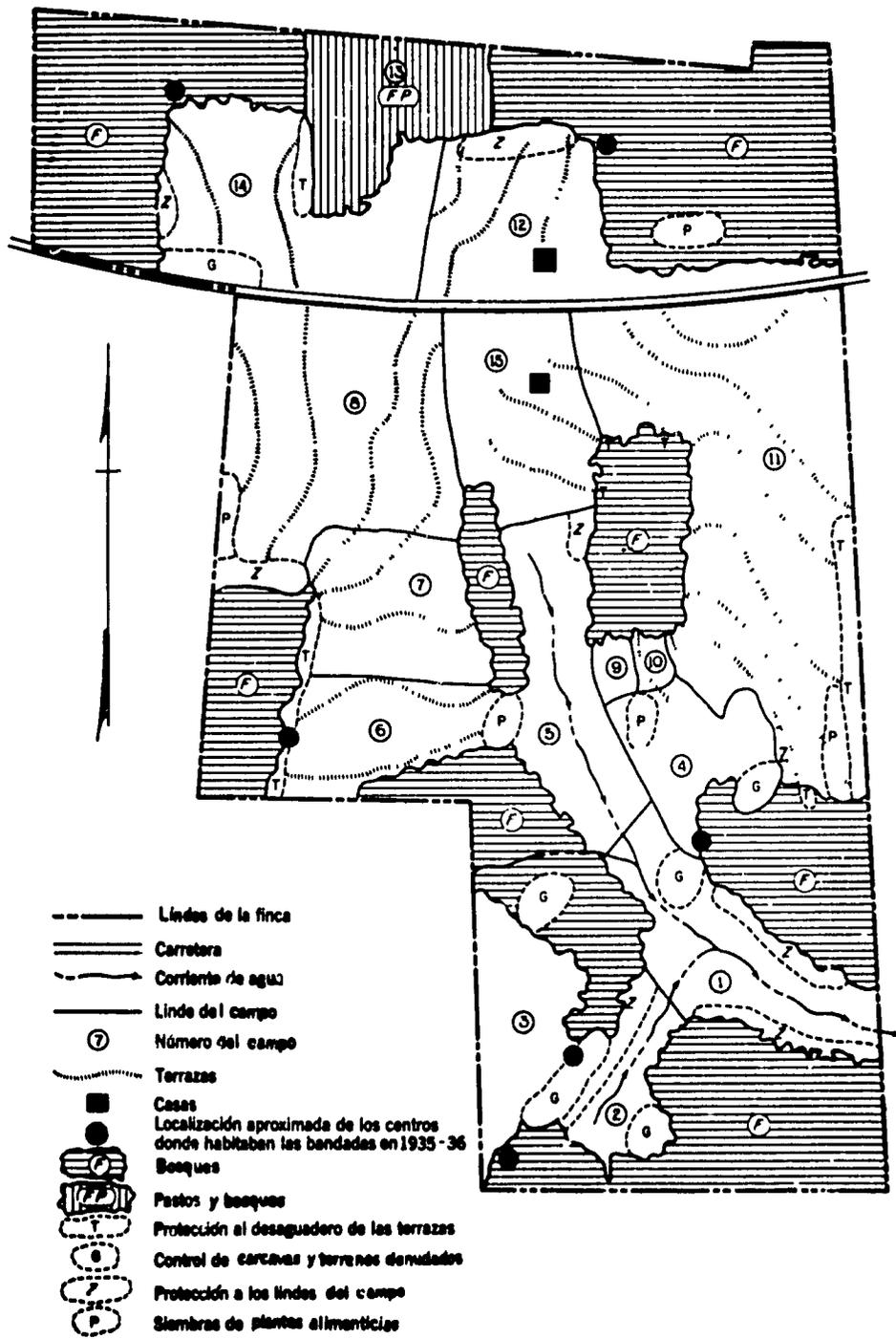
En esta granja no se acostumbra quemar las brozas de los montes y, con excepción de un solo bosque que contiene pastos, no se permite la entrada del ganado a las plantaciones ni a los bosques.

La fauna se beneficia con dos categorías de actividades para contrarrestar la erosión: (1) prácticas de conservación del suelo en los campos cultivados; y (2) separación y mejora de los sitios afectados por la erosión para adaptarlos a la vida de los animales silvestres. Ambas prácticas de conservación del suelo pueden emplearse en la generalidad de las granjas. Ellas son parte del programa de conservación puesto en práctica en la granja modelo que describe la figura 148.

Las terrazas y cultivos en fajas facilitan la distribución de alimento y abrigo para la fauna en una extensión mayor de la granja, según puede apreciarse por los métodos aplicados para mejorar el campo núm. 11 de la granja modelo. Este campo de 10 hectáreas se cultiva en terrazas y fajas, mediante una rotación de tres años. Un tercio del campo se dedica todos los años a cultivos escardados, otro tercio a cereales de grano pequeño, y el resto al cultivo de heno. En esta forma se ha logrado que todos los años dos terceras partes de este campo ofrezcan abrigo y alimento para una variedad de aves y otros animales. Antes de implantarse estos métodos de conservación del suelo este campo se dedicaba totalmente a un solo cultivo, por lo cual se destruyó paulatinamente su valor para la fauna.

La costumbre de dejar algunos recodos y fajas de lespedezas y otras leguminosas sin cosechar, algún maíz amontonado en haces, o las plantas de maíz en pie cerca de los lindes de los campos y de los montes, aumenta el valor de los campos cultivados con relación a la fauna. Unos cuantos metros cuadrados donde se dejen sin recoger las mieses serán suficientes para proporcionar alimento en cantidad adecuada a las aves y a otros animales. La bandada de codornices que habita cerca del campo núm. 12 de la finca modelo, por ejemplo, obtiene una parte substancial de su alimentación en el otoño y en el invierno de las pequeñas parcelas de lespedeza que se dejan junto a los lindes del campo.

No debe olvidarse que las codornices y muchas otras especies no conviven en grandes bandadas, por lo que tanto los sitios de refugio como el alimento deben colocarse conforme a una distribución adecuada. Una o dos bandadas de codornices podrían habitar en una zona pequeña, pero debe evitarse que una bandada tenga que recorrer diariamente más de 200 metros a través de lugares expuestos para conseguir alimento. En tal caso las aves no podrían sobrevivir ni multiplicarse satisfactoriamente. Además, el alimento que se deja para las codornices también lo consumen muchas aves de otras especies, los ratones, las ratas, y otros animales pequeños. El moho y la descomposición destruyen parte del alimento. Si los animales tienen que obtener su comida necesariamente de una sola o determinadas parcelas pequeñas, sus enemigos naturales pueden vigilarlos y hacerles daño con mayor facilidad. Es necesario, por consiguiente, disponer cierto número de parcelas donde se cultiven frutos alimenticios, bien distribuidas en la granja, y cerca de refugios



**Figura 148.**—Mapa de una finca modelo de 64 hectáreas, demostrativo de los procedimientos empleados para combatir la erosión y beneficiar la fauna.

convenientes donde las aves puedan comer a salvo. Los cultivos en fajas, la rotación de cultivos, la práctica de dejar en pie algunas fajas y recodos de frutos alimenticios tales como lepedezas, chícharos de vaca, otras leguminosas, y maíz, y la diversificación de la agricultura mediante prácticas conservadoras del suelo contribuyen a proteger la fauna. El dejar o establecer parcelas de vegetación protectora en medio de los campos cultivados facilita asimismo la distribución conveniente del alimento y la protección de la fauna. Nótese cómo se logra la diversificación de los cultivos en la finca modelo de la figura 148.

Deben reprimirse los fuegos a fin de obtener la producción máxima de animales silvestres. La quema de los rastrojos y de las brozas en los setos vivos y montes colindantes con los campos cultivados destruye las condiciones favorables para la fauna.

Las prácticas agrícolas para conservar el suelo, empleadas en el cultivo de los campos, no bastarán de por sí para producir suficiente alimento para la fauna ni para protegerla. Para que la producción de animales sea permanente es necesario alimentar y proteger la fauna no sólo durante todas las temporadas del año sino todos los años, lo cual no es posible a menos que se dedique una parte de las tierras para los animales silvestres exclusivamente.

La extensión de tierra necesaria para tal fin varía de acuerdo con las condiciones locales. A base de los conocimientos actuales, y siempre que se distribuya en porciones adecuadas, el 3 por ciento del área total de los terrenos de una finca parece ser suficiente para la conservación y protección de la fauna en regiones agrícolas. En regiones muy afectadas por la erosión constuyen de por sí la proporción antedicha los barrancos y otros sitios denudados, las



*Figura 149.*—Una antigua carretera arruinada por la erosión.

pendientes muy escarpadas no cultivables, los lindes muy desgastados de los campos, los recodos y otros sitios similares de poco o ningún valor para fines de cultivo. Si bien esta extensión de tierra quizá no sea suficiente para la cantidad máxima de animales, en general servirá como factor adicional a los recursos de la finca para beneficio de la fauna.

Gran parte de las tierras para uso de la fauna en las fincas consiste en barrancos y partes denudadas de diversos tamaños, desde varios metros cuadrados a unas cuantas hectáreas, consistiendo a menudo en campos total o parcialmente abandonados y no cultivados. Hay métodos sencillos para mejorar estos sitios. Las aguas superficiales que descienden de los terrenos circunvecinos se desvían frecuentemente por medio de terrazas ubicadas en los terrenos adyacentes con zanjas de desvío, y para contrarrestar la erosión satisfactoriamente se aplica semilla al terreno, se siembran plantas arbustivas, y se cubre con los rastrojos de las cosechas.

En los barrancos formados por las aguas pueden colocarse setos vivos a intervalos regulares, en forma de diques, para reducir la velocidad de las corrientes y permitir que las plantas se arraiguen bien al suelo.

Este método se ha empleado con éxito en la región que se extiende desde los terrenos bajos del campo número 2 hasta el campo número 3 de la finca modelo (figura 148). En este caso no era conveniente desviar las corrientes superiores porque no había un lugar apropiado hacia el cual poder desviar y descargar las aguas, pero en los barrancos se colocaron setos de groselleros, zarzas, lespedeza bicolor, algustres, ciruelos silvestres, y zarzamoras de Himalaya



**Figura 150.**—Una vegetación espesa de pasto Sudán y *Lespedeza sericea* en esta carretera abandonada ha detenido la erosión completamente después de una temporada de crecimiento. El pasto Sudán estabiliza el suelo y contribuye al crecimiento de la lespedeza.

en la forma indicada. En la proximidad de los barrancos hay arbustos y enredaderas como el ciruelo, el sauce, las zarzas, la vid silvestre, el persimonio, la zarzaparrilla, y la hiedra. La vegetación sembrada en los barrancos complementa la vegetación natural circundante, y de ese modo los animales silvestres encuentran siempre alimento, tanto en el invierno cuando hay escasez como en verano cuando las frutas son necesarias para variar la alimentación.

La vegetación detuvo la erosión prácticamente por completo en esos barrancos en la primera estación. Asimismo atrajo la fauna silvestre. Una bandada nueva de codornices se estableció en el extremo norte de los barrancos durante el otoño y permaneció allí durante el invierno sin perecer ninguna de las aves. Otra bandada de 15 aves de la finca colindante se alojó en este barranco y en el que está al este del campo número 2 durante las fuertes nevadas del invierno. Muchos conejos también encontraron allí refugio y alimento.

En todas partes del país existen muchas carreteras abandonadas a causa de los efectos excesivos de la erosión (figura 149). El tratamiento indicado para los barrancos podría aplicarse a esas carreteras, lo que beneficiaría grandemente a los animales silvestres (figura 150). Un ejemplo de una carretera seriamente afectada por la erosión, que se ha protegido mediante la siembra de vegetación para conservar el suelo, nos lo presenta el barranco que aparece al borde del campo número 14 de la finca modelo.

## Capítulo XII

# CONSERVACIÓN EN CAMPOS DE PASTOREO

**MUCHAS DE LAS PRÁCTICAS** agrícolas de carácter general, aplicadas para la conservación del suelo, son adaptables a las tierras de pastoreo. En circunstancias normales estas tierras son más apropiadas para el apacentamiento de ganado que para cualquier otra explotación agrícola.

Los métodos de conservación de estas tierras varían de acuerdo con la intensidad de la lluvia, velocidad del viento, estación del crecimiento, altitud de los terrenos, y otros factores. Sin embargo, los factores físicos que exigen cambios más notables en los métodos de conservación son las notables diferencias de los tipos y variadas condiciones de los suelos, así como la amplia variedad y estado de la vegetación que los cubre. Es evidente que la práctica de conservación esencial consiste en implantar un sistema de pastoreo que mantenga el equilibrio adecuado entre la cantidad de vegetación que el ganado consume y la que resta para la protección del suelo. Después de condiciones desventajosas prolongadas, es conveniente poner en ejecución las prácticas de conservación de las aguas al efecto de aliviar las consecuencias de las sequías y contribuir a la rehabilitación de los terrenos. Asimismo, el restablecimiento de la vegetación para regenerar la pradera en terrenos previamente dedicados a labranza es otra práctica esencial de conservación del suelo. La promoción de mejoras, administrativas, tales como la colocación de cercas, provisión de abastecimientos de agua y otras facilidades para la cría de ganado, es esencial para el buen uso del forraje y de los recursos de las tierras de pastoreo. El apacentamiento en praderas suplementarias y la producción de alimento para el ganado en la propia finca pueden contribuir indirectamente a la conservación de los campos de pastoreo.

Un programa de conservación debe incluir todos los tipos de prácticas adaptables a los terrenos de pastoreo donde se va a desarrollar. El empleo de sólo algunas de las medidas apropiadas no producirá los resultados deseados y, en ciertos casos, el efecto puede ser contraproducente o perjudicial. Es asimismo de importancia vital que las diversas prácticas de conservación y los tratamientos aplicados a determinadas fracciones de la granja se correlacionen de tal modo que cada práctica empleada sea un complemento de los otros métodos de conservación en uso.

## PRACTICAS DE PASTOREO

**El apacentamiento correcto es requisito primordial y esencial en un programa de conservación de los campos de pastoreo.** No puede esperarse de una vegetación raquílica y rala una producción máxima de forraje. A menos que el pastoreo se efectúe en debida forma, los resultados de prácticas suplementarias tales como la conservación del agua y el establecimiento de la vegetación no serán satisfactorios. Al proyectar un programa de pastoreo será indispensable tener en cuenta, además de las necesidades del ganado, las exigencias de los pastos y otras plantas forrajeras, así como las condiciones físicas del terreno.

Los pastos no deben considerarse como un cultivo que sólo ha de producir forraje para la temporada considerada. Es preciso que estén en buenas condiciones para rendir una buena cosecha durante la próxima estación. Las plantas, en su mayoría, deben producir semillas. La producción de semillas no es tan esencial para la reproducción y conservación de hierbas perennes que se propagan por medio de vástagos rastreros o estolones, pero es indispensable que la vegetación herbácea en general no se recorte tan al ras de tierra que degeneren su vigor vegetativo. Las plantas perennes tienen que fortalecer sus raíces y renuevos con suficientes elementos de nutrición vegetal para que durante la próxima estación su crecimiento pueda iniciarse con vigor. Los pastos no elaboran alimento en sus raíces, pero éstas absorben la humedad y los elementos nutritivos del suelo y los transmiten a las hojas, las cuales los transforman en material vegetal. El desarrollo de las raíces depende del crecimiento sano y fuerte de la planta en sus partes no subterráneas. El pastoreo excesivo durante el período de crecimiento de las plantas disminuye el tamaño y vigor de sus raíces y reduce la capacidad de las plantas para absorber la humedad y asimilar alimentos vegetales del suelo. Si el ganado se apacienta en una misma pradera hasta que comience a enflaquecer, es probable que los pastos se perjudiquen a tal extremo que no puedan rendir una cosecha similar de forraje durante la estación siguiente. La falta de vitalidad también puede dar origen a pérdidas considerables al ocasionar la muerte de la vegetación herbácea durante los períodos de escasa humedad.

El crecimiento de la vegetación tiene importancia, además, desde el punto de vista de mantener la fertilidad del suelo y evitar la erosión. Bajo un denso tapiz herbáceo la erosión y las pérdidas del suelo disminuyen o son insignificantes (Véase la figura 151). La vegetación da sombra, la que reduce la evaporación en la capa superficial del suelo y protege las plantas tiernas en su período inicial de crecimiento. Aun durante el invierno, la remoción total del tapiz vegetativo que protege el suelo, mediante el apacentamiento excesivo del ganado, se considera una práctica agrícola perjudicial.

## ÉPOCA DEL PASTOREO

Como la época más crítica en la vida de una planta, perenne o anual, es al iniciar su crecimiento, el apacentamiento del ganado en los campos de pastoreo debe reducirse al mínimo temprano en la primavera. La época de pas-



**Figura 151.**—Densó tapiz vegetativo, muy eficaz para evitar los arrastres del suelo y la erosión.

toreo depende del tipo de las tierras de pastoreo así como de sus condiciones físicas. Mas bien que por otros medios, los pastos desgastados se rehabilitan más pronto si se limita o evita el apacentamiento del ganado durante la estación de crecimiento de la vegetación herbácea. Diferir el pastoreo en los terrenos pobres hasta bien entrada la primavera, es muy conveniente porque las plantas forrajeras no sólo deben absorber sustancias para nutrirse, sino aumentar su vitalidad y conservarla para su progreso vegetativo

En campos de pastoreo desgastados, donde predominan hierbas cuyo crecimiento es mayor después de las lluvias de estío que después de las lluvias primaverales, es preferible restringir el pastoreo durante el verano, más bien que temprano en primavera. No obstante, hay ciertas hierbas que el ganado debe pacer cuando están verdes y en su etapa de crecimiento, porque se ponen ásperas, leñosas y desagradables al llegar a su madurez

Pueden esperarse resultados satisfactorios de un sistema de rotación y pastoreo diferido que dé ocasión para que todos los pastos de una hacienda se desarrollen hasta llegar a su madurez por lo menos una vez cada 3 ó 4 años. (Véase la figura 152) Con un sistema adecuado de rotación muchos terrenos de pastoreo producirán mayor cantidad de forraje que mediante el apacentamiento continuo del ganado. En algunas haciendas la simple operación de cerrar los pozos donde abreva el ganado produce una rotación satisfactoria de los pastos que se desea proteger. En los campos de pastoreo muy desgastados, o donde la erosión y las pérdidas del suelo sean considerables, la restricción del apacentamiento es casi indispensable. Los períodos de descanso son esenciales para que las mejores plantas forrajeras prevalezcan sobre las especies adventicias.

El sistema de rotación que consiste en el uso alternado de las praderas durante la estación de crecimiento puede resultar impracticable en las haciendas donde algunos campos de pastoreo son adecuados para el apacentamiento del ganado en distintas épocas del año. Si la topografía del terreno es de tal naturaleza que provee abrigo durante los meses invernales, o las clases de forraje producidas sólo pueden aprovecharse en ciertas estaciones, puede que sea necesario utilizar, año tras año, los campos de pastoreo, prácticamente sin interrupción durante la estación de crecimiento. En los campos destinados a uso permanente es indispensable que el apacentamiento sea moderado durante la estación de pastoreo a fin de acumular una reserva de forraje en los pastos.

### CAPACIDAD DEL PASTOREO

La cantidad de ganado que una pradera puede sostener durante épocas normales puede ser excesiva en épocas de sequía. El pastoreo excesivo durante la sequía puede ocasionar tales perjuicios que al restablecerse las condiciones normales la productividad de los pastos se habrá reducido. Cuando las condiciones de la pradera sean mejores de lo normal, el pastoreo puede exceder la dotación común sin detrimento alguno para los campos. Con frecuencia no puede el granjero adaptar su rebaño a los diversos cambios vegetativos de las plantas forrajeras, pero es siempre esencial que reduzca la cantidad de ganado durante las estaciones en que la producción de forraje baje de lo



*Figura 153.*—Es conveniente dividir los terrenos de pastoreo para establecer la rotación y diferir el apacentamiento en los campos desgastados. La pradera agotada a la derecha de la cerca, puesta a descansar durante la estación de crecimiento, recupera su vigor rápidamente.

normal. En períodos de grandes sequías debe reducirse el número de animales de manera que los restantes no corten la hierba tan al ras del suelo que no pueda restablecerse rápidamente cuando se normalicen las condiciones. Nunca debe esperarse a que ocurran pérdidas de ganado o a que el desgaste de los pastos llegue al extremo para implantar las medidas de corrección indispensables.

Indican los estudios experimentales, comprobados por las observaciones cuidadosas de los granjeros, que en determinado período de tiempo son mayores las utilidades de pocas reses bien alimentadas que de muchas reses cuya alimentación es insuficiente para aumentar su peso. Afirma un experto en la materia que el mejor sistema de cría es el que más aumenta el peso total del ganado de una granja, en proporción al número de animales.

## DISTRIBUCIÓN DEL PASTOREO

Una de las medidas esenciales para la conservación de las tierras de pastoreo consiste en distribuir sistemáticamente los animales, de manera que el apacentamiento sea uniforme en todas las secciones de la granja. El apacentamiento excesivo en determinadas secciones puede ocurrir aún en las granjas que no tienen sobrecarga de ganado si los abastecimientos de agua no se han distribuido en forma adecuada, o las cercas y otras mejoras no están bien situadas. Los efectos del pisoteo excesivo del ganado alrededor de los abrevaderos, sitios para la sal, quebrantavientos y otras partes de concentración de las reses, pueden contribuir a la erosión que producen las lluvias o los vientos, la cual se extiende eventualmente a otras partes de los campos de pastoreo.

La colocación adecuada de los abrevaderos es un recurso efectivo para distribuir el pastoreo uniformemente sobre la superficie total de la pradera. Quizá convenga una separación no mayor de un kilómetro entre los distintos abrevaderos, pero las distancias cortas a veces son una desventaja porque aumentan el costo o por la falta de sitios adecuados para construirlos. Los abrevaderos deben colocarse de manera que resulten accesibles desde los puntos más distantes, pero sin necesidad de que el ganado se vea forzado a caminar por la escasez de forraje. La distancia que recorre el ganado en busca de agua varía considerablemente según la topografía del terreno, la temperatura y otros factores. En algunos sitios se nota la tendencia del ganado a concentrarse y consumir demasiado los pastos cercanos a los abrevaderos si para llegar al agua potable tiene que caminar más de un kilómetro. En otras regiones, cuando el tiempo es favorable y el terreno es relativamente llano, el ganado camina 3 kilómetros o más sin demostrar inclinación a palear excesivamente en las cercanías de los abrevaderos.

Suficientes alambrados bien situados ayudan mucho a distribuir el ganado entre las diversas secciones de la granja. Debe evitarse la formación de rincones al construirlos y deben ser ubicados de manera que los animales no tengan que atravesar barrancas profundas, cerros, u otros obstáculos naturales en busca del agua o forraje.

El colocar saleras en sitios donde habitualmente las reses no pacen, puede inducir a los animales a frecuentar esos lugares y efectuar así la correcta distribución del ganado. El sistema de rotación de los potreros disminuye los efectos del pisoteo y del pastoreo excesivos en muchos sitios expuestos a la concentración del ganado. En otros casos es conveniente cercar las secciones de la granja donde el ganado se concentra y pasta excesivamente. Donde la distribución proporcional no puede lograrse por otros medios es necesario arrear las reses para que cambien de sitio.

En las granjas donde haya ovejas el pastor distribuirá los rebaños de manera que el apacentamiento sea uniforme. Para evitar los efectos del pisoteo excesivo los rebaños deben separarse en grupos pequeños y evitar conducir los animales a los abrevaderos o sitios de dormir por las mismas sendas todos los días. También es conveniente cambiar con frecuencia los sitios de dormir. Algunos ganaderos alcanzan mucho éxito con el uso de cercas en el cuidado y apacentamiento de sus ovejas, con lo cual eliminan los rebaños y la concentración de animales que ocasionan.

## PLANTAS NOCIVAS

Con frecuencia ocurren muertes en el ganado que pasta en regiones infestadas de hierbas nocivas o venenosas. Las plantas nocivas como ciertos castus, que invaden las praderas desgastadas, pueden no ser venenosas pero son perjudiciales a la granja por carecer de valor alimenticio. Una vez establecidas, es muy difícil destruirlas. (Véase la figura 153.)

Las plantas nocivas, por lo general, aparecen en innumerables sitios de los campos durante las temporadas de pastoreo excesivo, sequías, vientos erosivos, o en cualquier época en que por otra causa los pastos se hallan en condiciones deficientes. El pastoreo metódico contribuye mucho a remediar los daños que ocasionan estas plantas y a evitar que continúe su propagación. Algunas veces ocurre un aumento de las plantas nocivas en granjas donde el pastoreo no es excesivo, pero es raro que invadan las granjas cuyos terrenos se mantienen en buenas condiciones. Generalmente sucumben cuando las otras plantas adquieren vigor y firmeza. Los métodos empleados para conservar el agua y la humedad en las explotaciones agrícolas pueden contribuir a exterminar algunas especies de plantas nocivas como el cactus. Entre otros métodos, el corte, la extirpación a raíz y el tratamiento con sustancias químicas pueden emplearse con éxito para exterminarlas, pero estos procedimientos son costosos y pocas veces están al alcance de los medios económicos de los granjeros.

Los animales, al pacer, no comen las especies venenosas cuando encuentran suficiente forraje de calidad en los campos. Sólo azuzado por el hambre el ganado empieza a comer la hierba loca, pero una vez que adquiere el hábito, la prefiere casi exclusivamente.

Las plantas nocivas, además de no ser satisfactorias como forraje, son mucho menos eficaces que la hierba para conservar la humedad deteniendo las corrientes, y para evitar la erosión producida por la lluvia y el viento. Algunas especies arbustivas se utilizan como forraje y no se consideran venenosas donde



**Figura 153** —La infestación de cactus generalizada es frecuente en muchos campos de pastoreo donde el apacentamiento es excesivo, pero puede evitarse manteniendo una buena cubierta herbácea en los terrenos.

vegetan espontáneamente, pero son menos efectivas que la hierba para retener el suelo y la humedad.

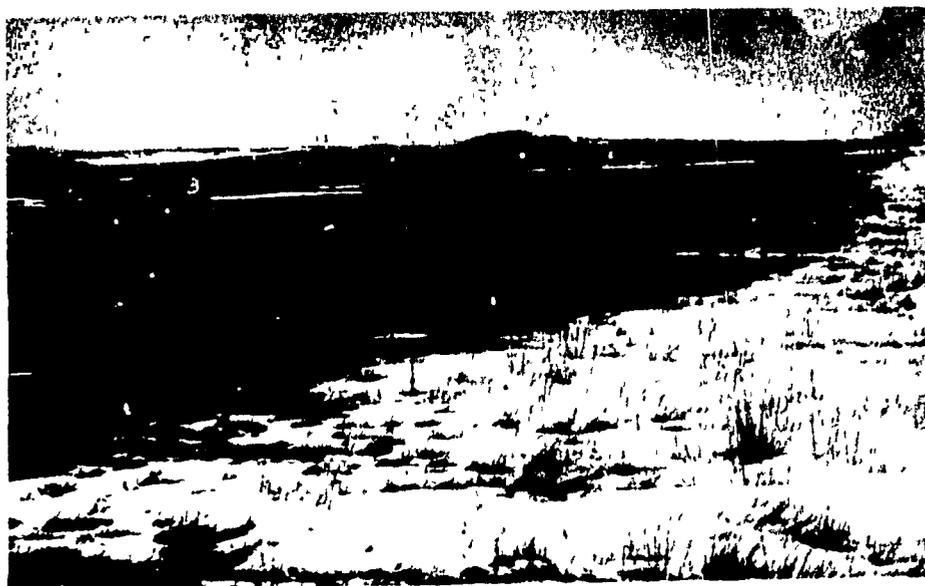
## CONSERVACIÓN DEL AGUA

La conservación del agua es esencial en todo país donde la lluvia es escasa y poco frecuente. En muchos campos de pastoreo el agua de lluvia se necesita para la producción del forraje, por lo cual debe hacerse lo posible para provocar su acumulación en los terrenos donde cae. El agua de escurrimiento, además de no aprovecharse en los terrenos, puede ser perjudicial debido a su acción erosiva.

La vegetación herbácea es efectiva para evitar las pérdidas de agua y evitar los arrastres del terreno producidos por el deshielo de la nieve (véase la figura 154). Los métodos prácticos, tales como los surcos a nivel, camellones a nivel, y las zanjas de riego, sirven de complemento a la vegetación herbácea antierosiva. Sin embargo, los métodos de conservación del agua y de la humedad en los campos de pastoreo son relativamente recientes y queda mucho por aprender respecto a su eficacia. Los estudios experimentales efectuados sobre los métodos más apropiados y su eficacia, en circunstancias distintas, son muy limitados.

En los campos de pastoreo los métodos de conservación del agua sirven para detener las inundaciones, evitar la erosión y mantener y aumentar la producción de plantas herbáceas. El último propósito mencionado es el de

mayor interés para los ganaderos. Sin embargo, antes de implantar esos métodos debe calcularse cuáles serán sus beneficios respecto a mantener permanentemente la estabilidad y productividad de los campos de pastoreo. La erosión del suelo, por insignificante que sea, debe evitarse porque sus efectos son progresivos con el transcurso de los años. Aparte de los objetivos que se persiguen, antes de implantar procedimientos nuevos en gran escala hay dos puntos de importancia que es preciso determinar: (1) si los métodos en proyecto producirán los resultados deseados, es decir, aumentar la producción de forraje y detener los efectos de la erosión, y (2) si el costo es excesivo en proporción a los beneficios.



**Figura 154.**—La vegetación herbácea espesa detiene los efectos erosivos del escurrimiento y contribuye a retener la nieve. A la izquierda de este prado casi toda la nieve ha volado con el viento porque el ganado ha consumido la vegetación muy al ras del suelo.

Es difícil predeterminar la efectividad de las prácticas agrícolas para detener la erosión y las inundaciones, por la incertidumbre inherente a la duración de las medidas empleadas y a la naturaleza de los daños imprevistos. En cambio, no es tan difícil determinar sus efectos en la producción de forraje, puesto que es fácil apreciar el crecimiento de la hierba. En muchas ocasiones los beneficios son positivos y apreciables a simple vista.

En circunstancias óptimas, es probable que la vegetación herbácea sea suficiente para reducir la erosión al mínimo. Muchas veces, sin embargo, las medidas prácticas serán muy beneficiosas si el medio ambiente es adecuado para implantarlas. Asimismo estas medidas pueden acelerar la rehabilitación de los terrenos desgastados de los campos de pastoreo.

## CAMELLONES Y SURCOS EN LAS CURVAS A NIVEL

En los terrenos moderadamente inclinados, donde la fertilidad del suelo sea suficiente para sostener la hierba adicional que crezca con el aumento de humedad y donde no sea muy severa la acción de los vientos al arrastrar las partículas del suelo de los campos adyacentes, la práctica de emplear surcos y camellones en las curvas a nivel es eficiente, por lo regular, para la conservación de los campos de pastoreo.



**Figura 155.**—Surcos bien hechos en las curvas a nivel. Estos surcos facilitan la penetración del agua y contribuyen a retener la humedad necesaria para producir los pastos.

Por el contrario, los camellones y surcos en las curvas a nivel resultan ineficientes en terrenos sueltos y arenosos, escabrosos y quebrados, en laderas muy escarpadas e inadecuados en aquellas regiones donde se acumulen grandes cantidades de sedimentos o arena. No sería lógico esperar que los surcos en las curvas a nivel resulten eficientes en terrenos estériles y de escasa profundidad. Además, la conservación del agua y de la humedad por medio de estas prácticas agrícolas será de escaso valor para la conservación de los campos de pastoreo si no se evita el pastoreo excesivo y se suprimen otras prácticas perjudiciales a los pastos.

Surcos y camellones de variados tipos y tamaños han demostrado su eficiencia en las curvas a nivel. Los más convenientes han sido los surcos hechos con el arado *liater* corriente o el de vertedera. En los campos de pastoreo, los trabajos agrícolas en las curvas de nivel resultan por lo regular más econó-



**Figura 156.**—Los surcos de gran tamaño en curvas a nivel esparcen el agua en una extensión más amplia de terreno, pero la hierba es muy lenta en reaparecer en los sitios afectados.

micos con estos aperos de labranza que con otros, con la ventaja de que el césped que destruye es relativamente poco.

En los surcos de 20 a 30 cm. de ancho, en buen terreno, la vegetación herbacea ha reaparecido en el transcurso de uno a tres años. Estos surcos, convenientemente espaciados, retendrán la máxima cantidad de agua en los lugares donde es de mayor beneficio. Las distancias más convenientes entre los surcos son de 1 a 2 m. Una de las ventajas mayores de esta práctica estriba en sus efectos sobre el césped adyacente a los surcos, el cual se desarrolla más denso como resultado de la mayor humedad. Esto contribuye a que el suelo conserve mayor cantidad de agua.

Los surcos demasiado estrechos se llenan con frecuencia de tierra y no tardan en inutilizarse. Los surcos grandes y terrazas muy espaciadas destruyen amplias fajas de césped, y la hierba, si reaparece, es con mucha lentitud. En un solo sitio acumulan la mayor cantidad del agua necesaria, en perjuicio de las áreas entre las terrazas que carecen de humedad. Otra desventaja de los camellones o terrazas demasiado grandes es que no pueden prepararse fácilmente con los instrumentos ordinarios de labranza. Por el contrario, los camellones grandes, en pendientes muy lisas, pueden esparcir el agua sobre una amplia extensión de césped y son eficaces muchas veces para reducir la acción del viento sobre la superficie del suelo, lo que ayuda a detener la erosión. (Véase la figura 156.)

En ciertos casos, tanto los surcos de gran tamaño como los pequeñitos son eficientes, pero en general los medianos han dado los mejores resultados.

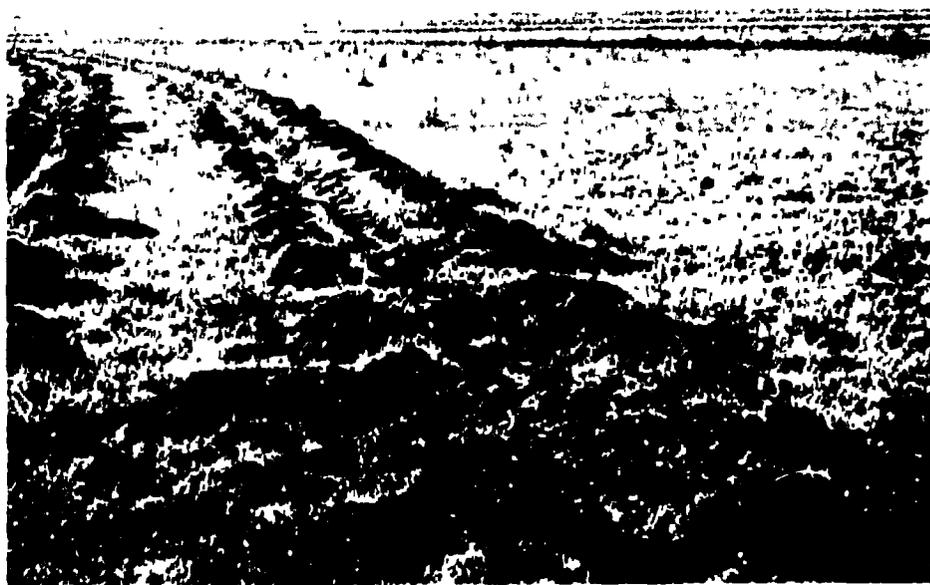
Los surcos en las curvas de nivel son de mayor utilidad en los terrenos cuya

vegetación consiste en césped. Esta vegetación herbácea reaparece con mayor prontitud en los terrenos afectados, gracias a su hábito natural de reproducirse por medio de las raíces. (Véase la figura 157.) Otras especies de hierba pueden vegetar en los surcos en curvas a nivel, pero en general el césped es más ventajoso a este respecto.

En muchas ocasiones, la hierba no ha vuelto a vegetar en los surcos cuando los terrenos han sido demasiado inclinados y, por el contrario, se ha observado el incremento de plantas adventicias, cuya utilidad es insignificante. Además, la aplicación de las prácticas de conservación en curvas a nivel en regiones escabrosas y quebradas resulta antieconómica. A fin de restablecer la vegetación en los surcos de esas zonas, la aplicación de nueva semilla es lo más aconsejable.

Las regiones arenosas absorben el agua con rapidez y por lo general no necesitan de camellones y surcos para impedir el escurrimiento excesivo, y como es natural que en estas regiones el cieno tape los surcos a causa del viento y de la lluvia, estos métodos de conservación resultan a veces más perjudiciales que útiles.

De acuerdo con la opinión de los ganaderos, una de las ventajas mayores de los surcos y camellones a nivel estriba en que facilitan la acumulación máxima de las aguas de lluvia en épocas de grandes sequías, cuando no es copiosa la vegetación herbácea y es indispensable aprovechar la humedad por completo. La mayor producción de forraje que origina la humedad conservada por medio de estas prácticas permitirá a los ganaderos mantener rebaños



**Figura 157.**—Hierbas que se reproducen por medio de sus raíces. Vista de los surcos a los tres meses de hechos con un arado lister de triple roja, sin usar la roja del medio.

regulares de crianza durante los períodos de sequía, en campos de pastoreo donde sería imposible lograrlo por otros medios.

## DESVIACIÓN Y ESPARCIMIENTO DEL AGUA

La canalización de las aguas desde sus cauces naturales hacia los terrenos en declive adyacentes ofrece innumerables ventajas siempre que pueda conducirse a sitios adecuados desde los cuales puedan esparcirse sobre los terrenos de pasto en producción. Esta medida ofrece la ventaja de disminuir los peligros de las inundaciones y las pérdidas por efectos de la erosión, además de aumentar la producción de forraje en las áreas beneficiadas. El tipo más común de presa de esparcimiento es la que intercepta el curso de agua utilizando zanjas o terrazas inclinadas para canalizar las aguas hacia los terrenos de ligero declive, donde se esparcen por medio de aberturas en las zanjas o terrazas. Estos desvíos pueden ser muy eficaces para corregir las cárcavas desde su cabecera, si se sitúan inmediatamente arriba de ellas.

Cuando se emplean terrazas o camellones para canalizar las aguas es conveniente abrir salidas en diferentes sitios a fin de regar eficientemente la mayor extensión de terreno posible con una cantidad limitada de agua. (Véase la figura 158.) Esta forma de riego sólo debe emplearse en terrenos ligeramente inclinados y de superficie uniforme, procurando que las aguas rieguen todos los terrenos y no se reconcentren en hondonadas y sitios bajos donde provocarían la formación de cárcavas erosivas. A menos que exista una densa vegetación



**Figura 158.**—Sistema de canalización y esparcimiento. La presa a la izquierda desvía las aguas del canal principal y los diques, al interceptar la corriente, esparcen las aguas sobre los pastos contiguos.



**Figura 159.**—A falta de mejores abastecimientos, los estanques bien contruidos suministran agua potable para el ganado.

herbácea, es contraproducente derramar las aguas sobre las tierras porque en las regiones denudadas o donde la vegetación es escasa es difícil detener grandes cantidades de agua y es probable que se facilite la erosión del suelo. Generalmente, no es práctico derramar las aguas de riego en terrenos sueltos y arenosos, o quebrados y escabrosos, y en los suelos demasiado superficiales o poco profundos es raro que tales prácticas resulten satisfactorias. La canalización de las aguas, sin embargo, puede ser valiosísima donde las aguas procedentes de los suelos poco profundos y quebrados se puedan verter sobre las pendientes fértiles adyacentes. Estas prácticas de conservación serán eficaces en los terrenos arcillosos si las aguas pueden retenerse suficiente tiempo para penetrar la capa compacta de la superficie del suelo.

### **ABASTECIMIENTOS DE AGUA, ESTANQUES Y LAGUNAS**

**Depósitos o estanques.**—La construcción de depósitos, lagunas, o tanques constituye un método práctico para abastecer de agua las localidades áridas. A menos que se contruyan estanques enormes, el agua dura poco tiempo. Sin embargo, bajo un sistema administrativo adecuado sería factible apacentar el ganado en los pastos adyacentes a los estanques durante la estación en que tuvieran agua disponible, y en esta forma servirían de complemento a los abastecimientos permanentes de agua. En muchos casos los estanques pueden construirse a menos costo que los pozos y pueden emplazarse en lugares donde es imposible extraer del subsuelo aguas de buena calidad.

**Situación de los estanques.**—En todas las haciendas, excepto las de terrenos demasiado arenosos o poco profundos, se pueden encontrar sitios adecuados para estanques. Para seleccionar estos sitios, los factores esenciales son su localización dentro de buenas tierras de pastoreo y su separación de otros abastecimientos de agua. El tipo y extensión de la cuenca, así como el costo probable de la construcción de la presa y del vertedero, son factores de importancia.

Si el área de la cuenca en la parte superior es demasiado extensa, las corrientes fuertes que producen las lluvias torrenciales pueden rebasar y destruir la presa. Por el contrario, si dicha área es muy reducida, el estanque estaría escaso de agua durante los periodos de sequía cuando más apremiante es la necesidad del líquido. Como resultado de los efectos de la erosión avanzada en la cuenca del estanque éste puede llenarse de cieno y quedar inservible. La presa debe colocarse en un sitio donde pueda construirse a un costo mínimo, pero el estanque debe tener la profundidad máxima que sea asequible. La profundidad de un estanque es esencial en las regiones donde el coeficiente de evaporación es alto. Donde la evaporación superficial es de 1,5 metros al año o más se recomienda una profundidad mínima de 3 metros. Un estanque con menos de 1,5 metros de agua bajo el nivel del vertedero perderá normalmente la mayor parte de su contenido por la evaporación durante los meses de verano en años de sequía.

**Presas y vertederos.**—El vertedero de un estanque es esencial. Es indispensable tener espacio suficiente para un vertedero amplio con capacidad para el escurrimiento que produzcan las lluvias torrenciales. Asimismo, el vertedero debe tener un sitio adecuado para descargar las aguas, porque si éstas se dejan correr libremente sobre terrenos escabrosos y quebrados, producen efectos erosivos de consideración. El contratar los servicios de un ingeniero competente para seleccionar el diseño y el sitio de un estanque tiende a evitar los gastos innecesarios a causa de presas o estanques mal construidos.

**Uso y cuidado de los estanques.**—Los estanques grandes son útiles como abrevaderos del ganado, pero pueden utilizarse además para regar pequeños predios de cultivos forrajeros, jardines y otros cultivos, y adaptándolos para la cría de peces, aves acuáticas y otras clases de animales silvestres, se transforman en buenos sitios de recreo. A menudo, la construcción de pequeños estanques a través de áreas afectadas por la erosión sirven para detenerla. La construcción de cercas alrededor del área superior inmediata al estanque, acompañada de diques para contrarrestar el flujo de agua y ayudar a detener el cieno, contribuirá a prolongar substancialmente la vida del estanque. En el área adyacente a la entrada de las aguas debe establecerse una capa densa de hierba u otra vegetación para que recoja una parte substancial del cieno que arrastran las inundaciones y proteger así el estanque. En la mayoría de los casos es conveniente cercarlo y dar de beber al ganado en un tanque colocado más abajo de la presa, conectándolo con una tubería. Es muy conveniente mantener cercados los estanques extensos.

## MANANTIALES

Los manantiales intermitentes y los perennes son buenas fuentes de agua para el ganado, particularmente en las áreas escabrosas y quebradas, adyacentes a terrenos más altos. El curso de agua se conservará en mejores condiciones evitando el pisoteo y chapoteo de las reses en el manantial. A veces se obtiene mayor cantidad de agua potable construyendo una tapia alrededor del manantial y transportando el agua por una tubería a un tanque colocado en un punto más bajo. La instalación de dispositivos diversos para retener las aguas, particularmente las de carácter antieroso, en los terrenos adyacentes a la parte superior de los manantiales intermitentes, es útil para conservar la potabilidad de las aguas. El recurso más usual y efectivo para reducir los arrastres del suelo ocasionados por la lluvia y mantener el flujo continuo de los manantiales consiste en una densa capa de hierba o en una plantación forestal permanente.

## POZOS

En las regiones sin manantiales ni ríos o arroyos, los pozos proveen agua potable para el ganado. Por regla general, los pozos son más eficientes como abastecimientos de agua que los estanques, y más económicos cuando las corrientes subterráneas están a profundidades moderadas. En muchas regiones los molinos se utilizan para elevar el agua de las capas subterráneas. (Véase la figura 160.) Es muy conveniente almacenar suficiente cantidad de agua cuando los molinos de viento constituyen la fuerza motriz de que se dispone para elevar e impulsar el agua. Deben tomarse las medidas necesarias para almacenar una reserva conveniente para los períodos en que el pozo esté en reparación o el viento sea insuficiente para impulsar el molino.

## RESTABLECIMIENTO DE LA VEGETACION

En algunas praderas la vegetación ha desaparecido casi por completo con motivo del pastoreo excesivo, la sequía, la erosión producida por el viento u otras causas. Es todavía mayor el número de granjas en cuyos terrenos la vegetación herbácea se ha empobrecido a tal extremo que los campos han perdido su valor como tierras de pastoreo. Para que estos campos readquieran su más alto valor económico en período razonable, es indispensable tomar las medidas necesarias para restablecer la vegetación.

En las tierras donde no se ha destruido la hierba por completo, la vegetación se podrá restablecer a su estado normal, aún cuando la hierba sea escasa, siempre que se impida el pastoreo por varios años y se pongan en práctica los métodos de conservación del agua. Las medidas oportunas para proteger las regiones en mal estado por su uso excesivo acelerarán considerablemente la rehabilitación de los campos, los cuales pronto estarán en condiciones de producir pasto para el ganado. Por el contrario, si el uso excesivo ha arruinado por completo la vegetación herbácea, es necesario dejar descansar el terreno por tiempo indefinido y poner en vigor idénticas medidas rehabilitadoras que en tierras laborables que se retiran del cultivo.



**Figura 160.**—En muchas regiones los pozos constituyen el medio más seguro de obtener agua potable para el ganado cuando las corrientes subterráneas están a profundidades moderadas. Para elevar e impulsar las aguas se utiliza, por lo general, la fuerza motriz de los molinos de viento

En las tierras labrantías que se retiren del cultivo para dedicarlas a pastos y los prados naturales denudados por el uso, la naturaleza necesita la ayuda del hombre durante el proceso rehabilitador de la vegetación. La primer medida indispensable consiste en impedir que el viento arrastre las partículas del suelo de los campos denudados. La erosión de los suelos fértiles o moderadamente arenosos se detiene permitiendo el crecimiento de las malezas hasta cubrir todo el terreno después de pasarle el arado sembrador. En algunos casos es necesario sembrar cultivos forrajeros antierosivos en las tierras denudadas, como el pasto Sudán, millo común, sorgos para caña y para granos, para estabilizar pronto el suelo, antes de que se cubra de malezas. El proceso de restablecimiento natural de la hierba comienza con el crecimiento espontáneo de la maleza.

El restablecimiento de la vegetación es por lo general un proceso natural muy lento que requiere años para que las plantas forrajeras de calidad reaparezcan y cubran el suelo, pero este proceso puede acelerarse con la siembra de hierba adaptable a los terrenos cubiertos de residuos de cosechas u otras materias, durante las estaciones favorables. Las especies de hierbas indígenas se adaptan mejor para este fin.

Las hierbas deben sembrarse cuando el suelo tenga suficiente humedad. Es muy difícil establecer una plantación de hierbas en terrenos cubiertos de malezas o plantas espontáneas que restan humedad a la tierna vegetación herbácea. Deben segarse las malezas densas que aparezcan después de sembrada la hierba. Los cultivos protectores para los terrenos que se dediquen a pastos deben sembrarse en hileras de 25 a 50 centímetros de distancia. Estas plantas deben cortarse antes de producir semilla y dejarse sobre la superficie del terreno para que le sirvan de protección adicional.

El restablecimiento de la vegetación en suelos sueltos y arenosos puede instituir un problema difícil, particularmente cuando haya desaparecido toda o casi toda la vegetación herbácea y tiendan a formarse dunas. El viento y las arenas que vuelan sobre estas tierras extinguen las plantas tiernas antes de convertirse en vegetación capaz de retener y estabilizar el suelo.

El restablecimiento de la vegetación en los terrenos sueltos y arenosos, por los procesos naturales es casi siempre muy tardío. En esta clase de terrenos es indispensable lograr su completa estabilización antes de efectuar la siembra de hierba.

Algunas veces la roturación profunda de los terrenos sueltos y arenosos con el arado *lister* produce su estabilización, si esta operación se efectúa cuando la tierra esté húmeda. Si el medio ambiente es favorable brotarán las malezas y cubrirán el terreno. Sin embargo, si se desea la estabilización inmediata del suelo deben efectuarse cultivos preliminares de plantas adaptables a terrenos arenosos durante la estación propicia, lo que es necesario para detener la erosión producida por el viento y permitir el crecimiento de la maleza. A veces es necesario cubrir los suelos sueltos y arenosos de paja o rastrojos antes de poder establecer los cultivos preliminares. Después que el terreno haya estado cubierto de malezas por espacio de un año, es necesario esmerarse en las medidas de conservación hasta que se establezca una vegetación de naturaleza más permanente.

## EXPLORACIÓN PECUARIA

El éxito y estabilidad de los programas de conservación de los campos de pastoreo dependen de la habilidad administrativa en el funcionamiento de las haciendas. La explotación adecuada de una hacienda de ganado demanda la adopción de un plan administrativo para asegurar su máxima producción y la conservación de sus recursos naturales en armonía con sus propias necesidades y recursos. Puede que los cambios ocurridos en los últimos años exijan la revisión o cambio del plan de operaciones en vigor, por lo cual sólo pueden establecerse algunas reglas de carácter general para su aplicación en amplia escala.

El ganado vacuno es el que mejor consumo hace de la hierba alta y áspera. Es preciso que el número de reses pueda ajustarse sin mayores dificultades a las fluctuaciones de la producción de forraje y para lograrlo algunos ganaderos venden los becerros al cumplir un año. En caso de sequía pueden venderse los becerros recién nacidos así como los de un año de edad y reducir considerablemente el número de reses, sin afectar mucho el hato.

Las haciendas de ganado deben mejorarse mediante la instalación de cercas, abastecimientos de agua, corrales y tanques de inmersión para que el ganado esté bien atendido. Sin embargo, las mejoras son costosas y desde el punto de vista de la economía práctica no deben introducirse más de las indispensables. En la explotación de las tierras de pastoreo es preciso recordar que las ganancias por cada hectárea son pocas, por lo regular, unos cuantos centavos al año, y que las mejoras e inversiones deben ser proporcionales a los recursos de las tierras.

Con frecuencia el uso inadecuado de los terrenos de pastoreo proviene de su división en pequeños predios para crear unidades agrícolas relativamente pequeñas. Aun en las praderas asociadas a granjas, a menudo los terrenos de pastoreo resultan insuficientes para apacentar las cabezas de ganado necesarias para el desarrollo de una sana economía agrícola. Factores múltiples, como el aumento de las tierras de cultivo, el costo del terreno y las mejoras, las condiciones variables, la sobreestimación de la capacidad productiva de las tierras y el incremento del costo de explotación, son la causa del establecimiento de haciendas demasiado pequeñas para rendir utilidades que cubran los gastos generales de la explotación ganadera y provean un medio digno de subsistencia para el ganadero. La aplicación sistemática de las prácticas adecuadas de pastoreo es imposible en una hacienda que a pesar de funcionar bajo un sistema agropecuario tendiente a conservar la productividad de los campos, produce forraje insuficiente para sostener una manada que asegure la subsistencia económica de la familia del ganadero. Con el objeto de aumentar la producción hasta el máximo, el apacentamiento adquiere proporciones excesivas y se consume todo el forraje producido durante el curso del año. En tales circunstancias, la erosión afecta los campos, la fuerza vegetativa de la hierba disminuye y la producción es menor en el año subsiguiente. Este sistema de producción impide el restablecimiento natural de la hierba año tras año, y los campos van perdiendo su capacidad productiva en proporción al exceso del ganado. Uno de los factores esenciales que afectan el

problema de conservación de las praderas es la necesidad de que cada ganadero tenga suficiente extensión para asegurarle utilidades razonables.

Las praderas de poca extensión en las haciendas sufren las consecuencias del apacentamiento excesivo por la carencia de tierras de pastoreo suficientes para sostener una adecuada producción de ganado. En tales circunstancias, deben complementarse con tierras adicionales de pastoreo o el uso de forrajes o pasturas suplementarias.

### PRADERAS Y FORRAJES SUPLEMENTARIOS

Muchas haciendas pecuarias disponen de terrenos de cultivo. Estas haciendas deben aprovechar sus terrenos cultivables para la producción de forraje para el invierno, períodos de sequía, o para cuando lo requieran las circunstancias. Muchos hacendados utilizan forrajes suplementarios para alimentar las reses y es evidente que si este alimento se produjera en la propia hacienda, el dinero en efectivo necesario para la compra de forrajes se reduciría considerablemente. Cuando fuere factible, conviene almacenar reservas de forraje de año en año para los períodos de sequía y para otras emergencias.

En climas secos el forraje de reserva se puede hacinar en parvas, guardar en silos subterráneos, o conservar en otra forma adecuada. El alimento y el forraje almacenados en forma adecuada se conservan en buen estado durante varios años.

Por lo regular el alimento adquirido en el mercado, el cual se puede dar a las reses en el mismo campo, consiste principalmente de productos concentra-



*Figura 161.*—La reserva de forraje para el invierno o para los años de sequía constituye una medida administrativa indispensable en las haciendas pecuarias.

dos. La cantidad reducida que de ordinario consumen los animales no afecta substancialmente la producción de forraje, pero puede ayudar a sostener la manada.

Constituye una ventaja que la hacienda pueda proveer forraje para alimentar el ganado en el invierno, y particularmente durante las ventiscas, período en que los campos de pastoreo están cubiertos de nieve. En ciertos sitios, los cultivos y cosechas, así como la alimentación suplementaria para el ganado, no se consideran esenciales al buen funcionamiento de una hacienda, pero estas prácticas son de valor positivo para estabilizar el progreso de las operaciones administrativas y para mejorar las condiciones de la ganadería. En las haciendas en que la producción puede desarrollarse hasta crear reservas de forraje, se disminuyen los riesgos del negocio en forma considerable puesto que puede evitarse la venta y liquidación en mercados no satisfactorios. La producción y consumo de los forrajes suplementarios puede contribuir a la conservación y mejora de los campos de pastoreo al crear las reservas de forraje para las épocas en que el apacentamiento sea críticamente excesivo.

La utilización de praderas suplementarias para cortes es a menudo una práctica conveniente ya que permite descansar a algunas pasturas naturales. Los cultivos de granos, para usarse como pastos suplementarios antes y después de la época principal de pastoreo y las plantas resistentes a la sequía para usarse en el verano, ofrecen las mayores ventajas como alimentación suplementaria. Muchas haciendas tienen praderas naturales que pueden utilizarse ventajosamente para producir heno. En algunos casos puede establecerse un sistema de regadío en pequeños predios para resolver en parte el problema del forraje.

## Capítulo XIII

### ABASTECIMIENTOS DE AGUA

**L**A NECESIDAD DE UTILIZAR plenamente las praderas y la escasez de agua han llevado, como parte de los sistemas de conservación de esos terrenos, a desplegar una gran actividad en el desarrollo de diversos tipos de abrevaderos. La construcción económica, su correcta distribución, y la selección del tipo adecuado constituyen elementos indispensables para la obtención de utilidades adecuadas en la industria pecuaria. La falta de coordinación entre la instalación de abrevaderos y las prácticas de conservación empleadas en las praderas y su emplazamiento o construcción inadecuados han sido la causa de que muchos resulten insatisfactorios.

#### ABREVADEROS

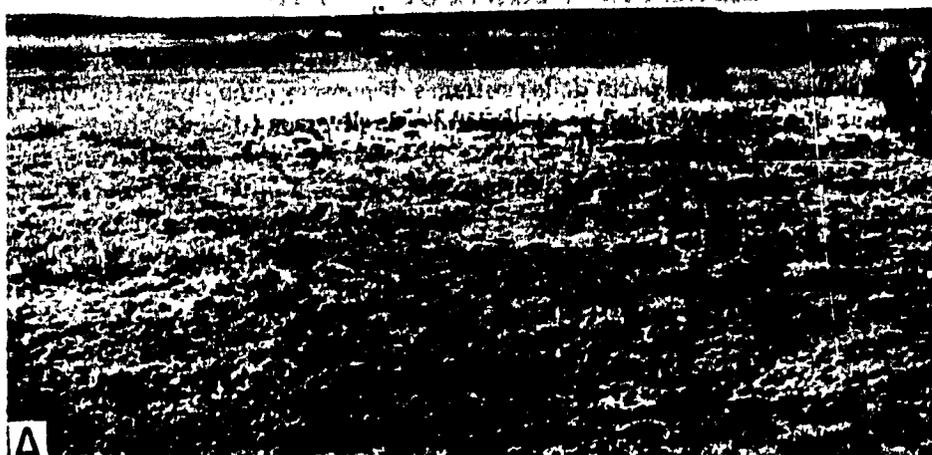
El ganado debe disponer, para su normal desarrollo, de agua en abundancia sea cual sea la cantidad y calidad del forraje disponible. El forraje abundante, tanto como el agua a horas regulares, son esenciales para que el ganado obtenga buenas condiciones de vida. Cuando los abastecimientos de agua son inadecuados provocan la inestabilidad de la industria pecuaria y el ganado padece en grandes cantidades. Además, impiden la utilización provechosa de zonas de pastoreo escasas de agua a la par que provocan un pastoreo sobrecargado en los lugares adyacentes a los abrevaderos.

El problema de proporcionar agua para el ganado no es una mera cuestión de proveer suficientes pozos, manantiales y estanques para disponer de la cantidad necesaria. La distribución adecuada de los abrevaderos con arreglo al forraje disponible es igualmente esencial (figura 162). Las praderas capaces de producir forraje abundante para el ganado no pueden aprovecharse plenamente si carecen de abrevaderos accesibles. Por el contrario, si la existencia de agua es suficiente para el número de animales que padece en los alrededores, los abrevaderos adicionales estimularán el pastoreo excesivo y causarán gastos innecesarios.

El ganado requiere agua permanente en todas las estaciones del año. Ocurre a menudo que durante la estación lluviosa el agua es abundante en los cursos de agua y estanques y es escasa durante estaciones de poca lluvia. Las fluctuaciones anuales en el volumen de las lluvias y de los cursos de agua agravan el problema de los abrevaderos. La cantidad de lluvia y el volumen de una corriente varían notablemente de estación a estación y de año en año. Durante los años de lluvia intensa los estanques podrán llenarse varias veces,

pero durante los años de sequía en que el agua es tan necesaria y la evaporación mayor, tal vez el volumen del agua de escurrimiento no sea suficiente para llenar los estanques ni una sola vez. En estos períodos críticos comúnmente perecen muchos animales por no existir abastecimientos de agua adecuados.

El establecimiento de abrevaderos en los campos de pastoreo contribuye de manera indirecta a la adopción de prácticas beneficiosas para la conservación del suelo y del agua, tanto en estas regiones como en los campos de cultivo. Si



**Figura 162.**—A, hermosa pradera donde la distribución adecuada del ganado y los abastecimientos de agua han sido factores importantes para su conservación en buen estado; B, con motivo del excesivo pastoreo, esta pradera produce muy poco forraje, provocando la muerte de las reses a consecuencia de la sequía y de las enfermedades.

el tipo de abrevadero y su emplazamiento son adecuados, el pastoreo puede restringirse en praderas recargadas, en terrenos afectados por la erosión o agotados, rotándose el ganado de acuerdo a la capacidad de pastoreo de las distintas praderas. En zonas de agricultura los abrevaderos bien situados ocasionarán la uniformidad del apacentamiento y facilitarán la mejora de los pastos, además de contrarrestar los efectos de la erosión. Asimismo, harán aprovechables para forraje los cultivos protectores del suelo, así como utilizables para la producción de forraje los terrenos escarpados impropios para la siembra de cultivos intensivos.

Los abrevaderos pueden clasificarse como temporales o permanentes, de acuerdo con su utilidad relativa. Los cursos de agua, pozos poco profundos y estanques intermitentes, por lo general tienen agua durante determinada estación o por períodos cortos. Los buenos manantiales, ríos o pozos profundos y estanques comúnmente tienen un volumen de agua continuo o permanente. El rocío y la lluvia que cae sobre los pastos proveen un abastecimiento de agua suplementario cuando pueden recogerse. La nieve puede servir como otra fuente de abastecimiento.

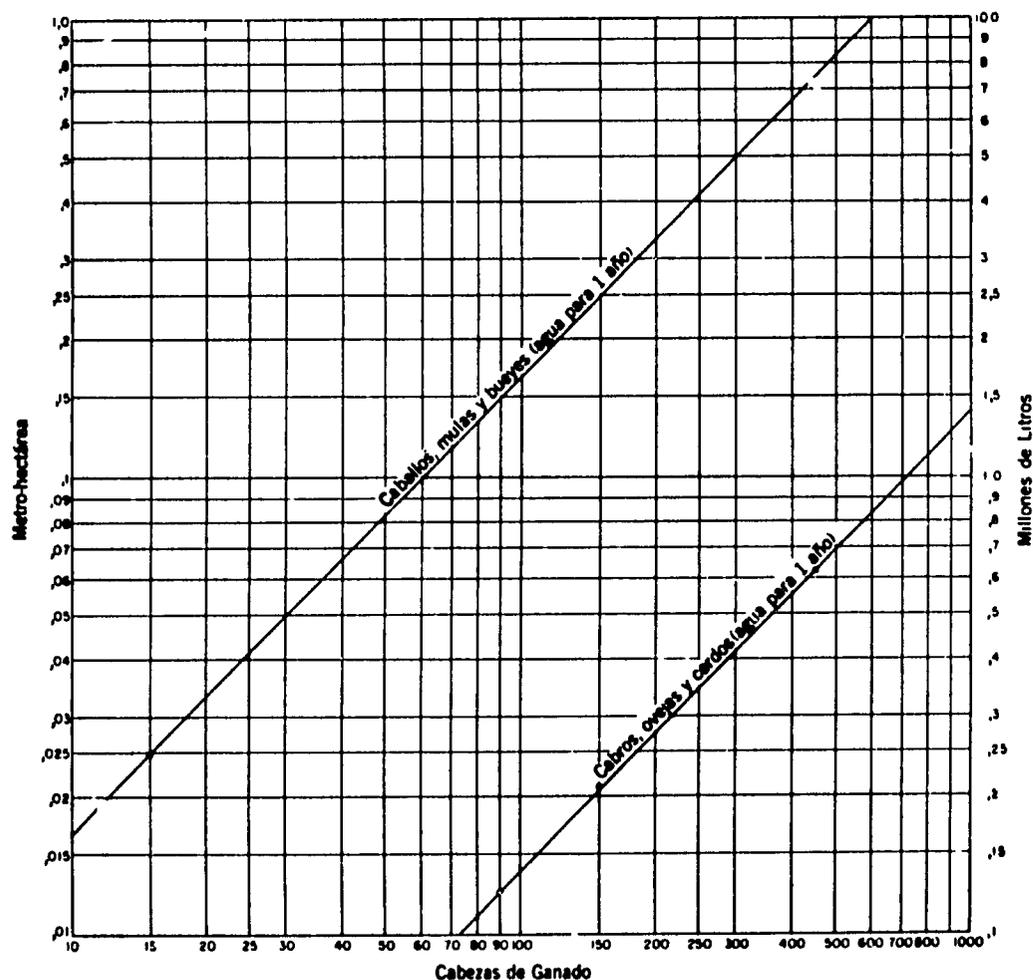
Cada abrevadero es independiente de otros situados en la misma pradera, y puede ser o no del mismo tipo. Un abrevadero puede ser un arroyo, otro un pozo, un manantial o un estanque. Algunas veces se abastecen dos abrevaderos desde una misma fuente, por medio de tuberías. Por ejemplo, si en un lugar se ha establecido un abastecimiento de agua de volumen excepcional, conviene más repartir esta agua por medio de tuberías a otros puntos que establecer nuevos abrevaderos independientes.

Es perjudicial para la pradera así como para los animales que éstos tengan que caminar largas distancias para ir a beber. En campos abiertos y llanos, los abrevaderos no deben distanciarse a más de 8 km. Deben distribuirse en tal forma que el ganado vacuno no tenga que caminar más de 3 ó 4 kilómetros desde cualquier punto y el ovejuno no más de 6 kilómetros. En ciertas circunstancias, el ganado puede paecer a distancias mayores, pero en tal caso la utilización de la pradera no será uniforme. El ganado en buenas condiciones físicas podrá caminar mayores distancias que el ganado mal nutrido. Las reses jóvenes y vacas secas pueden caminar más que otro ganado. Las ovejas horras pueden caminar más lejos que las ovejas con sus crías. Esto no afectará mayormente el intervalo que debe haber entre los abrevaderos con motivo de ser mixto el ganado a pastoreo.

En terreno irregular y montañoso donde el matorral, las rocas y las pendientes dificultan el paso, el ganado no debe recorrer más de dos kilómetros para ir al abrevadero. Sin embargo, si los caminos hacia los abrevaderos bordean cerros y desfiladeros relativamente llanos, el ganado podrá caminar mayores distancias para llegar al abrevadero sin perjudicarse. Como los animales eligen la ruta más fácil para ir en busca de agua, el paso puede hacerse más llevadero construyendo caminos especiales a través de los parajes irregulares, rocosos y poblados de árboles.

En las tierras de pastoreo el promedio de consumo diario de agua por el ganado vacuno, caballo o mular, es de 35 a 45 litros por cabeza. Las ovejas

consumen cerca o menos de 4 litros por cabeza. La cantidad de agua necesaria y las veces que deba abrevarse el ganado varían considerablemente según la estación y las condiciones locales. Durante los meses de calor en que el forraje y demás alimentos están secos debe darse de beber al ganado diariamente,



**Figura 163.**—Esta gráfica puede utilizarse para calcular el agua necesaria para consumo del ganado. Se basa en un año de consumo. Comúnmente, los estanques recibirán agua adicional durante dicho período, excepto en casos de sequías muy severas, debiendo entonces utilizarse los abrevaderos principales. Esta gráfica puede utilizarse para calcular el consumo correspondiente a una parte del año o para varios años, así como para calcular el consumo de mayor número de cabezas de ganado que las indicadas en el mismo. Por ejemplo, 150 cabezas de ganado requerirán cerca de 2 acres-ple de agua para el consumo de un año, 1500 cabezas requerirán 10 x 2 acres-ple (1 acre-ple es una medida americana de volumen equivalente a 1.233,5 m.<sup>3</sup> o un acre de superficie cubierto por una capa de agua de 30 cm. de espesor).

pero comúnmente las ovejas toman agua cada dos o tres días. Cuando el tiempo es fresco y el forraje está húmedo a causa de la lluvia, el rocío o la nieve, las reses pueden pasar varios días sin beber y las ovejas varias semanas. El consumo total de agua por el ganado en un abrevadero dependerá de la cantidad diaria que tome cada animal y del número de cabezas de ganado, así como del tiempo que las reses lo utilicen (figura 163). Si las condiciones del apacentamiento y la provisión de forraje son similares, un abrevadero destinado a servir un radio de 3 kilómetros podrá abrevar cuatro veces el número de cabezas de ganado que uno destinado a servir un radio de terreno de 1,5 kilómetros.

En las regiones del este de los Estados Unidos los abrevaderos se colocan comúnmente más próximos entre sí que en las del oeste, por lo cual el ganado bebe con mayor frecuencia, pero si fuere necesario podría adaptarse a beber una sola vez al día. El ganado lechero y los caballos de trabajo consumen mayor cantidad de agua y la beben con más frecuencia que otro ganado.

Otro factor que se descuida a veces es el de la calidad del agua. Hay regiones donde ni el agua superficial ni la subterránea son apropiadas para el ganado por su turbiedad, su alto contenido salino y otras impurezas.

Las inversiones para el establecimiento de abrevaderos deben ser materia de estudio. Son tantos los factores a considerar que es impropio establecer límites a las inversiones para tal fin. La mejor solución de este problema compete a la persona que desea establecer los abrevaderos.

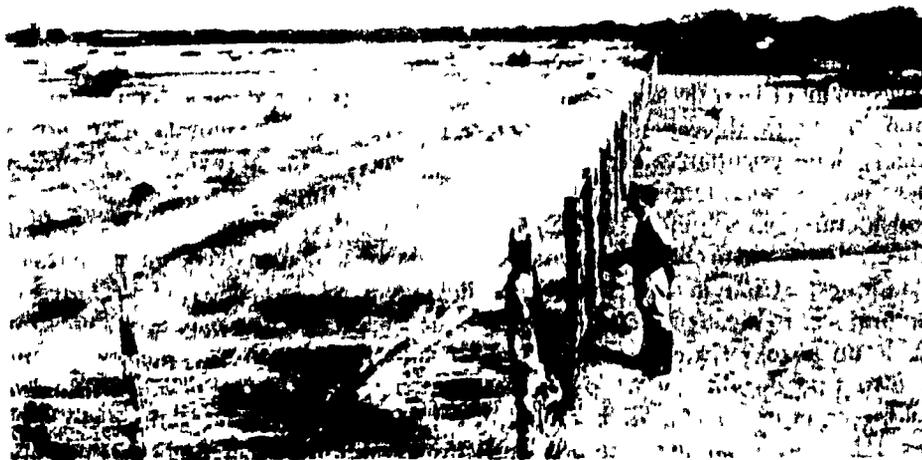
La generalidad de las haciendas y fincas agrícolas tienen abrevaderos naturales o artificiales que deben utilizarse plenamente antes de establecer nuevos abrevaderos. Los antiguos abrevaderos que estén en condiciones deficientes, pero utilizables, pueden repararse o reconstruirse en vez de construir otros nuevos con el fin de obtener abastecimientos de agua más económicos y seguros. El establecimiento de nuevos abrevaderos requiere gastos y supone ciertos riesgos.

Cuando se trata de nuevos abastecimientos de agua, el problema de seleccionar el tipo de abrevadero más conveniente se reduce a determinar qué tipo puede establecerse y conservarse con la mayor economía. En primer lugar, debe estudiarse la conveniencia de mejorar los abrevaderos naturales, pero en ausencia de arroyos y lagunas, el alumbramiento de manantiales debe considerarse en segundo término. En regiones desprovistas de toda clase de abrevaderos naturales comúnmente se recurre a la construcción de pozos y estanques. Cuando las condiciones del suelo, el terreno y el drenaje son favorables, la construcción de un estanque puede resultar más económica que la de un pozo. En cuanto a su costo y conservación, la diferencia entre uno y otro tipo de abrevadero puede ser pequeña, pero la mayoría de los pozos requieren la instalación de bombas. Un buen pozo tiene determinadas ventajas sobre un estanque siempre que se logre alumbrar el agua a una profundidad moderada. Aquel es más seguro, puede alumbrarse donde más convenga, y la calidad del agua es mejor. En los sitios donde el agua se necesite tanto para usos domésticos como para el uso del ganado, el pozo constituye el tipo de instalación de mayor conveniencia.

## TIERRAS DE PASTOREO

El emplazamiento de los abrevaderos es factor de importancia para regular el movimiento, distribución y concentración del ganado en las praderas, por lo cual, antes de proceder a instalarlos, debe prepararse un plan de pastoreo. Dicho plan ha de tomar en consideración la capacidad de las tierras de pastoreo para sostener determinado número de cabezas de ganado. Éste debe mantenerse fuera de los campos agotados, en mal estado o impropios para el apacentamiento. Mediante el aprovechamiento de las barreras naturales, cercas, etc., los terrenos de pastoreo pueden dividirse en secciones y distribuirse el ganado en manadas convenientes, de tal suerte que puedan emplearse las prácticas de rotación. Por este medio se protege el forraje y se crea una reserva de alimentos para el ganado (figura 164). Como la mayoría de las haciendas pecuarias tienen gran extensión de terrenos, su problema principal consiste en dotarlos de muchos abrevaderos no costosos, fáciles de conservar y seguros en los puntos apropiados, en vez de establecer pocos abrevaderos de gran capacidad a considerable distancia unos de otros. Es conveniente colocar un sistema de abrevaderos de modo que cada uno sirva de unas 800 a 1200 hectáreas de tierras de pastoreo.

Las regiones montañosas, donde la lluvia es comúnmente muy copiosa, por lo general requieren menor número de abrevaderos y menos costosos que los campos de pastoreo en tierras bajas y climas más cálidos.



**Figura 164.**—Los terrenos a la derecha presentan señales del apacentamiento excesivo, que los ha hecho sumamente susceptibles a la erosión. Los terrenos protegidos de la izquierda presentan un aspecto excelente, con abundancia de hierba zacatón (*Sporobolus wrightii*) y hierba galleta (*Hilaria jamesii*).

Cuando las demás circunstancias son idénticas, los abrevaderos accesibles desde cualquier punto de los campos son preferibles a los que sólo lo son desde una o dos direcciones, tales como los sitios en barrancos o desfiladeros estrechos o al pie de riscos. La disgregación fácil y rápida del ganado después que ha bebido evita la aglomeración de las reses y el pisoteo excesivo. Los abastecimientos de agua seguros son preferibles a los manantiales de poca agua, a los pozos cuyas aguas subterráneas no manan con seguridad, y a los estanques expuestos a no llenarse por la inseguridad de las corrientes. No deben establecerse abrevaderos en las regiones impropias para el pastoreo, en los terrenos dedicados a bosques o sitios de recreo, o en otras regiones en las que deba evitarse el acceso del ganado, de acuerdo con un plan racional de utilización.

## USOS SUPLEMENTARIOS

Ciertos abastecimientos de agua, particularmente los estanques superficiales, tienen muchos usos suplementarios. Un estanque para servir dos o más propósitos se construye a veces en un sitio donde la inversión no estaría justificada, si se tratara de un solo propósito, y puede convertirse en una de las inversiones más valiosas de la finca.

Los usos suplementarios más importantes de los estanques para el ganado, son; contrarrestar la erosión, proveer de riego suplementario y fomentar el desarrollo de la fauna silvestre.

Cuando un estanque sirve para retener el agua a la par que corregir una cárcava, el dique de captación se construye en un punto donde contrarreste el avance de la erosión, reteniendo las aguas o desviando las corrientes. El estanque también puede construirse al lado de la cárcava desviándose la corriente por medio de una zanja. Al hacer los planos y escoger el emplazamiento para los abrevaderos, debe siempre tenerse en cuenta la posibilidad de utilizar las cárcavas para la construcción de estanques para el ganado. Debe recordarse, sin embargo, que cuando se usen los estanques como medida para corregir las cárcavas existe la posibilidad de que se acumule cieno.

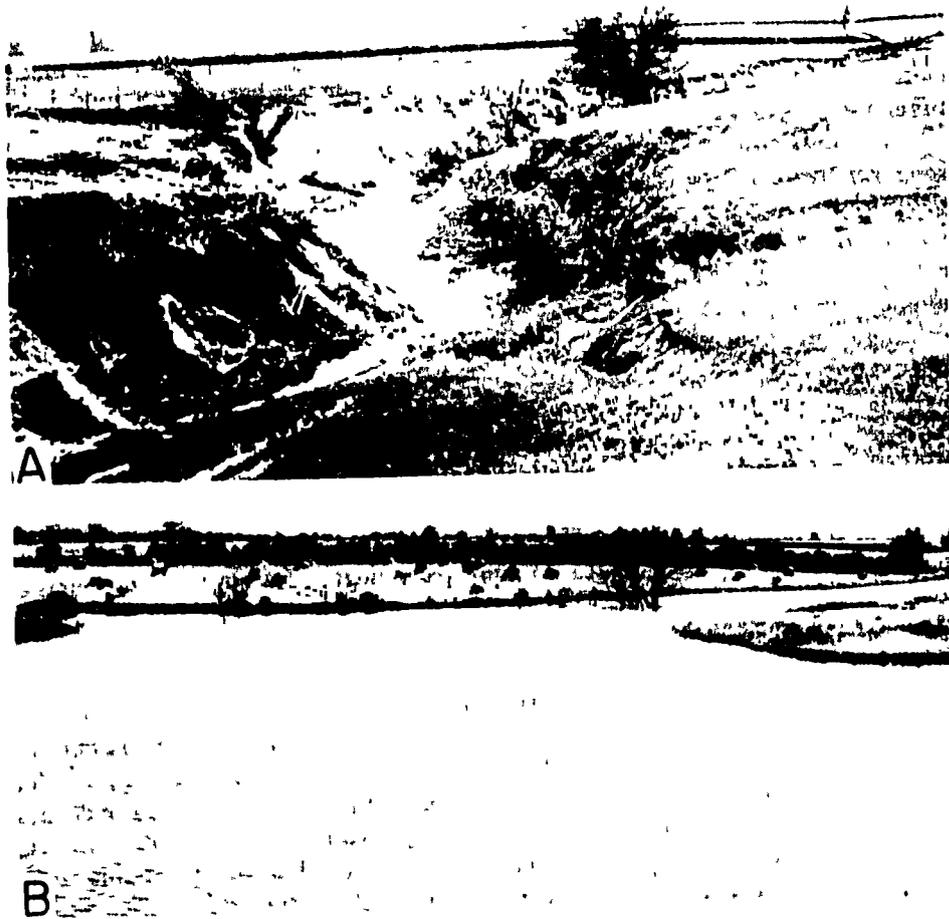
En regiones áridas y semiáridas es posible muchas veces emplear los estanques como abastecimiento de agua para riego. La simple colocación de los estanques de manera que las aguas se desparramen sobre superficies llanas simplifica la construcción de los vertederos y puede aumentar la producción de forraje en dos o tres veces en la zona inundada. La colocación de estanques de capacidad adecuada en los terrenos superiores a los predios aptos para huertos o para la producción de forraje puede proporcionar riego a los cultivos u hortalizas que se siembren en dichos predios. Mediante los canales necesarios, las aguas excedentes que no se necesiten para el ganado podrán aprovecharse para usos directos de riego. Los huertos y pequeños predios con valiosas plantaciones alimenticias comúnmente se pueden salvar de la sequía bombeando el agua o transportándola desde un estanque cercano.

En las regiones donde las lagunas y lagos naturales sean escasos los estanques artificiales adquieren valor excepcional para la conservación de la

fauna silvestre. Con un poco de esfuerzo se puede convertir un estanque en sitio de habitación natural para la fauna silvestre, además de servir de lugar de recreo al propietario. Asimismo puede convertirse en una fuente de ingreso mediante la cría de animales de peletería o un derecho por el permiso de cazar en esos terrenos.

## POZOS

Los buenos pozos constituyen uno de los mejores abastecimientos de agua, pero es preciso tener cuidado al seleccionar el sitio de emplazamiento. En innumerables ocasiones no se encuentra agua o es insuficiente, por lo cual el resultado constituye una pérdida total de las inversiones. Esto puede evitarse, hasta cierto punto, investigando de antemano las probabilidades de



*Figura 165.—A, cárcava antes de embalsar las aguas. B, el mismo paraje dos años después. El embalse de las aguas ha detenido la erosión.*

obtener un buen pozo en el área escogida antes de construirlo. Uno de los métodos más eficaces para lograrlo consiste en estudiar la situación y funcionamiento de los pozos que háya en la vecindad del pozo en proyecto. En algunas regiones hay bastantes perforaciones donde no se encuentra agua o los pozos existentes son tan deficientes que no vale la pena hacer nuevas perforaciones. En las regiones no experimentadas o donde hay dudas, debe pedirse el consejo de los constructores de pozos de la localidad o de los geólogos del gobierno. La Oficina de Estudios Geológicos y los geólogos pueden casi siempre suministrar información exacta sobre la existencia de aguas subterráneas. Las formaciones geológicas, las pendientes, la vegetación e indicios similares, sirven de guía a los peritos para determinar la probabilidad de encontrar aguas subterráneas adecuadas. Aun cuando la información obtenida indique la posibilidad de encontrar agua en la vecindad de un emplazamiento en proyecto, siempre existe un elemento de riesgo. La profundidad exacta a que se encuentra el agua y su volumen no pueden determinarse hasta que en efecto se haya hecho la perforación y se haga una prueba del pozo.

Es ventajoso encontrar un buen estrato portador de agua a la menor profundidad posible. Los métodos para la perforación de pozos profundos difieren de los métodos empleados para perforar los poco profundos. Los pozos en que las aguas se encuentran a poca profundidad resultan más económicos que aquéllos en que el agua está a gran profundidad, debido que a el equipo necesario para perforarlos es más simple. Comúnmente, los agricultores y hacendados perforan, cavan o abren ellos mismos los pozos que necesitan. La perforación es una labor técnica cuyo ejercicio generalmente se encarga a contratistas que cuentan con equipo apropiado. Se requiere una vasta experiencia para adquirir la técnica de la perforación, además de una variedad de instrumentos y aparatos para penetrar y remover las formaciones geológicas y vencer las dificultades con que se tropieza en el proceso de perforación.

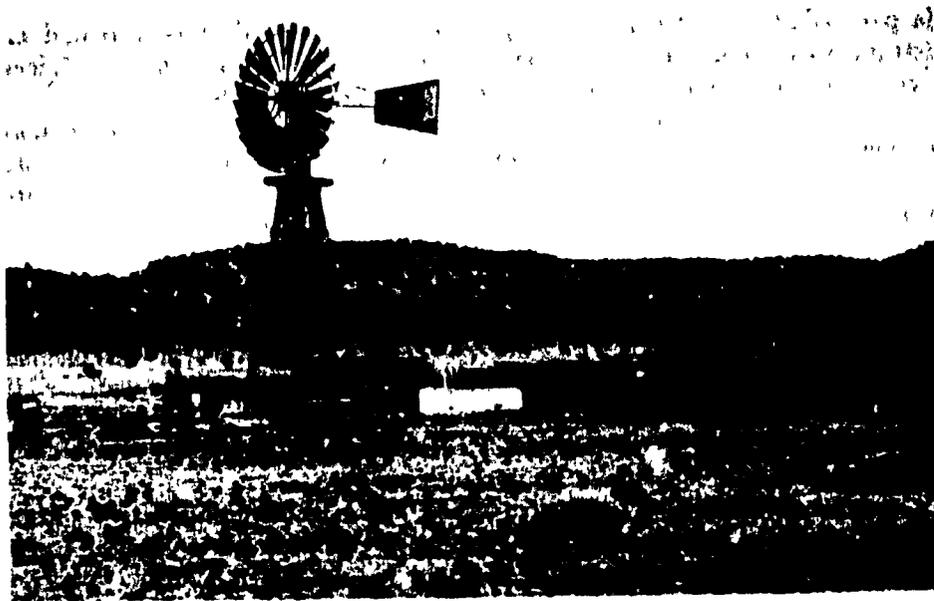
Los pozos generalmente se cavan, se perforan o se horadan. En algunas regiones se usan los pozos horadados. En la construcción de cada tipo de pozo se emplean adaptaciones y métodos locales. El método más conveniente para construir un pozo depende del tipo de capa geológica que deba penetrarse, la profundidad y naturaleza del manto freático, las especificaciones del pozo y las facilidades disponibles para las obras.

El sistema de excavación sólo se emplea cuando se puede alumbrar las aguas a una profundidad de 9 a 12 metros de la superficie y los trabajos pueden realizarse con herramientas de mano. La capacidad de almacenamiento de los pozos excavados es ventajosa cuando las aguas manan con lentitud de las capas freáticas. Los pozos perforados se horadan con un taladro excavador y son esencialmente idénticos a los pozos excavados.

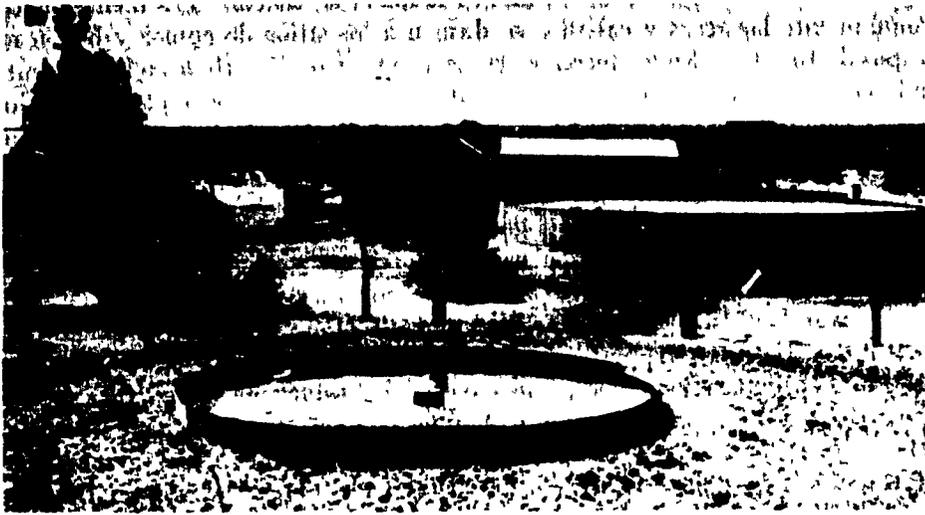
Los pozos horadados se construyen en donde se encuentra una capa de aguas freáticas a poca profundidad. No puede construirse esta clase de pozos donde hay roca u otra formación geológica dura, difícil de penetrar. Cuando estas perforaciones se puedan realizar a igual profundidad que un pozo excavado, resultan más económicos.

Donde la formación geológica del suelo es difícil de penetrar o las aguas freáticas se encuentren a gran profundidad, el pozo profundo perforado es el más económico y eficiente. Las capas freáticas profundas de estos pozos comúnmente constituyen el mejor abastecimiento de agua, porque la misma está menos expuesta a los cambios climatológicos y más protegida de la contaminación superficial.

Después de abierto un pozo y de bombear el agua para probarlo, debe procederse a instalar el equipo adecuado para ponerlo a funcionar. Excepto cuando se trata de pozos que brotan espontáneamente, que se encuentran de vez en cuando en ciertas regiones, el agua hay que impulsarla por medio de bombas. El equipo de bombas para pozos pequeños se construye con arreglo a diseños uniformes y los fabricantes pueden suministrar información respecto al modelo, capacidad y fuerza motriz del equipo que fabrican. Debe seleccionarse un equipo adaptable al pozo y a su capacidad. Si el volumen de agua necesario es muy grande, la operación manual de las bombas es insuficiente, utilizándose para tal fin los molinos de viento, motores de combustión interna y motores eléctricos. Los molinos de viento se usan extensamente cuando los vientos son favorables porque su costo de operación es muy bajo. Los molinos pueden disponer de un motor auxiliar para casos de emergencia cuando no sople el viento y haya largos períodos de calma (figura 166). Es esencial que la torre de los molinos sea suficientemente alta para evitar que ciertos obstáculos cercanos interfieran con los vientos, y debe estar bien emplazada y su construcción ser sólida para resistir vientos fuertes. Las máquinas y motores bombean el agua más ligero y poseen mayor seguridad que los molinos de viento, pero su operación es más costosa. El uso de los



*Figura 166.*—Pozo provisto de molino de viento y motor de gasolina auxiliar.



**Figura 167.**—Tanque de hormigón de gran capacidad cuyas aguas proceden de un molino de viento. El bebedero está inmediatamente al frente. Nótese el flotador de la válvula en el centro del bebedero.

motores eléctricos depende, como es natural, de la provisión de esa clase de energía. Toda maquinaria y equipo a motor deben protegerse de la intemperie y, donde sea necesario, todas las instalaciones de los pozos deben protegerse de los efectos de las heladas.

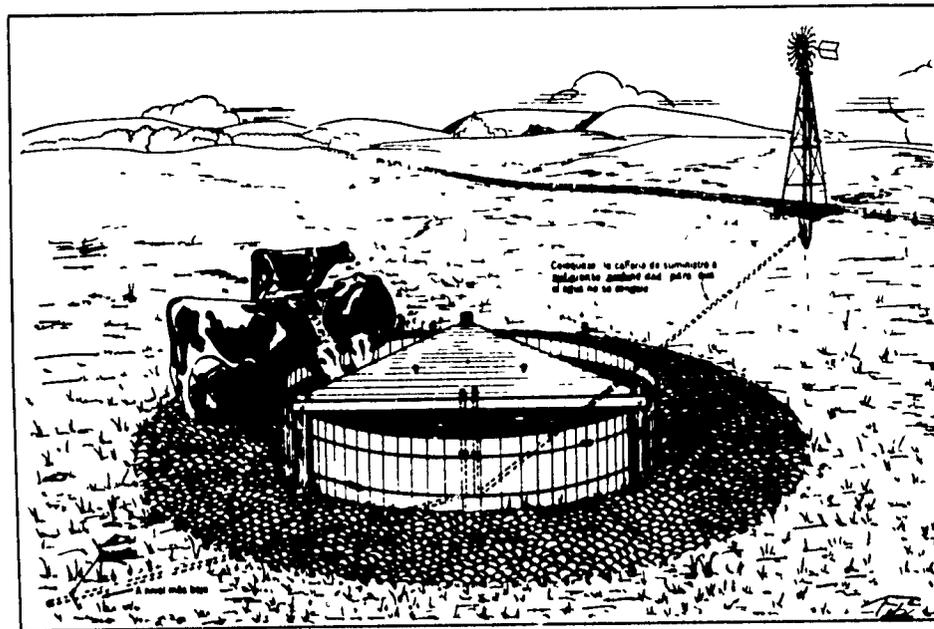
### **BEBEDEROS Y TANQUES**

El uso de bebederos y tanques es indispensable para la instalación de ciertos tipos de abastecimientos de agua. En los pozos y manantiales se necesitan los bebederos. A excepción de ciertas instalaciones en los campos de pastoreo, es conveniente emplear bebederos en los estanques de captación. Si el bebedero principal carece de suficiente capacidad, es necesario construir un tanque auxiliar desde el cual se alimenten los bebederos. Cuando los pozos trabajan con molinos de viento es preciso disponer de facilidades adecuadas para almacenar las aguas en previsión de largos períodos de calma que puedan detener el funcionamiento de los molinos por varios días consecutivos (figura 168). Comúnmente se emplean grandes tanques construidos a ras del suelo como depósitos de almacenamiento y bebederos combinados. Cuando se emplean estanques no se necesitan depósitos adicionales porque las aguas pueden conducirse desde los mismos a medida que se vayan a utilizar.

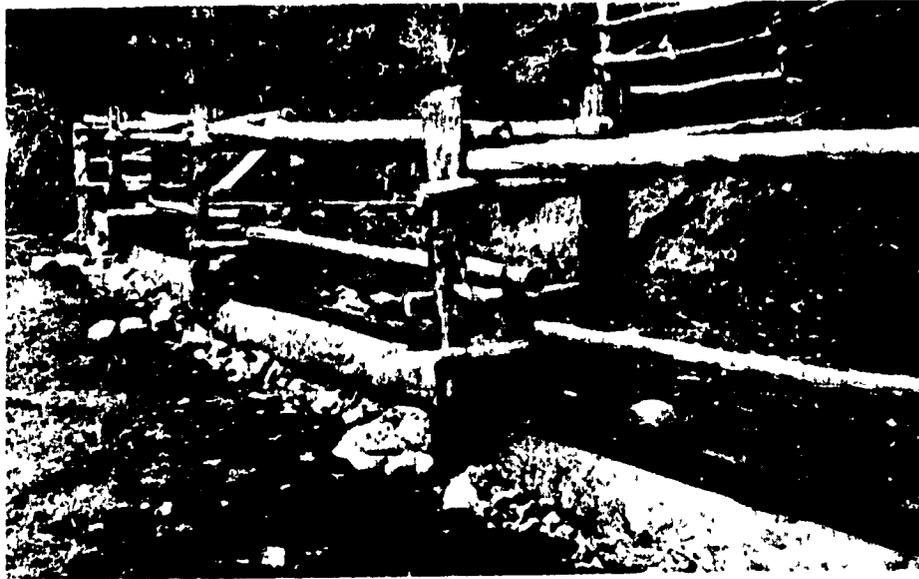
A fin de evitar la aglomeración del ganado en los bebederos debe haber espacio suficiente para que todas las reses que lleguen de una vez puedan abrevar sin dilaciones innecesarias: Para cada res o caballo debe haber un espacio

de 0,60 a 1 metro. Los bebederos que tengan 60 cm. de ancho en la parte superior pueden utilizarse desde ambos lados si se sitúan convenientemente. Comúnmente las reses y caballos se dirigen a los sitios de comer y beben en grupos de 10 a 12. En los terrenos llanos desprovistos de árboles o ligeramente ondulados, el ganado se dirige a los bebederos en mayor número que en aquéllos más accidentados o con malezas. Cuando las manadas están constituidas por más de un millar de ovejas, éstas acuden a los bebederos en número considerable, por lo que deben disponer de una buena cantidad de bebederos largos y estrechos. Los bebederos para el ganado varían desde 45 a 60 cm. de altura, siendo los más bajos apropiados para los becerros y el ganado joven. Comúnmente los bebederos para ovejas no deben tener más de 30 cm. de alto. Los abrevaderos deben asegurarse bien al suelo para evitar que el ganado los mueva o vuelque.

Los bebederos de madera, contruídos con tablas de 5 cm. de espesor, bien reforzados y preferiblemente pintados, dan resultados satisfactorios siempre que no se dejen secar con frecuencia. Los de hierro galvanizado reforzado son durables, livianos y de costo moderado. Deben preferirse las bases de hormigón por las facilidades de apoyo, fijeza y nivelación que ofrecen. Los de forma circular y rectangular se usan comúnmente para el ganado vacuno y caballar, y los de forma de V o U para el ovejuno. (Figuras 167, 168 y 169) Los bebederos circulares almacenan mayor volumen de agua en



**Figura 168.**—Modelo típico de bebedero e instalación de molino de viento. La valla con que se ha provisto el bebedero evita que el ganado se aglomere dentro del bebedero. La tapa articulada a la valla permite la fácil limpieza del bebedero. Este tipo de valla es conveniente para los bebederos anchos.



**Figura 169.**—Bebederos en U para ovejas. Estos bebederos, protegidos por medio de barreras, se surten del manantial cercado que aparece más arriba.

proporción a la cantidad de material que se emplea para construirlos, pero de acuerdo con su capacidad los rectangulares ofrecen mayor espacio para beber los animales. Los bebederos circulares son más difíciles de construir debido a los moldes que se necesitan. En el mercado pueden obtenerse abrevaderos de madera y de acero de varias capacidades, construídos de antemano.

Los bebederos deben dotarse de un agujero de desagüe en el fondo, no menor de 4 cm de diámetro, para vaciarlos y limpiarlos. La tierra y los desperdicios que se acumulen en los abrevaderos sin tapa deben limpiarse periódicamente a fin de conservarlos en las mejores condiciones higiénicas posibles. En algunas regiones el musgo, las algas y otras plantas acuáticas ocasionan obstrucciones frecuentes. Estas plantas pueden dar al agua un sabor u olor desagradable y estimular el desarrollo de bacterias, además de impartirle un aspecto feo a los bebederos. Para contrarrestar el crecimiento de algas deben limpiarse los bebederos con frecuencia, pero a veces conviene usar sulfato de cobre. Como este producto químico es venenoso, conviene usarlo en una solución diluída para lavar los bebederos.

## MANANTIALES

Los manantiales son brotes de agua que salen de la tierra a través de grietas y terrenos porosos. Hay manantiales de diversa naturaleza. Algunos brotan en un solo sitio donde se concentran las aguas, siendo éstos los verdaderos manantiales, pero otros brotan en forma difusa sobre regiones extensas, lo cual es característico de ciertas zonas. La corriente de los manantiales comunes es

continua y puede brotar a razón de muchos litros por hora o por minuto. La capacidad aproximada de un manantial se establece determinando el tiempo que se emplea en llenar un recipiente de capacidad conocida. Aun los manantiales de poco volumen pueden aprovecharse para establecer abastecimientos de agua seguros para el ganado.

Para aprovechar un manantial es necesario limpiar la salida, localizar el nacimiento y proveer medios para almacenar y utilizar las aguas. Debe construirse un brocal adecuado para proteger el manantial en la superficie y establecerse las facilidades convenientes para almacenar las aguas a fin de no obstruir los brotes del manantial.

Los manantiales deben protegerse de las corrientes superficiales y, con excepción del tipo de manantial abierto, deben cercarse para impedir su acceso al ganado. Alrededor del manantial debe construirse una zanja de desvío adecuada para detener y desviar las aguas superficiales. Asimismo, una vegetación densa alrededor del manantial retarda los efectos de la erosión. El bebedero debe emplazarse en un lugar aparte del manantial cercado, al que tenga acceso el ganado en todas las direcciones que la naturaleza del terreno permita. La formación de lodazales se evita echando piedra o cascajo en los alrededores del bebedero.

Muchas personas creen que el agua de los manantiales es pura por el hecho de que sale de las entrañas de la tierra, por lo cual ha habido gran negligencia en precauciones sanitarias para protegerlas de la contaminación. Los vaqueros a caballo que recorren parajes solitarios utilizan los manantiales para tomar agua, por lo cual éstos deben estar tan libres de contaminación como sea posible. Los manantiales se contaminan con facilidad, por lo que deben protegerse bien de la contaminación superficial, debiendo analizarse el agua con frecuencia cuando se utilice para consumo humano. Es probable que ocurra la contaminación subterránea, particularmente en las regiones calcáreas donde las aguas comúnmente corren pasajes subterráneos susceptibles de contaminarse con las descargas de los pozos negros.

## **AFLUENCIA DE LAS AGUAS A LOS ESTANQUES**

La fuente de abastecimiento de los estanques, tanto en los excavados como en los de captación, es la afluencia de las aguas de escurrimiento provenientes de su cuenca hidrográfica. Es indispensable que esta región sea suficientemente grande para que se mantenga el estanque provisto de agua durante los períodos de sequía, pero no tan extensa que constituya un peligro de inundación durante las tormentas o que requiera la construcción de estructuras costosas para desviar las corrientes excesivas. En general, los estanques deben situarse a orillas de las corrientes tributarias y no en las principales, para reducir los peligros de inundación y la acumulación de cieno. Esta acumulación puede reducir en poco tiempo la capacidad del estanque si las corrientes de entrada no están límpidas. Para que el estanque tenga la capacidad adecuada al volumen de agua necesario, es indispensable tener en cuenta, al construirlo, las filtraciones y la evaporación, así como el agua que consume el ganado, a

fin de darle suficiente profundidad. A menos que se dé consideración adecuada a estos detalles durante las fases preliminares de la investigación, el estanque no funcionará con eficiencia y se incurrirá en la pérdida del dinero invertido, cualquiera que sea el cuidado con que se construyan las obras subsiguientes. Deben estudiarse cuidadosamente los sitios de emplazamiento para estanques en proyecto con el objeto de determinar la posibilidad de establecer y mantener un abastecimiento de agua seguro con la mayor economía. Los sitios que ofrezcan alguna duda deben abandonarse antes de incurrir en gastos ulteriores.

### **PROFUNDIDAD DE LOS ESTANQUES**

La capacidad de los estanques debe sobrepasar varias veces el volumen de agua que consuma el ganado. Aun cuando se elija cuidadosamente el sitio de emplazamiento de los estanques, las filtraciones y la evaporación comúnmente sobrepasan en gran cantidad el volumen de agua que realmente se consume. Las filtraciones en los estanques sobre tierra son muy variables. Varían de acuerdo con la permeabilidad del terreno y con la profundidad. En los suelos arcillosos e impermeables, la filtración puede ser de poca importancia, alcanzando menos de 3 cm. al mes, pero en los terrenos porosos puede alcanzar hasta un metro o más al mes. Como prueba de eficiencia la filtración de un estanque no debe exceder de 5 cm. u 8 cm. al mes. El promedio de evaporación anual puede variar de un metro o menos en algunas regiones, a 2 metros o más en otras. En las épocas de sequía, cuando es probable que los estanques reciban la cantidad mínima de agua, la evaporación es comúnmente mayor que en épocas normales.

A fin de que haya agua permanentemente en los estanques, es necesario darles suficiente profundidad de modo que el volumen de agua alcance para el consumo del ganado, así como para compensar las pérdidas producidas por la evaporación y las filtraciones. Estas pérdidas fluctúan de acuerdo con las diversas regiones de un país y según los tipos de estanque. Los estanques profundos son los preferibles, siempre que sea factible construirlos, especialmente en los sitios donde el abastecimiento de agua permanente sea indispensable y donde las filtraciones excedan de unos centímetros al mes.

### **PROTECCIÓN DE LA CUENCA DE CAPTACIÓN**

Para no alterar la profundidad y la capacidad de un estanque es necesario que las aguas de entrada no contengan cieno. La mejor protección contra la acumulación perjudicial de cieno consiste en la aplicación de medidas para contrarrestar la erosión en la cuenca de captación. Las cuencas de captación afectadas por la erosión provocan la acumulación de cieno en los estanques durante las tormentas y reducen gradualmente su capacidad. Generalmente la región de drenaje que resulta mejor protegida es la que está cubierta por un denso tapiz vegetativo de árboles y hierbas. Cuando no pueda utilizarse una región así protegida, deben emplearse como cuenca los terrenos cultivados que estén protegidos mediante la operación de prácticas agrícolas para conservar

el suelo, tales como terrazas, cultivos en curvas a nivel, cultivos en fajas, rotación de cultivos, y otras medidas rehabilitadoras del suelo.

Además de las medidas de protección ordinarias aplicadas a la cuenca de captación, es conveniente a menudo establecer y mantener una o dos zonas de sedimentación en los predios situados en la parte superior del estanque. Una zona de sedimentación es una franja larga de vegetación tupida por donde pasan las corrientes antes de entrar al estanque. Las zonas de sedimentación cuyo largo puede variar entre 30 m y 1,6 km. o más, deben ser de anchura suficiente para extenderse hasta los puntos más altos que alcance el agua a ambos lados del cauce de admisión al estanque. La vegetación más adecuada para las zonas de sedimentación es la que comprende las malezas de crecimiento denso y los arbustos, porque disminuyen la velocidad de las corrientes y producen la sedimentación. Cuando el canal de entrada del estanque sea ancho y llano, bastará una plantación densa de hierbas para producir la sedimentación. No debe permitirse la entrada del ganado a las zonas de sedimentación.

Asimismo, se puede evitar la entrada de cieno al estanque mediante la formación de una o más zanjas en los terrenos superiores contiguos al estanque. En algunas regiones del sudoeste de los Estados Unidos de América se reduce la acumulación de cieno por medio de un dique a corta distancia del estanque. El dique tiene suficiente altura y longitud para apresar la mayor parte del escurrimiento de una precipitación. Se coloca un tubo largo que va del estanque al dique. La represa funciona como un clarificador para librar de cieno la corriente de agua. Uno o los dos extremos del dique deben situarse en forma que funcionen como vertedero para descargar el exceso de escurrimiento. Por lo general, los tipos mecánicos de represa de clarificación deben considerarse en último lugar por el trabajo de construcción que hay que hacer, ya que éstos se llenan de cieno. Su uso debe estar limitado a aquellas regiones donde no se puedan utilizar medidas adecuadas para la protección de la pendiente o cuando estas medidas ya se han puesto en uso.

### **EXTENSIÓN DE LA CUENCA DE CAPTACIÓN**

La cantidad de escurrimiento de una región determinada depende de tantos factores relacionados entre sí que no se puede establecer una regla fija. Las vertientes están sujetas a factores variables, tales como pendiente, forma, tamaño, suelo o terreno, y a las características de una tormenta, tales como cantidad, duración, intensidad y ocurrencia de la lluvia, que ejercen influencia directa en el rendimiento anual del escurrimiento. En general, las tormentas de alta intensidad o las regiones de alta precipitación pluvial producen mayor escurrimiento que las tormentas de pequeña intensidad o las regiones de precipitación pluvial baja. En igualdad de condiciones, una región de drenaje con laderas empinadas, con tapiz vegetativo pobre o con suelo impermeable, rendirá una cantidad mayor de escurrimiento que una región de laderas moderadas, buen tapiz vegetativo y suelo permeable (figura 170). Esto explica porque un estanque cuya área de drenaje consiste en una región

escarpada puede recibir gran cantidad de escurrimiento a pesar de que dicha área sea pequeña, mientras que otro estanque cerca del primero, cuya área de drenaje sea mucho mayor, pero relativamente llana, puede recibir muy poca cantidad de escurrimiento y estar seco. Las cuencas en zonas húmedas producen un promedio anual de escurrimiento mayor que aquéllas con las mismas características y tamaño en zonas áridas o semiáridas.

Si las vertientes están constituidas por valles estrechos y profundos, orientados perpendicularmente a los vientos dominantes, o están cubiertas por árboles o arbustos, o cualquiera otro elemento de obstrucción, tienden a retener



**Figura 170.**—*A*, las laderas empinadas y la cubierta vegetal de esta región de drenaje conducen a un gran aumento y velocidad del escurrimiento. *B*, esta superficie de drenaje es de laderas moderadas y de una cubierta vegetal que aunque no exuberante puede clasificarse como buena. En condiciones similares de lluvia, el escurrimiento en ella será menor que en regiones como las que se observan en la figura *A*.

la nieve en mayor cantidad, para producir el escurrimiento de primavera que las vertientes llanas y abiertas por donde la nieve es arrastrada por el viento. Dado que la nieve es una de las fuentes de que depende el abastecimiento de un estanque en las regiones áridas o semiáridas, las vertientes que tienden a retener considerable cantidad de nieve deben preferirse a aquéllas que no tienen esta propiedad. Siempre que sea necesario se deberán tomar medidas artificiales para acumular la nieve, tales como el uso de vallas o montículos de nieve, para así tener una fuente adicional de agua en la vertiente, ya que de otro modo no se produciría suficiente escurrimiento para llenar el estanque.

### CANTIDAD DEL ESCURRIMIENTO

El alto porcentaje de fracasos que ocurren en los estanques obedece a una inadecuada capacidad o incorrecta protección de sus vertederos. Además de estar protegidos contra los daños que puede causar la erosión, deben tener suficiente capacidad para descargar la cantidad de escurrimiento máximo que se espera en la cuenca contribuyente, pues pueden surgir desbordamientos y la represa puede ser destruída (figura 171). En los estanques pequeños, la cantidad total de escurrimiento que puede descargar una vertiente durante un aguacero o una estación es de poco significado en la determinación del tamaño de su vertedero. El estanque puede llenarse rápidamente durante una tormenta intensa y por tanto el vertedero debe tener suficiente amplitud para descargar su escurrimiento consecuente.

Si el estanque es grande y la región de drenaje comparativamente pequeña en relación a la capacidad de almacenaje de éste, el estanque será suficiente para hacerse cargo de todo el escurrimiento de la región. Sin embargo, es práctica



*Figura 171.*—Este dique no fué dotado de un buen vertedero y el agua se desborda sobre la parte superior del terraplén. Los cortes producidos van en progreso.

previsora en las fincas donde hay estanques, el presumir que cuando comienza una tormenta ya el estanque está lleno y su desagüe debe ser lo suficientemente grande para descargar la cantidad de escurrimiento que produzca la tormenta. Es de presumirse, claro está, que la tormenta es de la magnitud de las que están incluidas dentro del ciclo o frecuencia de tormentas para las que se calculó el canal de desagüe. Se juzga que la capacidad de un vertedero suficiente para descargar el máximo de escurrimiento de las tormentas que ocurren cada 25 años, es conveniente para estanques agrícolas corrientes si el costo de su estructura para almacenar agua es relativamente bajo. Para estructuras de costo elevado cuyo fracaso pone en peligro la propiedad, se deben construir vertederos que resistan las tormentas que ocurren cada 50 años. Estas estructuras serán la excepción de la regla. Para estructuras pequeñas y baratas, un diseño que provea para las tormentas que ocurren cada 10 años es suficiente.

Tanto la lluvia como las características de la vertiente tienen marcada influencia en la cantidad del escurrimiento que se pueda esperar. Siendo los otros factores constantes, la precipitación fluvial de alta intensidad, las pendientes pronunciadas, el tapiz vegetativo pobre, un suelo impermeable y vertientes pequeñas, tienden a producir mayor cantidad de escurrimiento que las lluvias de baja intensidad, pendientes débiles, buen tapiz vegetativo, suelo permeable y vertientes grandes. La máxima cantidad de escurrimiento de cualquier vertiente determinada generalmente ocurre cuando las lluvias de alta intensidad caen en suelos saturados o helados, o en períodos en que el tapiz vegetativo está agotado o inactivo. Puesto que las hondonadas, cárcavas y arroyos que corrientemente surten de agua a los estanques están secos y desprovistos de cubierta vegetal durante la mayor parte del año, la fuerza y el volumen del agua que viene de ellos en épocas tormentosas son generalmente subestimadas.

Determinar la capacidad para diseñar los canales de desagüe resulta un problema difícil debido a lo variado de las condiciones del escurrimiento. Deben utilizarse todos los datos locales disponibles referentes a la cantidad de escurrimiento de cuencas conocidas. Los datos fidedignos de la cantidad de escurrimiento en vertientes similares en la misma región son una guía valiosa. Las observaciones sobre el escurrimiento y las marcas de altura del agua sobre un dique son informaciones útiles. Si las marcas de altura son perceptibles, el promedio de la sección transversal del canal puede ser calculado y el canal de desagüe se puede proveer de una sección transversal de mayor área para asegurarle un margen de seguridad. Si es posible, debe consultarse un ingeniero o cualquier persona experta en calcular las cantidades de escurrimiento.

## **ESTANQUES EXCAVADOS**

Los estanques excavados son uno de los tipos más sencillos de depósitos de agua y el único tipo de estanque de tierra que puede construirse económicamente sobre un terreno plano. Como su capacidad depende de la excavación



**Figura 172.**—Un pequeño estanque en un desaguadero ancho y llano. Nótese los surcos en las curvas de nivel de la pradera, que ayudan a desarrollar un tapiz vegetativo mediante la conservación de la humedad.

su uso es limitado y son apropiados para regiones donde un abasto comparativamente pequeño es suficiente y donde las condiciones de impermeabilidad del terreno prevalecen. Puesto que estos estanques cubren una mínima parte de la superficie en proporción a su volumen, resultan ventajosos en regiones donde las pérdidas por evaporación son elevadas y el agua escasea. En esas condiciones su uso permite al ganado utilizar gran parte del agua a disposición. La facilidad de su construcción, lo compacto, su seguridad contra el daño de las inundaciones, la flexibilidad que existe para situarlo y lo barato que resulta su conservación, hacen el uso de este tipo de estanque muy popular en algunas regiones.

Para que este tipo de estanque funcione a satisfacción debe ser propiamente construido y situado. Su profundidad y su volumen tienen que ser suficientes para proveer el necesario abasto de agua y deben situarse en terrenos impermeables, pues de otro modo habrá que hacerle un fondo artificial costoso para evitar las pérdidas excesivas que ocasiona la infiltración. El área de drenaje debe ser lo suficientemente amplia para que surta el estanque y esté debidamente protegido para evitar la dañina acumulación del cieno. Si el estanque no se sitúa en un barranco determinado, se hará necesario usar zanjas de desvío para que el escurrimiento derrame en el estanque. Una vez construido éste, debe ser protegido y conservado.

Un estanque puede situarse en cualquier región, no importa la topografía del terreno. Sin embargo, los estanques generalmente se fabrican en regiones comparativamente planas y con buen drenaje. El sitio debe escogerse en una zona de amplio desagüe natural (figura 172), o en cualquiera de los lados del desaguadero. Cuando las pendientes son llanas, la capacidad de

almacenaje de un estanque se facilita a un mínimo de excavación. La parte baja de una hondonada es muchas veces un buen punto para un estanque. Cuando el estanque se llena, las aguas que se desborden deben escapar a un desaguadero natural y por lo tanto deben seleccionarse lugares que llenen esa condición. Las inundaciones harán menor daño en estanques situados en terrenos llanos, ya que las aguas se extienden y escurren, siendo además menor el riesgo de crecidas peligrosas. Los estanques no deben situarse en terrenos húmedos o pantanosos, porque le será difícil al ganado llegar al abrevadero.

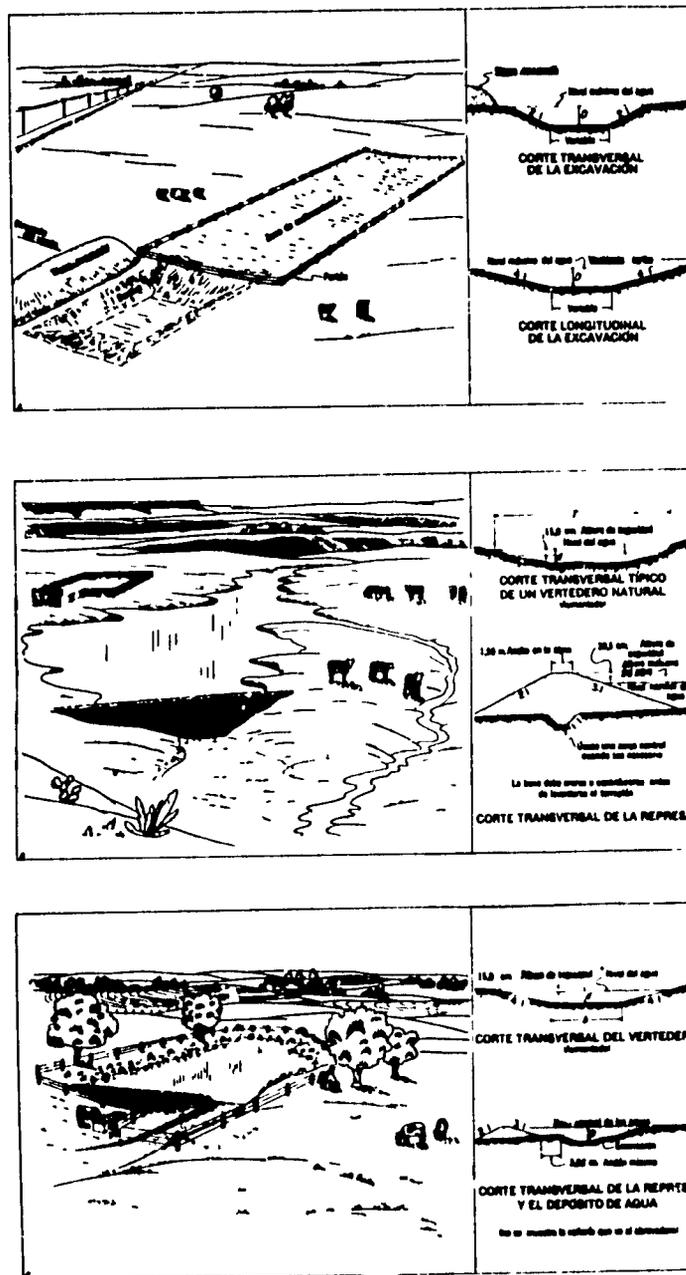
La figura 173A muestra las especificaciones que corrientemente se usan para estanques rectangulares pequeños. Para estanques grandes, la profundidad, el largo y el ancho pueden aumentarse, pero el declive a los lados debe ser más o menos el mismo. El declive de los lados (corrientemente 2:1 o más) debe ser suficiente para impedir desmoronamientos y para la entrada del ganado deben construirse uno o más lados relativamente llanos (declive de 4:1 o más). Con cierta clase de equipos es necesario construir los lados con pendientes suaves para facilitar la excavación. Es necesario, entonces, proporcionar las dimensiones de manera que la máxima profundidad se extienda sobre la mayor área posible del estanque.

## REPRESAS

El tipo de estanque de represa (figura 173 B y C) se construye generalmente levantando un relleno de tierra a través de un barranco o en un valle estrecho. La tierra excavada puede usarse en la construcción del dique. Dondequiera que sea posible, esta práctica resulta ventajosa para lograr mayor profundidad del estanque. Este tipo es el más corriente y el más en uso. Se adapta a terrenos quebrados por medio de canales de drenaje y en regiones donde se necesita un gran almacenaje de agua. Corrientemente, es más costoso que un estanque excavado y exige más cuidado y pericia en la selección de sitios apropiados que permitan descargar las aguas en exceso sin temor y aseguren una construcción satisfactoria.

Este tipo de estanque requiere un canal de desagüe protegido que desvíe las aguas excesivas satisfactoriamente. Lo más importante debe ser el conseguir uno natural, que esté protegido por vegetación, al que habrá que dar preferencia cuando se va a buscar un sitio apropiado para construir un estanque. En ausencia de esta clase de desaguadero, deben tener preferencia los sitios donde se pueda desarrollar la vegetación necesaria. Deben ser apropiados, anchos y llanos, con pendientes suaves. Un pantano que recoja las aguas que se desbordan del estanque y las desvíe hace un buen canal de desagüe constituye el vertedero ideal. No debe pasar inadvertida la posibilidad de desviar sobre una región ancha y plana las aguas que se desbordan de un depósito. Esto no solamente constituye un medio sencillo para disponer de las aguas que se desbordan de un estanque, sino que beneficia la región inundada.

Cuando no existe un desagüe natural que pueda desviar las aguas en exceso provenientes de la cuenca se hará necesario construir uno con protección



**Figura 173.**—A, especificaciones corrientes que se usan en estanques rectangulares pequeños. Nótese la región de sedimentación que se usa con el estanque. Estas zonas de sedimentación son deseables en regiones donde el escurrimiento trae mucho cieno. B, un estanque para el que se ha utilizado una presa a través de un curso natural de agua. En lo posible es conveniente usar un vertedero natural. C, otro tipo de estanque. Nótese la amplia entrada del vertedero encespedado.

mecánica. El costo adicional del desagadero hará aun más difícil el justificar la construcción de un estanque agrícola. La combinación de un canal de desagüe para conducir parte del agua que se desborda, con otro auxiliar, protegido de vegetación, que desagüe el resto del agua, es muy práctica cuando la vegetación no provee suficiente protección. Si se seleccionan inteligentemente los sitios en que han de situarse los depósitos de agua, en forma tal que se reduzca la extensión de las superficies de drenaje y se aprovechen también las condiciones locales favorables, se evitarán gastos exorbitantes e instalaciones impracticables.

Cuando se selecciona el sitio donde se va a construir un depósito de agua, es factor importante estabilizar el cauce inmediatamente debajo del punto propuesto para construir la represa. La estabilidad de una estructura depende de la pendiente del canal que le queda debajo. Si el declive del canal es exagerado, resultan desbordamientos que gradualmente van socavando la estructura. La pendiente del canal, por lo menos en cientos de metros aguas abajo de la presa, no debe tener más de 1 por ciento a menos que el canal esté protegido con cascajo contra la socavación del agua o que su lecho esté cubierto de vegetación

### CANALES DE DESAGÜE

Por muy bien construido que esté un dique, si la capacidad del desagüe no es adecuada, sin duda fallará durante una tormenta fuerte (figura 174). El volumen y la fuerza de las aguas torrenciales suelen subestimarse. La mayoría de los arroyos y cárcavas en donde se construyen las represas permanecen secos durante gran parte del año, pero durante o después de una tormenta fuerte, se llenan rápidamente, y cualquier estructura de retención de aguas está expuesta a presión considerable y a los riesgos de los desbordamientos. Probablemente la causa mayor de los fracasos en los diques de tierra se deben a lo inadecuado de sus desagües. Aun si se hace un diseño conservador del desagadero, se aconseja que se levante el dique a mayor altura sobre la que requiere, en previsión de los casos menores de obstrucción y los defectos en el relleno. A esta altura adicional se le llama generalmente obra muerta. Esta es la profundidad desde el extremo superior de la represa hasta el nivel normal de las aguas, cuando el canal de desagüe está descargando la cantidad máxima calculada de agua que resulta de la tormenta más intensa para la que se diseñó la estructura. La obra muerta debe ser de 30 cm. y hasta más preferiblemente, sujeta al tamaño y costo de la empresa.

Hay distintos tipos de canales de desagüe capaces de desviar el exceso de escurrimiento de los depósitos de agua. Es práctica extendida ya el cubrirlos de vegetación (corrientemente pasto), pues en esta forma se provee protección contra la erosión. Los desagües mecánicos se construyen de hormigón, cascajo, piedra, ladrillos, tejas, metal, madera o cualquier otro material similar. Los desagües cubiertos de vegetación pueden ser naturales o artificiales. Se llaman naturales (figura 173B) los que están empastados y que requieren muy poca o ninguna excavación. Los artificiales (figura 173C) incluyen aquéllos que son excavados o conformados a las dimensiones que se determinen y son pro-



**Figura 174.**—La represa se agrietó porque el desagüe no bastó. Costará gran trabajo reparar la brecha.

tegidos por una cubierta de vegetación que se logra con semilla o colocando césped en tepes. El uso más corriente de los desagüaderos mecánicos en conexión con los depósitos de agua es una estructura artificial combinada con un desagüe empastado. Un tubo o canal de hormigón, metal o loza, corrientemente conocido como desagüe intermitente, descarga una pequeña parte del escurrimiento mientras un desagüe empastado descarga el resto.

El máximo de escurrimiento que se ha de esperar de una cuenca durante el servicio que prestará un depósito de agua debe determinarse antes de diseñar o calcular el tamaño del desagüe. Los tamaños que se recomiendan para canales empastados requeridos para conducir cantidades específicas de escurrimiento se muestran en las tablas 6 y 7. Las medidas dadas en las tablas incluyen la obra muerta, pero si se desea un mayor grado de seguridad podrán ampliarse aún más esas medidas.

El vertedero natural debe ser de perfil ancho, relativamente poco profundo y, de preferencia, debe desembocar en el canal principal a cierta distancia más abajo del dique. Asimismo, es conveniente que su boca de admisión quede a poca distancia arriba del dique. La pendiente del canal de desagüe debe ser suave. Hasta donde sea posible, es conveniente no modificar el césped natural, pues esto sólo acarrea problemas de recuperación del mismo. Los canales naturales de desagüe deben tener una amplia y suave entrada. Para mejorar su cubierta vegetal es necesario fertilizarlos y sembrarlos siempre que sea oportuno.

La tabla 6 se recomienda para calcular la capacidad de los canales naturales de desagüe. La sección parabólica supuesta no se ajustará a las formas naturales, pero las capacidades recomendadas serán razonablemente ajustadas.

El empleo de la tabla 6 eliminará muchas de las incertidumbres que se asocian con las prácticas acostumbradas de calcular la capacidad de un desagüe natural. A menudo, la práctica ha sido utilizar uno existente como un desagüe natural, sin investigar su capacidad para la descarga que se espera. Nótese que las dimensiones de profundidad en la tabla incluyen un margen de seguridad de 15 cm. que se recomienda para los canales. Por lo menos otros 15 cm. deben

Tabla 6 — Capacidades convenientes de descarga,<sup>1</sup> en metros cúbicos por segundo, para desagües<sup>2</sup> con vertederos empastados, de las dimensiones expresadas<sup>3</sup>

Anchura de la cresta M (metros)	Capacidad de descarga cuando la pendiente es de—											
	0.5 por ciento y la profundidad p es—						1 por ciento y la profundidad p es—					
	.304 m	.457 m	.609 m	.762 m	.914 m	1.066 m	.304 m	.457 m	.609 m	.762 m	.914 m	1.066 m
	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc
3.04	.071	.207	.608	.991	1.420	1.882	.099	.425	.863	1.415	2.021	2.660
6.10	.156	.608	1.274	2.094	3.045	4.188	.226	.863	1.797	2.972	4.358	5.929
9.14	.241	.920	1.910	3.184	4.712	6.438	.340	1.302	2.717	4.514	6.665	9.113
12.19	.325	1.217	2.561	4.273	6.311	8.646	.470	1.726	3.622	6.028	8.921	12.220
15.24	.410	1.528	3.198	5.335	7.910	10.867	.580	2.165	4.528	7.556	11.179	15.353
22.86	.608	2.306	4.797	8.037	11.900	16.343	.852	3.255	6.806	11.177	16.810	23.107
30.48	.835	3.071	6.410	10.712	15.890	21.791	1.174	4.344	9.084	15.169	22.470	30.861
38.10	1.032	3.835	8.037	13.414	19.852	27.309	1.472	5.434	11.391	18.975	28.088	38.573
45.72	1.259	4.613	9.650	16.088	23.829	32.771	1.718	6.537	13.660	22.767	33.705	46.285
53.34	1.457	5.377	11.263	18.762	27.790	38.233	2.060	7.627	15.947	26.560	39.337	54.011
60.96	1.669	6.155	12.891	21.451	31.781	43.695	2.363	8.702	18.225	30.366	44.946	61.821
68.58	1.868	6.919	14.489	24.132	35.793	49.157	2.660	9.792	20.503	34.158	50.572	69.561
76.20	2.094	7.683	16.089	26.814	39.719	54.619	2.957	10.867	22.782	37.950	56.190	77.297
91.44	2.319	9.240	19.329	32.101	47.671	65.543	3.552	13.075	27.338	45.533	67.425	92.579

Anchura de la cresta M (metros)	Capacidad de descarga cuando la pendiente es de—										
	2 por ciento y la profundidad p es—						3 por ciento y la profundidad p es—				
	.304 m	.457 m	.610 m	.762 m	.914 m	1.067 m	.304 m	.457 m	.609 m	.762 m	.914 m
	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc
3.04	.150	.594	1.217	1.995	2.858	3.778	.108	.693	1.173	2.193	3.141
6.10	.325	1.217	2.547	4.203	6.184	8.377	.396	1.415	2.59	4.415	6.297
9.14	.495	1.839	3.835	6.368	9.424	12.594	.608	2.137	4.160	6.608	9.452
12.19	.665	2.448	5.122	8.547	12.608	16.796	.807	2.830	5.547	8.830	12.608
15.24	.835	3.071	6.410	10.697	15.749	20.999	1.019	3.552	6.948	11.037	15.749
22.86	1.259	4.613	9.636	16.089	23.631	31.512	1.528	5.349	10.414	16.556	23.631
30.48	1.669	6.169	12.862	21.451	31.512	42.011	2.038	7.117	13.895	22.088	31.512
38.10	2.094	7.712	16.074	26.828	39.394	52.525	2.561	8.900	17.362	27.607	39.394
45.72	2.519	9.294	19.286	32.191	47.275	63.024	3.071	10.697	20.543	33.139	47.275
53.34	2.929	10.796	22.498	37.540	55.171	73.539	3.594	12.460	24.310	38.658	55.171
60.96	3.354	12.339	25.725	42.917	63.052	84.037	4.118	14.349	27.791	44.190	63.052
68.58	3.778	13.881	28.937	48.294	73.761	94.550	4.627	16.046	31.243	49.707	70.934
76.20	4.188	15.424	32.149	53.673	78.815	105.950	5.136	17.815	34.738	55.242	78.815
91.44	5.017	18.522	38.587	64.383	94.579	126.082	6.169	21.395	41.686	66.279	94.579

<sup>1</sup> Cuando ha sido necesario se han ajustado las capacidades de descarga para compensar por la reducción de la corriente que entra. Se ha supuesto que la anchura de la entrada es igual o mayor que la anchura del resto del canal. En uno u otro caso se determinará la capacidad del vertedero por medio de la anchura del canal.

<sup>2</sup> Estos vertederos son para velocidades que no excedan del máximo que de ordinario se recomienda para canales empastados.

<sup>3</sup> Se ha supuesto que la pendiente es aproximadamente uniforme y que las dimensiones del canal son substancialmente las mismas en toda su extensión. Se ha incluido un factor de seguridad mínimo de 0.152 metros.

**TABLA 6.—Capacidades convenientes de descarga,<sup>1</sup> en metros cúbicos por segundo, para desagües<sup>2</sup> con vertederos empastados, de las dimensiones expresadas<sup>3</sup>—  
Continuación**

Anchura de la cresta M (metros)	Capacidad de descarga cuando la pendiente es de—												
	4 por ciento y la profundidad p es—				5 por ciento y la profundidad p es—				6 por ciento y la profundidad p es—			8 por ciento y la profundidad p es—	
	.305 m	.457 m	.610 m	.762 m	.305 m	.457 m	.610 m	.457 m	.305 m	.457 m	.610 m	.305 m	.457 m
mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc
7 04	.198	.693	1,372	2,193	.198	.693	1,372	2,193	.198	.693	1,372	.198	.693
6 10	.425	1,415	2,759	4,415	.425	1,415	2,759	4,415	.425	1,415	2,759	.425	1,415
9 14	.637	2,136	4,160	6,608	.637	2,136	4,160	6,608	.637	2,136	4,160	.637	2,136
12 19	.863	2,830	5,547	8,829	.863	2,830	5,547	8,829	.863	2,830	5,547	.863	2,830
15 24	1 090	3,552	6,948	11 017	1 090	3,552	6,948	11 017	1 090	3,552	6,948	1 090	3,552
22 36	1,627	5,349	10,414	16,555	1,627	5,349	10,414	16,555	1,627	5,349	10,414	1,627	5,349
30 48	2 179	7,117	13,895	22 088	2,179	7,117	13,895	22 088	2,179	7,117	13,895	2 179	7,117
38 56	2 717	8,900	17,362	27 606	2 717	8 900	17,362	27,606	2,717	8 900	17,362	2 717	8 900
45 72	3 269	10 697	20,843	33 139	3 269	10 697	20 843	33 139	3,269	10 697	20 843	3 269	10,697
53 84	3 821	12,466	24 310	39,658	3 821	12,466	24,310	39 658	3,821	12,466	24 310	3 821	12,466
60 96	4,358	14,249	27,791	44 176	4 358	14 249	27,791	44 176	4,358	14 249	27 791	4 358	14,249
68 58	4,910	16,046	31,243	49 709	4,910	16 046	31 243	49 709	4,910	16 046	31 243	4 910	16 046
76 20	5 448	17,815	34 778	55 242	5,448	17,815	34 778	55,242	5,448	17,815	34 778	5 448	17,815
91 44	6,537	21,395	41 086	66 278	6,534	21,395	41,686	66 278	6 537	21,395	41 278	6 537	21 395

<sup>1</sup> Cuando ha sido necesario se han ajustado las capacidades de descarga para compensar por la reducción de la corriente que entra. Se ha supuesto que la anchura de la entrada es igual o mayor que la anchura del resto del canal. En uno u otro caso se determinará la capacidad del vertedero por medio de la anchura del canal.

<sup>2</sup> Estos vertederos son para velocidades que no excedan del máximo que de ordinario se recomienda para canales empastados.

<sup>3</sup> Se ha supuesto que la pendiente es aproximadamente uniforme y que las dimensiones del canal son substancialmente las mismas en toda su extensión. Se ha incluido un factor de seguridad mínimo de 0,152 metros.

añadirse a la profundidad de la entrada del canal de desagüe para proveer 30 cm. como obra muerta mínima del dique.

Los canales artificiales requieren cierta excavación para obtener el perfil deseado. Al igual que en los naturales, el canal debe ser ancho y llano, con una pendiente suave. Un perfil comúnmente usado es el trapezoidal con lados inclinados en la relación de 4:1. Esta inclinación facilita el establecimiento de vegetación y los subsiguientes trabajos de conservación. En la tabla 6 se pueden elegir los tamaños e inclinaciones de los lados de canales para distintas descargas. Las dimensiones en la tabla incluyen el margen mínimo de seguridad para ambos, el canal y la entrada del desagüe. Así, pues, para obra muerta de 30 cm. sobre el dique, no se necesita profundidad adicional a la que se da en la tabla. Se llama la atención hacia el hecho de que la entrada del desagüe debe hacerse ancha para que recoja toda la descarga de agua que los canales traen. Es error común el hacer las entradas pequeñas en los desagües artificiales cubiertos de vegetación (figura 175). Como resultado de esto, los canales nunca recibirán la descarga completa de agua para la cual fueron diseñados.

El destruir innecesariamente la vegetación que cubre el terreno así como exponer el subsuelo, deben evitarse en todo lo posible al construir desagües.

**TABLA 7.— Capacidades de descarga en metros cúbicos por segundo,<sup>1</sup> profundidad,<sup>2</sup> y anchura de la entrada,<sup>3</sup> para desagües artificiales con vertederos empastados de sección transversal trapezoidal y pendiente lateral de 4:1**

Anchura del cauce del canal c (en metros)		Capacidad de descarga y anchura de la entrada cuando la pendiente es de—																	
		0.5 por ciento y la profundidad p es—		1 por ciento y la profundidad p es—		2 por ciento y la profundidad p es—		3 por ciento y la profundidad p es—		4 por ciento y la profundidad p es—		5 por ciento y la profundidad p es—		6 por ciento y la profundidad p es—		8 por ciento y la profundidad p es—		10 por ciento y la profundidad p es—	
		.762 m en el canal	.914 m en la entrada	.762 m en el canal	.914 m en la entrada	.966 m en el canal	1.067 m en la entrada	.610 m en el canal	.965 m en la entrada	.533 m en el canal	.638 m en la entrada	.457 m en el canal	.737 m en la entrada	.406 m en el canal	.660 m en la entrada	.381 m en el canal	.610 m en la entrada	.356 m en el canal	.584 m en la entrada
		Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho	Des-carga	Ancho
.610 <sup>1</sup>	mc	m	mc	m	mc	m	mc	m	mc	m	mc	m	mc	m	mc	m	mc	m	
1 219	1,557	.610	2,207	.610	2,321	.610	1,939	.610	1,457	.610	1,829	.610	1,066	.610	1,219	.610	1,453	.610	
1,829	1,981	1 219	2,802	1 219	2,943	1 219	2,547	1 219	2,009	1 219	2,575	1 219	1,829	1 219	2,296	1 219	2,591	1 219	
2,438	2,406	1 829	3 396	1 829	3,622	1 829	3 226	1 829	2 575	1 829	3 226	1 829	2 438	1 829	3 055	1 829	3 505	1 829	
3 048	2 830	2,438	4 019	2,438	4 316	2 438	3 891	2 438	3 141	2 438	3 891	2 438	3 048	2 438	3 662	2 438	4 272	2 438	
3 658	3 269	3,048	4 641	3 048	5 037	3 048	4 585	3 048	3 736	3 048	4 585	3 048	3 658	3 048	4 272	3 048	4 886	3 048	
4 272	3 721	3 658	5 264	3 658	5 745	3 658	5 264	3 658	4 316	3 658	5 264	3 658	4 272	3 658	4 886	3 658	5 496	3 658	
4 886	4 387	4 272	6 212	4 272	6 834	4 272	6 297	4 272	5 207	4 272	6 297	4 272	4 886	4 272	5 496	4 272	6 106	4 272	
5 496	5 547	4 886	7 825	4 886	8 660	4 886	8 037	4 886	6 707	4 886	8 037	4 886	5 496	4 886	6 106	4 886	6 716	4 886	
6 106	6 679	5 496	9 438	5 496	10 499	5 496	9 778	5 496	7 825	5 496	9 438	5 496	6 106	5 496	6 716	5 496	7 326	5 496	
6 716	7 839	6 106	11,094	6 106	12,367	6 106	11 561	6 106	9 707	6 106	11 094	6 106	6 716	6 106	6 716	6 106	6 716	6 106	
7 326	8 999	6 716	12,721	6 716	14 235	6 716	13 329	6 716	11 221	6 716	12 721	6 716	7 326	6 716	7 326	6 716	7 326	6 716	
7 936	10 160	7 326	14 362	7 326	16 032	7 326	15 084	7 326	12 735	7 326	14 362	7 326	7 936	7 326	7 936	7 326	7 936	7 326	
8 546	11 334	7 936	16 018	7 936	17 971	7 936	16 853	7 936	14 249	7 936	16 018	7 936	8 546	7 936	8 546	7 936	8 546	7 936	
9 156	12 494	8 546	17 688	8 546	19 838	8 546	18 636	8 546	15 777	8 546	17 688	8 546	9 156	8 546	9 156	8 546	9 156	8 546	
9 766	13 643	9 156	19 370	9 156	21 898	9 156	20 596	9 156	17 505	9 156	19 370	9 156	9 766	9 156	9 766	9 156	9 766	9 156	
10 376	14 843	9 766	21 062	9 766	23 598	9 766	22 216	9 766	19 317	9 766	21 062	9 766	10 376	9 766	10 376	9 766	10 376	9 766	
10 986	16 043	10 376	22 754	10 376	25 555	10 376	24 133	10 376	21 036	10 376	22 754	10 376	10 986	10 376	10 986	10 376	10 986	10 376	
11 596	17 243	10 986	24 450	10 986	27 366	10 986	25 767	10 986	22 843	10 986	24 450	10 986	11 596	10 986	11 596	10 986	11 596	10 986	
12 206	18 443	11 596	26 146	11 596	29 178	11 596	27 578	11 596	24 550	11 596	26 146	11 596	12 206	11 596	12 206	11 596	12 206	11 596	
12 816	19 643	12 206	27 842	12 206	30 880	12 206	29 289	12 206	26 257	12 206	27 842	12 206	12 816	12 206	12 816	12 206	12 816	12 206	
13 426	20 843	12 816	29 538	12 816	32 582	12 816	31 000	12 816	27 559	12 816	29 538	12 816	13 426	12 816	13 426	12 816	13 426	12 816	
14 036	22 043	13 426	31 236	13 426	34 286	13 426	32 704	13 426	29 472	13 426	31 236	13 426	14 036	13 426	14 036	13 426	14 036	13 426	
14 646	23 243	14 036	32 934	14 036	36 034	14 036	34 452	14 036	31 368	14 036	32 934	14 036	14 646	14 036	14 646	14 036	14 646	14 036	
15 256	24 443	14 646	34 632	14 646	37 782	14 646	36 152	14 646	33 262	14 646	34 632	14 646	15 256	14 646	15 256	14 646	15 256	14 646	
15 866	25 643	15 256	36 330	15 256	39 530	15 256	38 352	15 256	35 166	15 256	36 330	15 256	15 866	15 256	15 866	15 256	15 866	15 256	
16 476	26 843	15 866	38 028	15 866	41 278	15 866	40 224	15 866	37 070	15 866	38 028	15 866	16 476	15 866	16 476	15 866	16 476	15 866	
17 086	28 043	16 476	39 726	16 476	43 036	16 476	42 116	16 476	38 972	16 476	39 726	16 476	17 086	16 476	17 086	16 476	17 086	16 476	
17 696	29 243	17 086	41 424	17 086	44 794	17 086	43 916	17 086	40 866	17 086	41 424	17 086	17 696	17 086	17 696	17 086	17 696	17 086	
18 306	30 443	17 696	43 122	17 696	46 552	17 696	45 676	17 696	42 766	17 696	43 122	17 696	18 306	17 696	18 306	17 696	18 306	17 696	
18 916	31 643	18 306	44 820	18 306	48 310	18 306	47 500	18 306	44 570	18 306	44 820	18 306	18 916	18 306	18 916	18 306	18 916	18 306	
19 526	32 843	18 916	46 518	18 916	50 058	18 916	49 292	18 916	46 326	18 916	46 518	18 916	19 526	18 916	19 526	18 916	19 526	18 916	
20 136	34 043	19 526	48 216	19 526	51 806	19 526	50 986	19 526	48 130	19 526	48 216	19 526	20 136	19 526	20 136	19 526	20 136	19 526	
20 746	35 243	20 136	49 914	20 136	53 554	20 136	52 786	20 136	49 974	20 136	49 914	20 136	20 746	20 136	20 746	20 136	20 746	20 136	
21 356	36 443	20 746	51 612	20 746	55 302	20 746	54 576	20 746	51 774	20 746	51 612	20 746	21 356	20 746	21 356	20 746	21 356	20 746	

<sup>1</sup> Con las capacidades indicadas, la velocidad del agua no excederá del máximo que de ordinario se recomienda para canales empastados

<sup>2</sup> Para la profundidad del canal se ha incluido un factor de seguridad de 0,152 m, y para la profundidad de la entrada, un factor de seguridad no menor de 0,30479 m.

<sup>3</sup> Si la anchura de la entrada excede a la del canal, la zona de transición, desde la entrada hasta el canal, deberá converger por medio de una pendiente de 3:1 a cada lado. Todas las esquinas deben redondearse de modo uniforme.

Si se van a hacer excavaciones para un canal de desagüe que se va a cubrir de vegetación, todo el terreno de superficie debe removerse primero y amontonarse convenientemente de modo que después pueda usarse para desarrollar una sementera en el canal, o como fertilizante para el césped. El exceso de tierra puede apilarse en forma de dique a lo largo del canal de desagüe para proveer capacidad adicional al canal. Es aconsejable reforzar con piedras los puntos críticos, tales como la entrada del vertedero o sus extremos agudos. La vegetación debe desarrollarse inmediatamente después de la construcción por medio de semillas o colocando césped en tepes. Donde sea posible, empastar un desagüe debe efectuarse, porque el césped, si se asienta fuertemente, puede resistir el escurrimiento casi inmediatamente después de colocado. El desarrollo de una cubierta vegetal por medio de la siembra de semillas es un procedimiento muy riesgoso además de lento, pues toma mucho más tiempo en desarrollar una cubierta buena que si se coloca césped. Una aplicación abundante de fertilizantes, una buena sementera, y una siembra o encespedado conveniente en épocas oportunas y de acuerdo a los procedimientos localmente aprobados, son indispensables para el establecimiento de una cubierta vegetal satisfactoria. El riego del terreno es favorable durante la estación seca, hasta que el pasto haya desarrollado un sistema tupido de raíces. Si se esperan aguas de escurrimiento en seguida, el césped debe asentarse con alambre y estaquillas. Los canales en los cuales se ha sembrado recientemente pueden protegerse considerablemente por medio de una capa de rastrojos, paja, tallos de plantas de maíz, hojarasca u otro material similar. El alambre tejido es excelente para usarse como refuerzo de esta capa protectora.



*Figura 175.*—La entrada de este desagüe cubierto de vegetación es muy estrecha.

La utilización de los canales de desagüe de funcionamiento mecánico como desagües principales no está justificada, a menos que sea imposible obtener un adecuado desagüe con cubierta vegetal, o que la descarga de la cuenca sea tan grande y continua que exija un desagüe permanente. La mayoría de los desagües mecánicos se construyen de mampostería u hormigón. Este tipo es difícil en su construcción y a menos que el constructor haya tenido experiencia en estos trabajos, debe solicitar el consejo de un ingeniero perito en la materia.

## PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN

La construcción de un depósito de agua no debe considerarse como terminada hasta que éste no sea dotado de la debida protección. Los depósitos que no tienen protección adecuada durarán poco y el costo de su conservación es mucho mayor de lo que debiera ser. Los depósitos de agua deben protegerse del cieno, la acción de las ondas, la erosión, los animales roedores y el apiñamiento de las reses, así como de cualquier otra clase de daños. La buena protección exige buena conservación. Las inspecciones periódicas y sistemáticas deben hacerse particularmente después de las lluvias fuertes, y los daños que ocasionen los deslaves, la socavación, los desbordamientos, las sequías, los roedores y el ganado, deben repararse inmediatamente. Es buena política el hacer planes para establecer un promedio anual del costo de conservación, de por lo menos 5 a 10 por ciento del costo inicial de la construcción y protección. En condiciones adversas, los costos de conservación serán mayores si se desea que el depósito funcione y se conserve como se pretende.

## CERCAS

A pesar de que el ganado generalmente debe apartarse de los depósitos de agua y beber en los abrevaderos que los depósitos surten, no se puede establecer como regla general el que todos los depósitos sean cercados. Es más práctico por lo común que el ganado beba en los depósitos directamente si la elevación de éstos no permite que por gravedad el agua fluya en los abrevaderos. En algunas praderas se ha encontrado que las ventajas que se derivan al construir cercas son neutralizadas por su alto costo, los requisitos de su conservación y por el hecho también de que es un número escaso de reses las que abreven de una sola vez cuando los depósitos son cercados y el ganado va a los abrevaderos. El rancho que tiene una propiedad grande, dotada de numerosos depósitos ampliamente repartidos, debe tener instalaciones simples que requieran muy poca conservación e inspección. A favor de que los depósitos no sean cercados puede decirse que la congelación de las cañerías o válvulas impide que el ganado abreve. Además de esto, el pisoteo limitado del ganado en los depósitos es a veces beneficioso para tapar grietas y asentar los rellenos nuevos.

El cercar los puntos críticos de un depósito generalmente es ventajoso, aunque el cercarlo por completo no sea práctico. Después que los terraplenes se han asentado, el pisoteo del ganado es perjudicial aún en las regiones áridas,

y el gasto en la construcción de cercas o cualquier otra barrera para impedir el acceso del ganado a los terraplenes y facilitar el desarrollo de una cubierta protectora es a veces aconsejable. El cercar o excluir el ganado de un canal de desagüe sembrado, especialmente los que desvían el escurrimiento de una zona grande de drenaje, no debe descuidarse. El fracaso en desarrollar la cubierta indispensable de un desagüe lleva a veces a la pérdida total de la instalación. A veces es necesario cercar completamente un estanque clausurando totalmente el acceso del ganado, con objeto de conservar pastoreos adyacentes, o utilizar praderas colindantes o cercanas a otros abrevaderos.

Se recomienda generalmente cercar los depósitos de agua y usar bebederos separados. Este arreglo o distribución (1) permite el desarrollo de una adecuada vegetación protectora; (2) provee buena agua potable y elimina el peligro de que el ganado dañe o contamine el depósito; y (3) facilita el desarrollo de un medio ambiente favorable para la fauna silvestre. Las charcas abiertas, desnudas de vegetación, no atraen los animales silvestres y la vegetación de ciénagas que debe circundar las charcas para refugio y protección de esta fauna no resiste mucho el pisoteo de las reses o el pastoreo excesivo. En condiciones generales, si el número de charcas y de cabezas de ganado que abrevan en ellas no es numeroso para cada granja y las condiciones climatológicas son propensas a la erosión del terreno, las ventajas que se derivan cercando estas unidades sobrepasan las desventajas.

### ACUMULACIÓN DE SEDIMENTO

Con el propósito de obtener el mejor funcionamiento y utilidad de los estanques de aguas superficiales es preciso evitar la acumulación de sedimento. Deben ponerse en práctica los mejores métodos de conservación en la cuenca de captación, y deben aplicarse sistemas especiales para impedir la acumulación de cieno y para contrarrestar la erosión a fin de proteger los canales y mantenerlos en buen funcionamiento. Para conservar en forma adecuada la capacidad y profundidad de los estanques es necesario proteger uniformemente los canales de drenaje por donde corre sedimento y llevar a cabo limpiezas ocasionales de los estanques.

Cuando un depósito se ha llenado de lodo hasta cierta profundidad, por lo general resulta más práctico construir un depósito nuevo o levantar los terraplenes del depósito viejo a una altura mayor, que remover el cieno. Si se encuentra un punto apropiado, corriente abajo, el depósito viejo puede usarse como un tanque de sedimentación para recoger el cieno adicional y de esta manera prolongar la duración efectiva del nuevo depósito. El remover grandes cantidades de cieno de los depósitos por medio de palas resulta trabajoso y costoso. El costo de remoción del sedimento de lodo de un depósito será probablemente mayor que el de trasladar una cantidad equivalente de material seco con el fin de hacer rellenos. Las ventajas que se derivan de mantener un depósito libre de cieno se conocen después que se trata de limpiar un depósito viejo.

## INSPECCIÓN

Los depósitos de agua deben ser inspeccionados periódicamente. Es de verdadera importancia que los nuevos depósitos sean inspeccionados después de las lluvias fuertes para determinar si están funcionando bien o si hay reparaciones costosas que hacer. La reparación de los daños que se descubran ahorra la necesidad de futuras reparaciones pequeñas. El daño al principio es leve, pero si se desatiende puede aumentar hasta tal grado que las reparaciones resulten inútiles y toda la estructura haya que hacerla de nuevo.

Cuando el césped se daña o las márgenes del canal de desagüe son lavadas, deben repararse inmediatamente. La vegetación en los canales de desagüe y terraplenes debe ser recortada y someterse ligeramente al pastoreo cada vez que sea necesario para evitar que la vegetación crezca muy alta y silvestre. El recortar la vegetación o permitir el pastoreo de la misma ligeramente tiende a una cubierta vegetal buena y un fuerte sistema de raíces resistentes a la erosión. Toda clase de basuras que puedan perjudicar la capacidad de un canal de desagüe deben removerse. Los accesorios tales como cercas, cañerías, líneas, válvulas de flotación o abrevaderos deben ser inspeccionados periódicamente.

En algunas regiones los roedores como coipos, tejones, topos, etc., causan daños severos a los canales de desagüe y a los diques de los depósitos. Si estos daños no se reparan, pueden llevar al fracaso del dique. Una capa gruesa de arena o cascajo en el dique aleja los roedores. El alambre tejido puede usarse hasta que se oxide. Donde la abundancia de esta plaga es la causa de estos daños, se deben preparar trampas a propósito y veneno efectivo para evitar daños mayores y posiblemente la pérdida del depósito.

## SANIDAD

Es aconsejable que un depósito se conserve limpio y su agua libre de contaminación, hasta donde sea posible. El apiñamiento del ganado y especialmente el porcino, no debe permitirse. Pedazos de piedra, cascajo o cualquier otro material similar se puede usar ventajosamente para mejorar las cercanías de un depósito. El drenaje de los establos, comederos y sitios de descanso para el ganado debe desviarse en forma tal que no vaya a parar a los depósitos. Los cadáveres de animales deben removerse de la vecindad de los depósitos. Las aguas de fregadero y otros desperdicios deben desviarse también de las charcas. Las ventajas que se derivan del buen aspecto del agua son universalmente reconocidas y por eso las aguas de los depósitos deben conservarse tan limpias como sea posible. Latas y vidrio usados no se deben echar en los depósitos. Es sumamente importante que los abastos de agua se conserven limpios en los depósitos que se van a dedicar para el desarrollo de una fauna silvestre o para conservar hielo.

En regiones donde los depósitos de superficie tienden a desarrollar criaderos de mosquitos, deben llenarse con peces que se alimenten en la superficie. Los

peces de la familia de los "gambusinos," son particularmente efectivos para exterminar los mosquitos. En depósitos donde se sabe que se desarrollará un foco palúdico, no se debe permitir el desarrollo de una vegetación acuática, al igual que en sus márgenes, y se deben tomar especiales precauciones en su construcción y conservación. La mayor parte de las regiones palúdicas están bajo la vigilancia de las autoridades sanitarias, cuyas reglas deben cumplirse. Es obligación de toda persona que obtiene beneficios de los depósitos de agua, el cumplir con las reglas para combatir los mosquitos y asegurar su observancia. En algunas regiones tampoco es aconsejable el desarrollo de algas u otra clase de plantas. A pesar de que se cree que estas plantas son inofensivas pueden causar sabores y olores desagradables al agua, además de estimular el desarrollo de bacterias y darle un aspecto repelente. Un tratamiento de sulfato de cobre (piedra azul) evita el desarrollo de algas. La dosis corriente es de 225 a 350 grs. por cada millón de litros de agua y debe ser bien distribuída en el depósito. Si la dosis se aumenta, puede perjudicar tanto al ganado como a la fauna silvestre.

## Capítulo XIV

# SISTEMAS DE RIEGO

### I. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

**L**AS CONDICIONES DE LAS tierras son factor de importancia primordial para los agricultores, según los diversos sistemas de riego.

La figura 176 nos muestra a un perito en el instante de examinar una sección transversal del suelo. Todo agricultor puede determinar las condiciones del subsuelo en sus tierras efectuando una excavación.

La mano diestra de este agricultor señala el límite de profundidad del arado; esta capa de tierra, fina y compacta, que el arado ha formado al deslizarse a una misma profundidad año tras año en los trabajos de labranza es de suma importancia. Esta capa sólo tiene de cinco a diez cm. de espesor, pero a menudo adquiere tal grado de impermeabilidad que se convierte en barrera contra el aire, el agua y las raíces de las plantas. Su formación se impide arando a diversas profundidades, sembrando alfalfa o trébol dulce (*Melilotus alba*), cuyas profundas raíces penetran más allá del límite del arado y mantiene el subsuelo suelto o con la rotación de los cultivos.

La capa de terreno superior inmediata es bien conocida por casi todos los agricultores. Es la más oscura, tiene como 20 cm. de espesor y contiene el humus que tan necesario es para el crecimiento de las plantas.

Bajo la capa semiimpermeable formada por el arado se halla una zona grisácea oscura de barro, no calcárea y casi impermeable. Es más clara que la capa húmica, pero no tanto como la capa calcárea, sumamente compacta, de unos 40 cm. de espesor, que puede verse al terminar la cinta métrica.

La mano izquierda del joven agricultor señala hacia el fondo, donde ha caído parte del suelo superficial, cuyo color oscuro contrasta con el de la capa calcárea que está detrás.

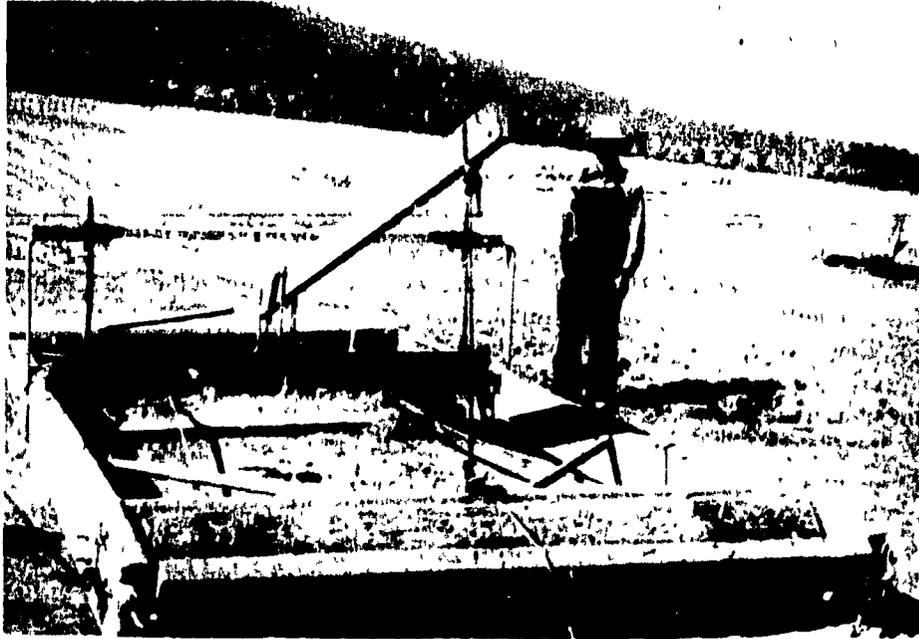
El agricultor puede encontrar otras conformaciones del subsuelo, incluso capas de arena o cascajo muy permeables, así como pueden variar las diversas secciones de los campos. Unos sitios pueden tener magníficos terrenos hasta muchos metros de profundidad, mientras que en otros puede encontrarse una capa de tierra endurecida o una capa pizarrosa saturada de sales solubles o sustancias alcalinas a pocos palmos de la superficie, y aún en otros el nivel de las aguas freáticas puede estar demasiado cerca de las raíces de las plantas.

Independientemente de las condiciones del terreno, el estudio del subsuelo es de valor inestimable para determinar los usos agrícolas correctos tanto de la tierra como del agua en cada hacienda.

Lo anterior no debe interpretarse en el sentido de que no pueden obtenerse buenas cosechas en tierras arables relativamente poco profundas con capa



*Figura 176.—Examinando el suelo.*



*Figura 177.*—Aplanador construido por el agricultor.

endurecidas e impermeables. Muchos agricultores obtienen magnificas cosechas en terrenos con menos de un metro de espesor, donde cultivan la remolacha y plantas de raices profundas, como la alfalfa.

Sea como fuere, el suelo debe mantenerse en buenas condiciones para que dé rendimientos abundantes, y debe contener fuentes adecuadas de nutrición vegetal, así como agua en cantidad suficiente desde el comienzo de la siembra hasta la recolección de las cosechas.

## II. NIVELACIÓN DEL TERRENO

En terrenos desiguales algunas plantas reciben agua en abundancia y otras muy poca. Ambos extremos son perjudiciales. En estos casos debe procederse a nivelar el terreno excepto en aquellos sitios donde su conformación revele la presencia de una capa porosa de arenas o cascajo, o bien una capa dura de tierra cerca de la superficie. Sólo en terrenos nivelados se distribuye el agua en forma adecuada.

Con el objeto de aflojar y remover la tierra con rapidez y economía, debe emplearse la grada común, pero si el terreno resulta muy duro, debe emplearse el arado.

Cuando se haya aflojado la tierra, puede nivelarse con un aplanador construido por el agricultor, según el modelo que aparece en la figura 177. Éste resulta un instrumento agrícola práctico y económico para aplanar la tierra. Un solo obrero puede manejarlo al mismo tiempo que el tractor. Cuando se

utilice tracción animal, el cable para regular la profundidad llega hasta la plataforma del conductor por medio de poleas.

Los rodillos que se colocan en la parte delantera y trasera del aptanador sirven para disminuir la fuerza de tracción y facilitar el arrastre. Asimismo deshacen los terrones y aplastan la tierra.

#### **1. Restauración de los elementos nutritivos del suelo.**

Las operaciones realizadas para nivelar el terreno remueven los elementos de nutrición vegetal que la tierra contiene y son necesarios para el crecimiento de las plantas. Si se desea obtener buenas cosechas, es imprescindible restaurar esos elementos de nutrición vegetal.

Cuando sea posible, deben usarse abonos verdes o estiércol para restaurarlos, o abonos químicos, si fuere necesario. Debe sembrarse el terreno con plantas leguminosas o ricas en nitrógeno y enterrarlas, como se hace con los abonos verdes, para restaurar los elementos nutritivos vegetales removidos al nivelar el terreno.

Sin el procedimiento señalado es imposible obtener plantas vigorosas no obstante el uso de los sistemas de riego. Los suelos desprovistos de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas no pueden producir buenas cosechas y es preciso que con anterioridad a la aplicación de las prácticas de riego se repongan esos elementos removidos por las operaciones de nivelación del terreno.

La figura 178 representa un agricultor en la labor de enterrar un cultivo



**Figura 178.**—Para restaurar los elementos nutritivos del suelo este agricultor utiliza un sembrado de avena como abono verde, enterrándolo con el arado.

de avena por medio del arado a fin de restaurar los elementos nutritivos del terreno.

### III. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

#### 1. Sistemas de riego.

Al seleccionar el sistema de riego mejor para una hacienda, el agricultor no debe concretarse a una fórmula o práctica generalizada, ni adoptar un sistema por el solo hecho de que otros lo empleen en la comunidad. Debe tenerse en cuenta el grado de inclinación del terreno, así como la capacidad del suelo para absorber y retener el agua. Debe conocerse asimismo el alcance de las raíces de las plantas y la cantidad de agua que éstas necesitan. El sentido práctico del agricultor será entonces la mejor guía para seleccionar el sistema de riego más adecuado al campo, o a los campos de que se trate.

Los expertos han desarrollado tres sistemas de riego adecuados y fáciles de aplicar: el riego por infiltración o por surcos, el riego por corrimiento o desbordamiento, y el riego por inundación. La selección del sistema de riego depende de la clase de terreno, de su configuración y de la clase de cultivo que se desee emprender.

El sistema de riego por infiltración o por surcos es propio para terrenos demasiado escarpados o desiguales para usar en ellos el sistema de riego por corrimiento o no tan llanos para emplearse el sistema de riego por inundación. Este sistema puede funcionar con canales de alimentación, grandes o pequeños, de donde puede llevarse el agua a tantos surcos como se quiera, dependiendo del tamaño del caudal de la corriente de que se disponga. Cuando sólo se dispone de un caudal de agua pequeño, el riego por infiltración o por surcos es el más adecuado.

El sistema de riego por corrimiento o desbordamiento se adapta a terrenos cuya inclinación moderada sigue una misma dirección. Las pendientes pueden tener una inclinación desde 0,05 por ciento hasta el 1 por ciento. Este sistema es adecuado para el cultivo de alfalfa, trébol y otras plantas forrajeras y cereales. Puede aplicarse en cualquier clase de terreno, pero es el mejor para suelos permeables si las demás circunstancias son favorables. Por lo tanto, este sistema debe tenerse en cuenta en aquellos casos en que la conformación del terreno lo haga aplicable y éste se pueda nivelar.

El tercer sistema, el de riego por inundación, es propio para terrenos casi llanos de poca profundidad. Sin embargo, de lo antes expresado no debe interpretarse que este sistema es inadecuado para terrenos de condiciones distintas. En la actualidad se está aplicando en terreno de algunas de las regiones llanas más adelantadas. En regiones donde la primavera es fría, este sistema de riego permite que la tierra absorba el calor con mayor rapidez, con lo cual germinan más pronto las semillas.

El riego por infiltración o por surcos y el riego por corrimiento o desbordamiento, son adecuados para el cultivo de alfalfa, trébol, pastos y otras plantas semipermanentes. Por lo regular, los cosecheros de lechugas y remolachas lo emplean si su aplicación no es contraria a las condiciones del terreno ni a su conformación.



**Figura 179.**—Surcos para riego por infiltración, abiertos con un arado especial para canalizaciones.

*a. Sistema de riego por infiltración o por surcos.*

El agricultor que aparece en la figura 179 ha adoptado el sistema de riego por infiltración o por surcos para estos terrenos. Le vemos en el instante de abrir los surcos con un arado doble especial para canalizaciones. Este suelo es arcilloso, un tanto impermeable, y poco inclinado, razón por la cual los surcos son anchos

Cuando se trata de ciertos campos o cultivos, el espacio entre los surcos y la anchura de éstos se determinan mejor en la práctica, pero por lo general los surcos se separan 60 a 90 cm de centro a centro. Los factores esenciales son la composición del suelo (si es de arena o arcilla), el contenido de materias orgánicas, la inclinación del terreno (si es inclinado o llano), y si a poca profundidad de la superficie hay alguna capa dura o impermeable.

En general, cuanto más poroso el suelo y mayor su declive, menor debe ser el espacio entre surco y surco, a fin de economizar el agua y evitar el escurrimiento de la capa superior del suelo.

*b. Sistema de riego por corrimiento o desbordamiento.*

El segundo sistema es el de riego por corrimiento o desbordamiento.

Según este sistema, los campos se dividen en fajas de forma rectangular, si fuere posible, con dirección igual al declive mayor del terreno. Se procede luego a construir los bordes o pequeños diques a los lados de las fajas, cuya superficie debe ser tan plana como sea posible, de manera que el agua que se vierta en su parte más alta corra hacia abajo sin dificultad.

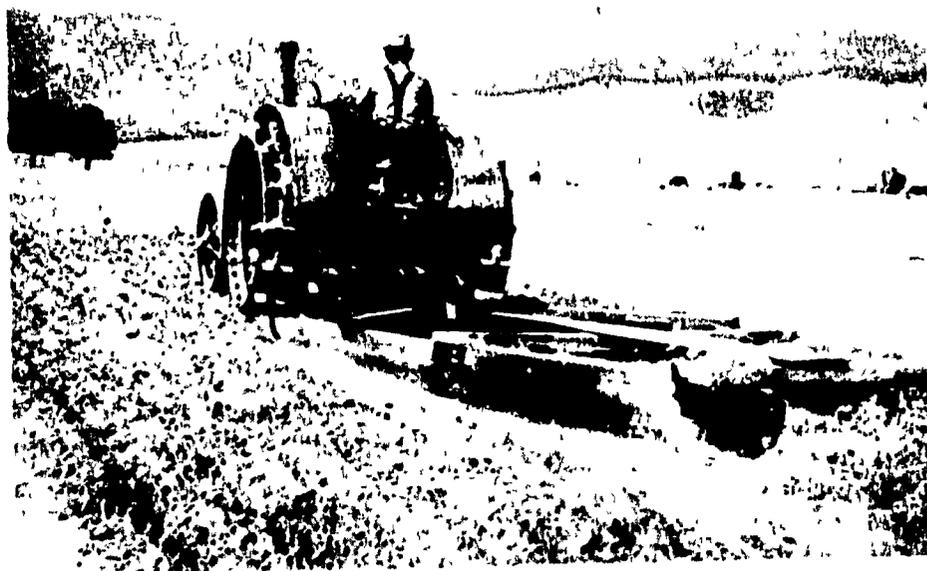
Cuando los declives son grandes, los bordes de las fajas deben construirse

cercanos, alrededor de 6 m. de distancia, y en ese caso debe usarse un caudal pequeño de agua, pero en declives moderados pueden estar más separados, a 30 m. o más, lo cual requiere un caudal mayor de agua. Una cantidad limitada de agua, por ejemplo 30 l. por segundo o menos, no bastará para regar una extensión adecuada de tierras, particularmente en suelos permeables.

En los casos en que se haya seleccionado este sistema de riego y se haya decidido el sitio para los bordes del sistema, debe procederse en primer término a soltar la tierra en cada lado de la línea de los bordes con una rastra de discos o una de muelles. Como puede verse en la figura 180, en que aparece un agricultor construyendo los bordes del sistema con una rastra de construcción propia, la tierra se puede acomodar fácilmente en líneas rectas. La depresión causada por la remoción de la tierra a los lados de los bordes puede rellenarse fácilmente con un rastrillo u otro instrumento similar.

Los bordes deben ser sembrados. Cuando se lleven a cabo las labores de riego, el agua se esparcirá y la vegetación de los bordes recibirá igual cantidad de riego que las siembras de las fajas. No habrá mayor cantidad de malezas ni mayor abundancia de insectos en los bordes que en el resto de las fajas.

La elevación de los bordes no debe exceder lo necesario para evitar que el agua se pase de una faja a la otra. Deben redondearse los bordes de manera que no obstaculicen las labores de la siega, rastrillaje o remoción de la cosecha. La figura 180 muestra un modelo de la rastra de madera que se usa para la construcción de los bordes en este sistema de riego, la cual puede



*Figura 180.*—Rastra de madera para hacer los bordes en el sistema de riego por corrimiento.

construirse en una hora y es conocida en inglés por el nombre de *Lazy A*. Los lados consisten de tablonces de 8 cm. por 30 cm., y de 3,66 a 4,88 m. de largo. En el frente la separación de los tablonces es de 3 metros, y de 60 cm. en la parte de atrás. Con el objeto de proporcionar rigidez a la rastra y evitar que se abra, los tablonces que forman los lados deben sujetarse por encima con tablonces de 8 cm. de grueso y clavos de 15 cm., colocando un tablón al frente, uno al centro y otro detrás, además de uno atravesado al medio, según aparece en la ilustración.

En la figura 181 se presenta el mismo terreno, terminados ya los bordes.

Con el objeto de determinar la anchura apropiada de las fajas, el agricultor realiza algunas pruebas de riego. En el sitio donde él aparece de pie,



*Figura 181.*—Los bordes están terminados. Trabajos de riego en proceso.

los bordes están a 12 m.; a la izquierda a 9 m.; y a la derecha (fuera del grabado) a 15 y 18 m.

El agricultor llegó a la conclusión de que con la cantidad de agua disponible (50 litros por segundo), la faja de 12 m. reveló una capacidad de absorción más uniforme con la menor cantidad de escurrimiento en los extremos bajos del campo.

El declive medio de estas tierras, en dirección igual a la de los bordes, es de 0,25 por ciento. Los bordes tienen 122 m. de largo.

Al final de estos terrenos el grado de inclinación era demasiado grande para emplear este sistema de riego, y por esa razón el agricultor empleó el sistema de riego por infiltración o por surcos, construyendo una zanja para

recoger las aguas y utilizarlas para regar los surcos de la pendiente. De esta manera se regula la distribución del agua sobre todas las tierras y se pierde muy poco de la capa superior del suelo y muy poca agua.

Al final de los bordes el agricultor construyó una zanja principal que permite regar las tierras más abajo de los bordes cuando es necesario, sin depender de las aguas excedentes que proceden de los mismos.

c. *Sistema de riego por inundación.*

El tercer método es el sistema de riego por inundación.

Este sistema es relativamente sencillo de operar si el terreno disponible es de la clase a la cual es aplicable. Se abren surcos rectos, bastante cercanos, y los camellones se forman con la tierra que se remueve al hacer los surcos.



**Figura 182.**—Sistema de riego por camellones. Magnífica preparación de surcos para la siembra de lechugas. Las hileras, sin embargo, son demasiado largas.

Deben prepararse los camellones en otoño si es posible, de manera que recojan la humedad del invierno. Las heladas y deshielos desmoronan los terrenos. Lo aquí expresado, junto con la sedimentación natural, contribuye a formar una buena base para las semillas.

El sistema de riego por inundación es el mejor para los campos casi llanos.

La figura 182 muestra surcos bien hechos para la siembra de lechugas, de acuerdo con este sistema de riego. Sin embargo, la forma en que este agricultor ha aplicado este sistema de riego adolece de un defecto: las hileras son

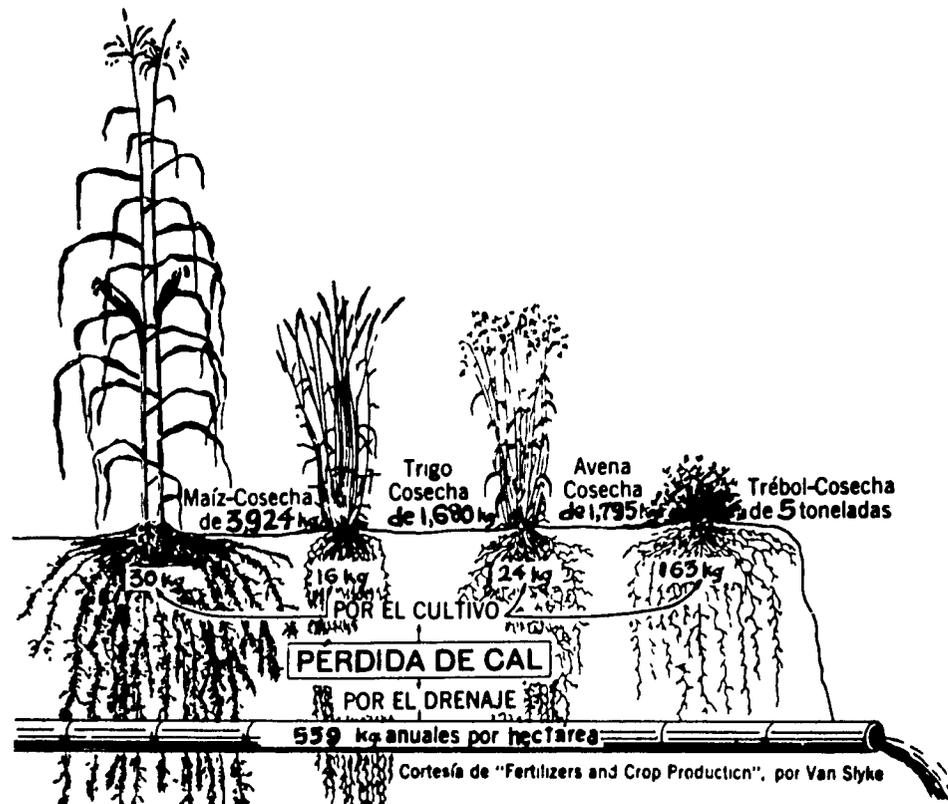


Figura 183.—Pérdidas del suelo por el exceso de riego.

demasiado largas. Lo correcto sería dividir las por medio de zanjales auxiliares a través del campo.

## 2. Efectos del riego excesivo.

Hemos examinado tres sistemas de riego que pueden emplearse en una finca agrícola. Independientemente del sistema que se aplique, ha de tenerse en cuenta que las buenas prácticas de riego no consisten meramente en derramar aguas sobre los terrenos, sino en aplicar la cantidad necesaria, ni menos ni más. El agua insuficiente causa la muerte de la vegetación, y el exceso arrastra los elementos nutritivos de las plantas y aun la superficie del suelo. La saturación del terreno con las aguas de riego produce iguales efectos que lanzar los alimentos solubles de las plantas por las cañerías de desagüe.

En la figura 183 se comparan las pérdidas de alimentos vegetales solubles causadas por la vegetación de ciertas plantas, así como por los arrastres de las aguas. Estos cuatro cultivos, maíz, avena, trigo y trébol, al vegetar conjuntamente, consumirían un promedio de 115 kilos de cal al año. Sin embargo, las lluvias fuertes pueden arrastrar 1250 kilos, o sea 10 veces más.

Es obvio que si las lluvias fuertes sustraen del terreno tal cantidad de cal,

el riego excesivo habrá de tener iguales efectos. En los campos de arcilla, la filtración de las aguas de riego será más lenta que en los de arena o cascajo, pero a la postre surtirá sus efectos.

El riego excesivo es perjudicial y debe evitarse regulando la cantidad de agua para los cultivos.

Este campo de avena nueva es un ejemplo claro del exceso de riego. En esta forma los terrenos pierden los elementos nutritivos esenciales al crecimiento vegetal. Algo peor ocurre: las aguas que se estancan e inundan los terrenos causan daño a los cultivos y pueden echarlos a perder.

Son muy pocos los cultivos que pueden permanecer por mucho tiempo sumergidos. Las plantas se ahogan y en los días de calor los peligros son mayores. Al calentarse el agua quema las plantas y las mata en un período de tiempo sorprendentemente corto.

Sin embargo, el exceso de agua en estos terrenos es sólo una de las señales de que dispone al agricultor versado para determinar el exceso de riego. Si el agricultor hubiera hecho una prueba o examen de sus terrenos antes de regarlos, hubiera determinado que ya contenían la humedad necesaria para el crecimiento vegetal.

Otro error cometido por el agricultor consistió en dar paso al agua en las horas de la mañana y alejarse del sitio para realizar otras faenas agrícolas, regresando por la tarde para dar paso nuevamente al agua durante otras 12 horas. El agricultor debe permanecer en el campo regado mientras se realizan los trabajos de riego, para observar el movimiento de las aguas.



*Figura 184.—Exceso de riego.—Ejemplo núm. 1.*

La figura 185 muestra otro ejemplo distinto de riego excesivo. Un caudal de agua demasiado grande ha socavado los surcos, los ha alterado en los lados, y los ha ahondado, y continúa arrastrando hacia las zanjas la capa fértil superior del suelo y rellenando los surcos de cieno.

Esta forma de erosión ha aumentado ya en unos 62,5 cm.<sup>3</sup> la sección transversal de los surcos. El exceso de agua en subsiguientes operaciones de riego agrandará más los surcos y arrastrará hacia las zanjas de desagüe mayor cantidad de la superficie de los terrenos.



*Figura 185.—Exceso de riego—Ejemplo núm. 2.*



*Figura 186.—Exceso de riego—Ejemplo núm. 3.*

Cuando los terrenos se cultiven sin interrupción y los cultivos requieran nuevos surcos en cada primavera, toda la capa superficial del suelo (15 a 18 cm.) será arrastrada por las aguas en pocos años si los caudales de riego son demasiado grandes.

Puede evitarse esta forma de erosión procurando que los surcos sean más llanos, los caudales de agua que penetren en los surcos más pequeños, y que éstos queden en forma de ángulos a través de los declives (en aquellos casos en que sea necesario usar surcos grandes para maíz o patatas).

La figura 186 muestra un ejemplo claro de erosión, con la pérdida de la capa superficial del suelo por no regular en forma adecuada las aguas de riego.

En laderas como ésta los arrastres de la superficie causados por las fuertes lluvias así como por la aplicación de aguas de riego en cantidades excesivas provocarán considerable erosión en los terrenos. Es obvio que a mayor inclinación de las pendientes, mayores deben ser las precauciones para evitar la erosión.

En los sitios donde la topografía del terreno lo permita, los surcos deben hacerse en los sitios menos inclinados a fin de disminuir de modo efectivo los arrastres del suelo por las corrientes de agua.

La siembra de cultivos para heno o pasto en los terrenos muy susceptibles a la erosión, en lugar de plantas que requieran labores de cultivo, constituye otra forma de conservar la capa superficial del suelo.



*Figura 187.—Exceso de riego—Ejemplo núm. 4.*

Finalmente, se pudo haber impedido, o por lo menos reducido, esta forma de erosión si se hubieran construído canales de riego principales a distancias apropiadas de acuerdo con la conformación del terreno y, por consiguiente, acortado la longitud de los surcos.

Una corriente de aguas cenagosas procedentes de la superficie de los terrenos regadíos penetra en un canal de aguas claras, según puede verse en la figura 187. La parte oscura del canal, según aparece en la figura, es de aguas claras, pero la que está en la parte inferior está tan cargada de lodo que tiene un color café. Estas aguas cenagosas proceden de los terrenos cuya superficie arrastran, arrasando a la vez los ingresos del agricultor.

Los agricultores se percatan más o menos de lo que pierden los terrenos por efectos de la erosión, pero los arrastres lentos de las capas superficiales causados por las aguas de riego sin regulación adecuada sustracen insensiblemente la riqueza de los campos y su acción sólo puede detenerse por la aplicación correcta de los sistemas de riego

### **3. Medidas correctivas.**

En la operación de cualquier sistema de riego todo agricultor debe emplear medidas correctivas para evitar la erosión. Para distribuir y regular las aguas deben usarse zanjas principales, diques, tubos de madera y caños reguladores.

El agua debe desviarse desde el canal de alimentación lateral o auxiliar hacia una zanja principal en la parte superior del terreno regadío, al objeto de regular *ab initio* el curso de las aguas. Luego debe colocarse un dique de tierra donde fuere necesario y distribuirse las aguas a los surcos por medio de tubos de madera.

Un caño regulador colocado entre la zanja principal y los tubos será de utilidad para encauzar mejor las aguas, en igual forma que las zanjas principales de carácter secundario construídas a través de los campos regadíos.

La figura 188 presenta a un agricultor en un campo de lechugas cultivadas bajo riego. Las aguas del canal de alimentación penetran a la zanja principal a su izquierda, que ha tapiado con sacos de tierra. A su derecha, en dirección paralela a la zanja principal, aparece un caño regulador, también tapiado. De frente al agricultor aparece otro dique que sirve para detener y desviar las aguas desde la zanja principal hacia el caño regulador, de donde finalmente pasan a los surcos por medio de los tubos de madera.

El caño regulador distribuye las aguas y normaliza su curso. Este caño debe ser lo más pequeño posible para que ocupe el menor terreno, evitando así las pérdidas de agua por la evaporación y por las filtraciones excesivas. Los caños reguladores no son esenciales para las buenas prácticas de riego, pero



*Figura 188.*—Zanja principal, diques, caño regulador y tubos de madera.

son útiles porque facilitan las medidas correctivas y disminuyen el volumen de trabajo requerido para la correcta aplicación del riego. Si así se desea, puede desviarse el agua directamente de la zanja principal hacia los surcos, conteniendo la fuerza de las aguas por medio de cascajo o de vegetación, pero habrá de tenerse cuidado extremo para evitar que las aguas formen rompientes erosivas e inunden algunos surcos mientras otros que permanecen secos

La mejor forma de desviar las aguas desde la zanja principal o los caños



A



B

**Figura 189.—A, vista de los extremos de los tubos de madera. B, instalación del tubo de madera.**

reguladores hacia los surcos es por medio de tubos de madera, que dejan pasar igual cantidad de agua a todos los surcos. Si observamos nuevamente la figura, veremos en el lado más distante del caño regulador ciertos palos que sobresalen a distancias uniformes, los cuales son tablas para tapan las bocas de los tubos e impedir que el agua penetre en los surcos. Cuando el agricultor quiere regar las lechugas sólo tiene que quitar las tablas y los tubos dejarán

pasar igual cantidad de agua a todos los surcos. En esta forma el agricultor distribuye y regula las aguas de riego a su entera discreción sin malgastar los terrenos ni las aguas.

Según la figura 189, las aguas del caño regulador han sido detenidas por medio de un dique con el objeto de mostrar la boca de uno de los tubos por donde las aguas pasan a los surcos. En la figura 189 B puede verse la colocación de uno de los tubos.

Los tubos de madera son efectivos y económicos para regular las aguas de riego. Pueden construirse de 1,20 m., clavados convenientemente, los cuales se parten a la mitad y producen dos tubos suficientemente largos para colocarse a través de los diques de las zanjas principales. Después de la

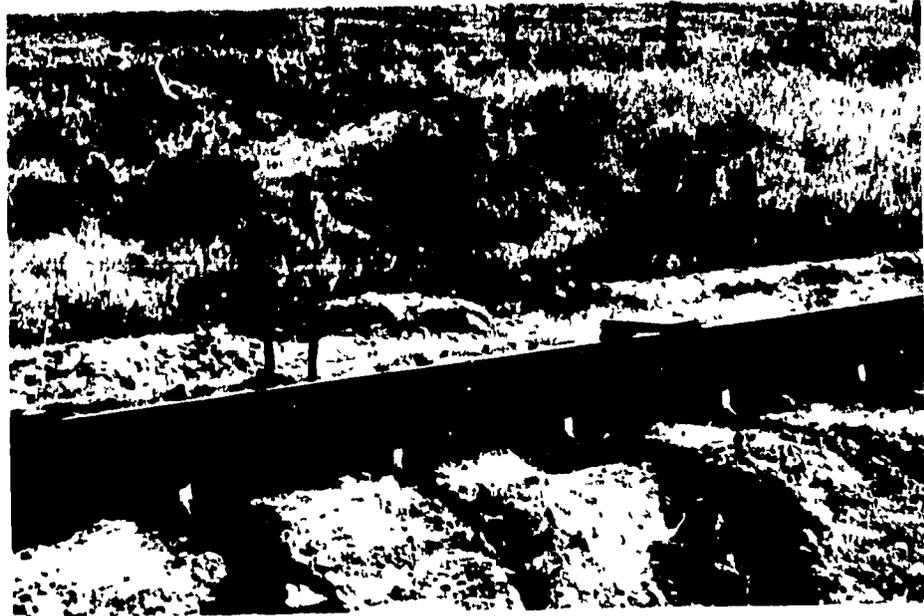


*Figura 190.*—Dique de lona en forma de manga.

última aplicación de riego se quitan los tubos y se guardan para volverlos a colocar durante las próximas temporadas de riego.

Al instalar los tubos, según se ve en la figura, debe mantenerse llena de agua la zanja principal o el caño regulador, de manera que al colocar los tubos apenas debajo de la superficie del agua se tendrá la seguridad de que quedarán a nivel. Estos tubos distribuirán el agua en cantidades uniformes a pesar de posibles diferencias en la altura de los surcos al lado opuesto del borde de la zanja.

Un dique mejor y más eficaz que los sacos de arena previamente descritos es el de lona en forma de manga que se ilustra en la figura 190. Mide 1,20 x



*Figura 191.—Conducto de madera.*

1,80 m., que es el tamaño corriente de la mayoría de las zanjás principales. Si se limpia, seca y guarda después de la última operación de riego, durará por mucho tiempo.

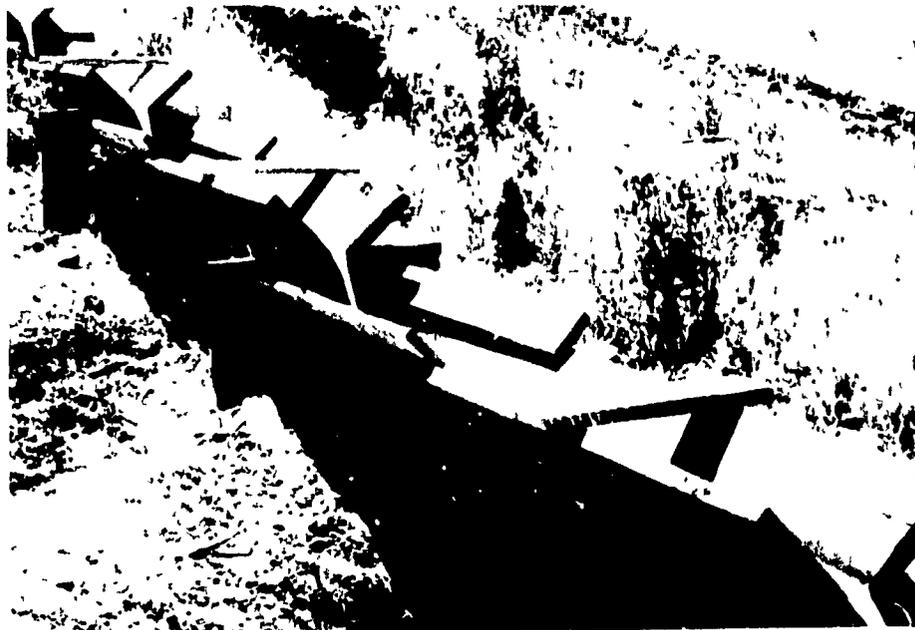
La manga, en el centro, tiene 30 cm. de diámetro. Al desatar la cuerda en el extremo de salida aumenta la corriente de agua. Al tirar los cabos de la cuerda y atarlos disminuye la corriente. En esta ilustración la abertura aparece casi cerrada.

Los diques en forma de manga son muy eficientes en aquellos casos en que debido a la composición del suelo y a la configuración del terreno los caudales de agua deben ser relativamente pequeños, aproximadamente 85 litros por segundo o menos.

En los sitios donde la zanja principal se encuentre en terrenos inclinados, conviene contener las aguas por medio de diques adicionales de lona en forma de manga.

El conducto de madera presentado en la figura 191, distribuye las aguas a los surcos en un campo demasiado inclinado para zanjás ordinarias. El declive es de 4 por ciento.

Estos conductos de madera pueden construirse muy económicamente con maderas de inferior calidad. Son muy prácticos y de mayor permanencia que las zanjás. No importa la velocidad a que corran las aguas por los conductos de madera, pues nunca arrastrarán la capa superior del suelo. Además, no ocupan tanto espacio como las zanjás. Este conducto tiene tres lados y consiste de tablas de 2,5 x 20 cm. Su tamaño disminuye gradualmente hacia la parte baja del campo.



*Figura 192.—Otro modelo de conducto de madera.*

En el costado del conducto pueden verse varios orificios blancos que dejan pasar las aguas en pequeños chorros hacia los surcos. Estos orificios son tapas corredizas de metal que cubren agujeros de 2,5 cm., taladrados en el conducto para dejar salir la cantidad de agua que se desee. Un pedazo de alfarjía realiza la misma función, pero no con igual eficiencia.

Un conducto de madera más simple, en forma de V, es señaladamente adecuado para campos muy inclinados, siendo eficaz aun en declives mayores de 4 por ciento. Cada sección consiste de dos tablas clavadas juntas en la pared inferior y reforzadas transversalmente en la parte superior. Las secciones deben trasladarse unas con otras para formar el conducto cuesta abajo y los escapes se evitarán tapando los empalmes con pedazos de sacos viejos.

La figura 192 muestra una sección enchufada en la otra y sostenida por un marco de tablas de 2,50 cm. Obsérvense los travesaños encima, de los cuales se necesitan tres para cada sección, uno en cada extremo y otro al centro.

Los conductos de madera en forma de V se construyen con facilidad, se instalan sin dificultad y se quitan fácilmente al final de la temporada. Servirán para muchas temporadas de riego si se les presta el debido cuidado y no se dejan a la intemperie.

Puede ocurrir que un solo canal principal de riego no sea bastante para encauzar las aguas y que se requieran canales auxiliares.

La parte superior de la figura 193 representa un campo de 400 metros de extensión con un solo canal principal de riego en la parte más alta, por cuya razón se necesita agua en cantidades excesivas para obtener una conveniente

DIAGRAMA DEMOSTRANDO EL DESPERDICIO DE AGUA QUE SOBREVIEENE CUANDO SE USA UN NÚMERO INSUFICIENTE DE CANALES DE RIEGO

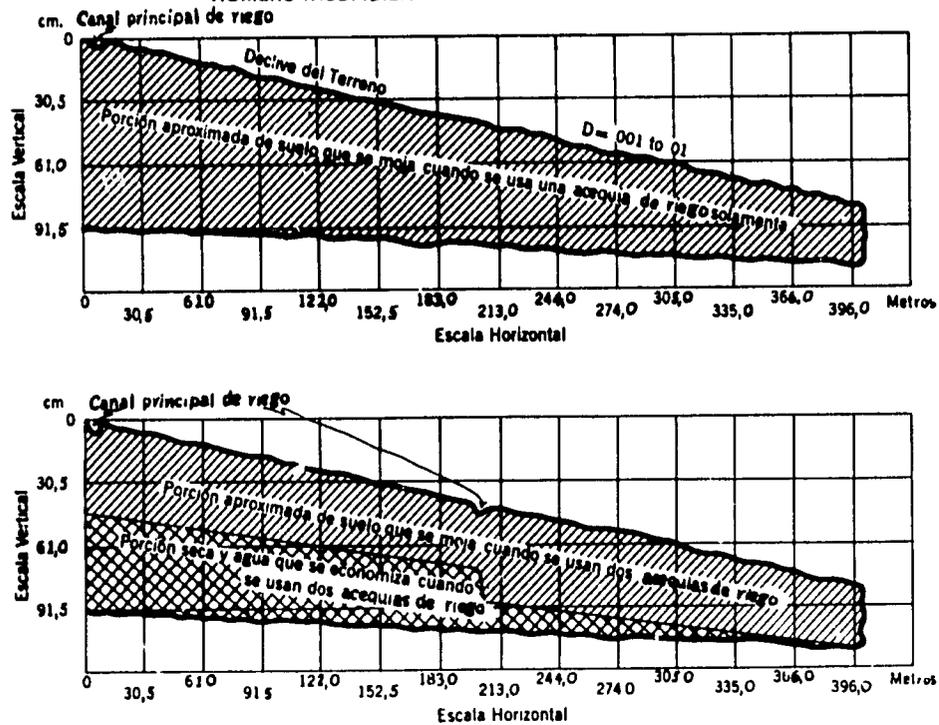


Figura 193.—Economía de agua, suelo y elemento nutritivos.

penetración del agua en la parte más baja. En consecuencia, las aguas se infiltran a mayor profundidad de la necesaria para el desarrollo de las plantas en el extremo más alto. En esta forma el agricultor desperdicia las aguas de riego y éstas arrastran los elementos nutritivos del suelo

La parte inferior de la figura 193 muestra el mismo campo con dos canales de alimentación. El canal secundario tiene su propio sistema de diques, recoge las aguas excedentes de la parte alta y las redistribuye en la parte baja. Así se logra la humedad necesaria para el cultivo en todo el terreno sin que las aguas de riego se filtren en demasía en ningún lugar

El campo de lechugas que aparece en la figura 182 cuenta con un solo canal de riego a pesar de que las hileras se extienden en 400 m. Es evidente que para proporcionar la humedad necesaria a los terrenos más bajos de este campo, el agricultor tendría que exponerse a perder los elementos de nutrición vegetal de sus terrenos y al desperdicio de las aguas. Los canales de riego secundarios son imprescindibles en este caso.

En terrenos demasiado inclinados deberán aplicarse idénticas normas, es decir, que deberán instalarse varios canales donde fuere necesario. Las aguas corren con mucho ímpetu cuando tienen que alcanzar los extremos de hileras demasiado largas y por tanto arrastran la valiosa capa superficial de los campos.

#### IV. MÉTODO PARA DETERMINAR LA HUMEDAD

Los agricultores que utilizan sistemas de riego para el cultivo de sus tierras deben disponer de un medio rápido para determinar la humedad del suelo.

El agricultor que aparece en la figura 194 nos muestra porciones de tierra extraídas de una excavación del suelo. La tierra de la mano derecha, extraída de la capa más profunda, es clara y seca. La muestra de la izquierda, procedente de las capas superiores, es negra y húmeda. Por el tacto, el agricultor conoce que el terreno claro y seco de su derecha no puede sostener la vegetación.

El comprimir el terreno con las manos para determinar si la cantidad de humedad que contiene es la necesaria para la vegetación es una prueba simple. Será señal inequívoca de que la vegetación no está falta de humedad, si el terreno conserva su forma al comprimirlo. He aquí un magnífico ejemplo del buen sentido práctico que es patrimonio de muchos agricultores.

##### 1. Requisitos de ciertas plantas.

Los agricultores que desean utilizar las aguas de riego con provecho saben que para proporcionar a sus cultivos la humedad necesaria es preciso conocer la posición aproximada de las raíces en cuanto a profundidad y extensión.

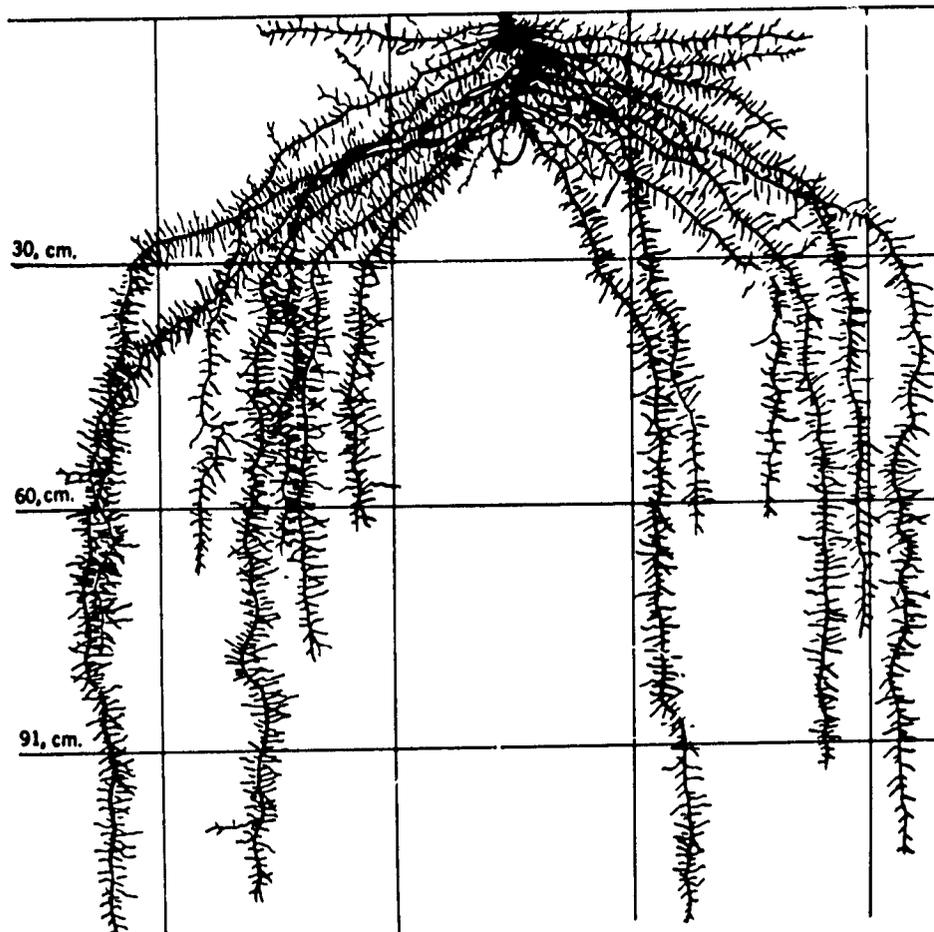
La figura 195 muestra el sistema típico de raíces de las papas. Obsérvese la distribución de las raíces de las papas a las distintas profundidades.

La composición del suelo, la humedad, las condiciones climatológicas, la



*Figura 194.—Tierra seca—tierra húmeda.*

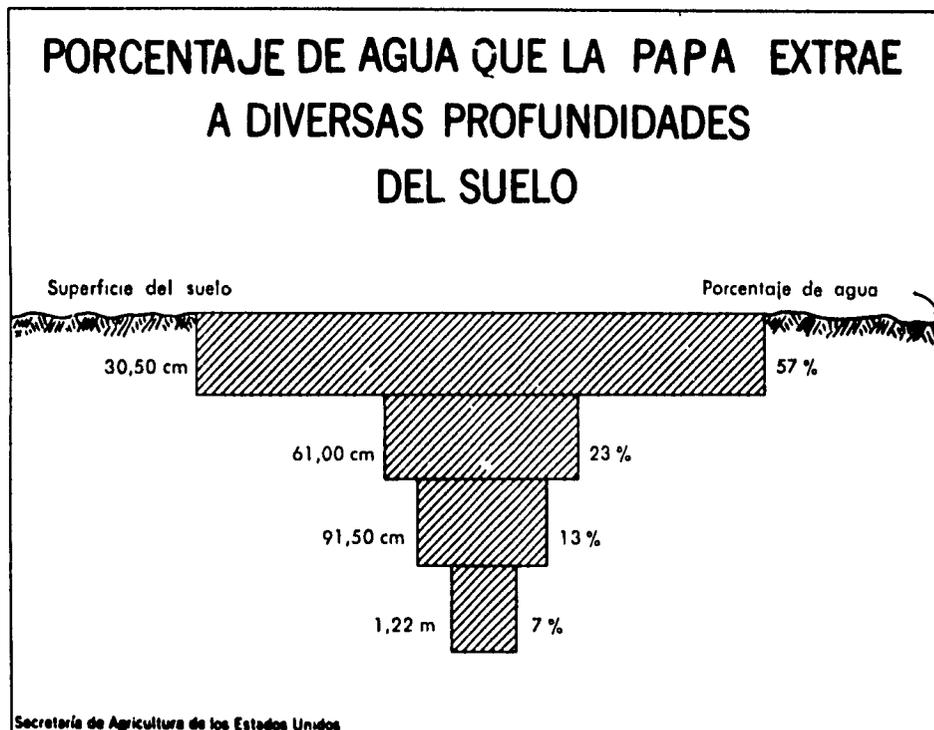
## PARTE DE LAS RAICES DE UNA PLANTA DE PAPAS ADULTA



*Figura 195.—Raíces de papas.*

fertilidad y otros factores pueden alterar el sistema de raíces de cualquier planta; además, distintas variedades de papas desarrollan diferentes sistemas de raíces. Esta figura, sin embargo, nos da una buena idea de la zona de alimentación de la papa.

La figura 196 muestra con claridad de dónde extrae la papa la mayor parte de la humedad: 57 por ciento de la capa superior del suelo, a los 30 cm. de profundidad, y 93 por ciento de la capa constituida por los primeros 90 cm. de profundidad. Compárese el diagrama con el sistema de raíces de la papa presentado en la figura 195 precedente y obsérvese su relación.



**Figura 196.**—Absorción de humedad por la papa.

La figura 197 representa varias fases del sistema de raíces de la avena en sus distintas etapas vegetativas.

Por lo regular, las raíces laterales se desarrollan normalmente (excepto en caso de lesiones recibidas durante la siembra de cultivos en hileras demasiado profundas) siempre que las raíces verticales o primarias estén en condiciones saludables de crecimiento.

La figura 197 muestra el crecimiento de las raíces de la avena, las cuales aumentan aproximadamente 1 cm. todos los días si las condiciones del suelo son favorables.

Toda aplicación de riego debe efectuarse en armonía con el desarrollo de la vegetación y, en previsión del crecimiento de las raíces, el suelo debe mantenerse húmedo con anticipación.

Recuérdese que la composición del suelo determina su capacidad para conservar la humedad. Los suelos arcillosos conservan la humedad por más tiempo que los arenosos.

La figura 198 demuestra que según los resultados obtenidos en experimentos practicados, la avena extrae 92 por ciento del agua que contiene del primer metro de profundidad del suelo.

Los experimentos practicados durante cinco años en una zona de prueba indican que todos los cultivos, menos la alfalfa, extraen de 80 a 90 por ciento del agua que necesitan del primer metro de profundidad del suelo.

Respecto a las plantas de raíces relativamente cortas, como la papa, los cereales y la remolacha, se encontró suficiente que las aguas penetren el primer metro de profundidad del suelo para proporcionar asimismo la humedad que estas plantas necesitan a mayor profundidad, pero en el caso de plantas de raíces profundas como la alfalfa se recomienda que las aguas de riego pene-

## DESARROLLO DE LAS RAICES DE LA AVENA

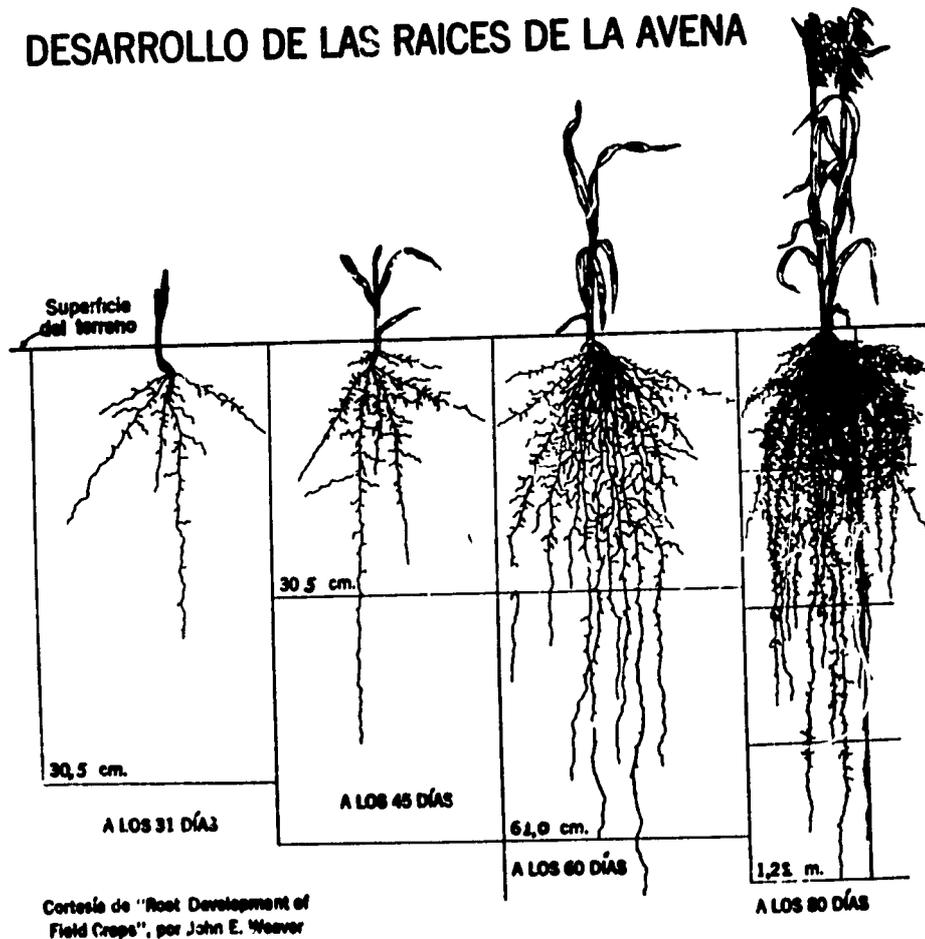


Figura 187.—Raíces de la avena.

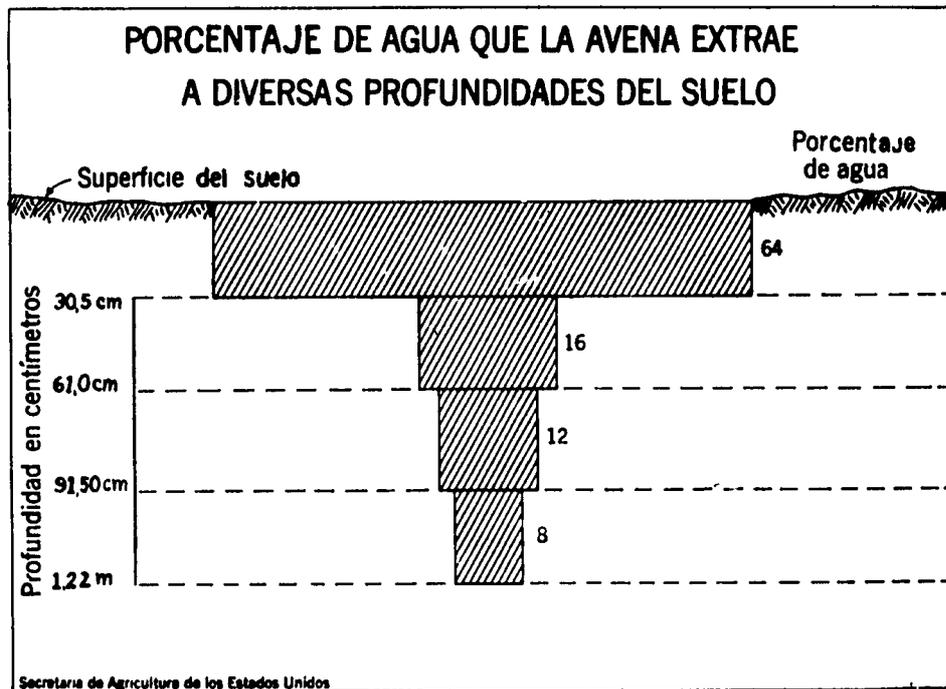
tren de 1,2 a 1,5 m. de profundidad. Se considera innecesario humedecer los terrenos desde 1,8 hasta a 2,7 m. como ocurre a veces.

Las pruebas demostraron, además que si los terrenos están en buenas condiciones, 388 mm. de agua por hectárea, incluyendo la de lluvia, produ-

cirán 177 q/ha de papas, 350 mm. producirán 17 q/ha de avena, 600 mm. producirán casi 37 tn/ha de remolachas, y 650 mm. producirán un poco más de 12 tn/ha de alfalfa.

La alfalfa tiene uno de los sistemas de raíces más profundos entre todas las plantas cultivadas bajo riego y consume gran cantidad de agua.

Las plantas jóvenes de frijoles consumen muy poca humedad, pero a medida que crecen aumenta la absorción hasta el máximo durante la formación de la cáscara y el grano. Después, el consumo de humedad disminuye gradualmente.



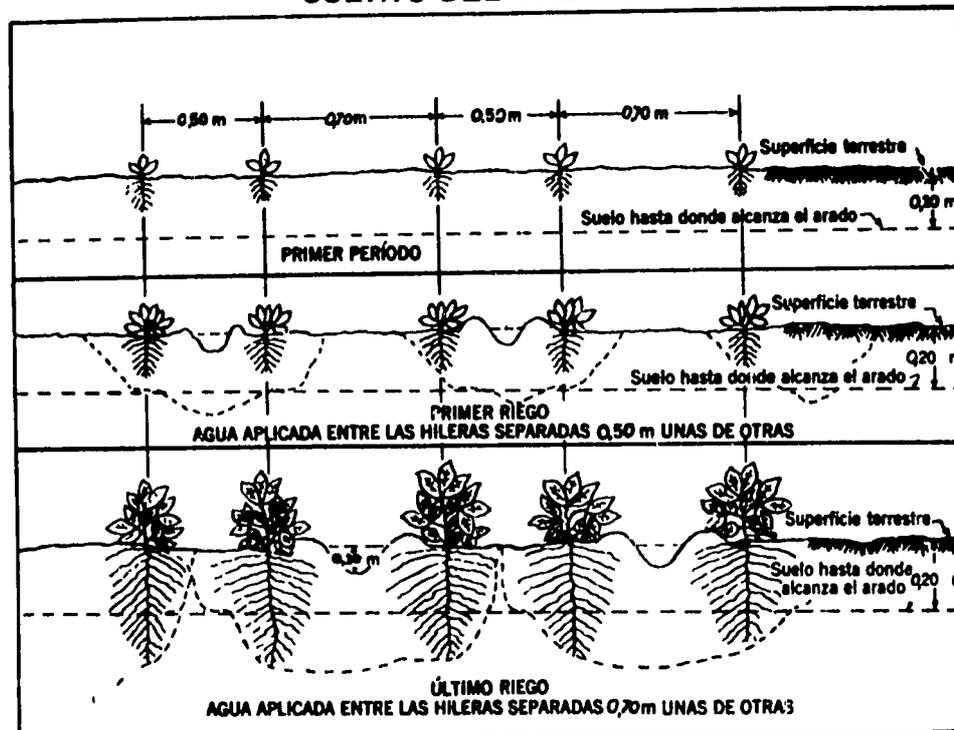
**Figura 198.—Absorción de humedad por la avena.**

En el cultivo de los frijoles, una de las formas de regular las aguas de riego consiste en utilizar surcos alternados a 45 y 65 cm. de separación, según aparece en la figura 199. Al principio, cuando las plantas están pequeñas y requieren menos humedad, el agricultor puede aplicar el riego por medio de los surcos de 45 cm., cuyas entradas de agua pueden tapiarse más tarde y desviarse la corriente hacia los surcos de 65 cm.

Este método tiene la ventaja adicional de que se podrá practicar cualquier operación de cultivo necesaria entre los surcos de 65 cm, pocos días después de regar los surcos de 45 cm., de los que las aguas no se extienden hasta el centro de los surcos de 65 cm.

Asimismo, cuando las plantas son jóvenes, se pueden hacer los surcos

## VENTAJAS DE UNA SEPARACIÓN ALTERNADA DE 0,50m y 0,70m ENTRE HILERAS CULTIVO DEL FRÉJOL



**Figura 199.**—Cultivo del frijol—separación alternada de 45 y de 65 cm.

entre las hileras de 45 cm. sin perjudicar las raíces. En las operaciones de cultivo subsiguientes se puede trabajar entre las hileras de 65 cm. sin realizar ninguna labor adicional entre las hileras de 45 cm. En esta forma las raíces nunca sufren detrimento alguno.

La experiencia ha demostrado que muchos agricultores de habichuelas acostumbran suspender las labores de riego muy pronto. El riego de este cultivo, sin embargo, debe continuarse hasta bien entrado el tiempo de la cosecha, lo que no sólo aumenta el peso sino que facilita las labores de trilla.

El agricultor que aparece en la figura 200 examina las condiciones de la superficie y del subsuelo mientras riega un campo de habichuelas. La pala le sirve para regular las aguas de riego y probar la humedad.

Hacia el fondo de la figura se puede notar una intercepción de los surcos, que se debe a una zanja auxiliar de riego para los surcos contiguos.

Este agricultor preparó el sembrado de habichuelas en surcos alternos de 45 y 65 cm. como los descritos en la página precedente, tratando así de proporcionarle la humedad adecuada, es decir, ni exceso ni falta de riego, desde la colocación de las semillas hasta la madurez de las plantas.



*Figura 200.*—Campo regadío de habichuelas. El agua corre por los surcos de 65 cm.

Aquí podemos verle observando el movimiento de las aguas de riego por los surcos de 65 cm.

## V. TRABAJOS DE EXPERIMENTACIÓN

Toda finca agrícola puede tener su propia estación experimental y todo agricultor puede separar una pequeña parcela de terreno donde ensayar la aplicación de abonos vegetales o estiércol animal y abonos químicos o combinaciones de éstos para determinar si aumentan la producción. Vale la pena realizar estos experimentos.

Los conocimientos que adquiere el agricultor al llevar a cabo pruebas prácticas en un pequeño predio de su hacienda sobre los distintos métodos rehabilitadores del suelo, le servirán de norma con mayor eficacia que toda una serie de fórmulas abstractas respecto a la mejor forma de utilizar sus campos.

Los suelos varían. El agricultor es el técnico de los terrenos de su hacienda. Debe conocerlos a fondo para mantenerlos en condiciones apropiadas para los cultivos. El agricultor previsor aumenta sus bienes por medio de cosechas buenas y escogidas aunque no se convierta en millonario.

## NUEVE REGLAS QUE DEBEN SEGUIRSE

1. Familiarícese con el subsuelo de sus campos.
2. Proceda a nivelar el terreno excepto en donde a poca profundidad se encuentre arena o cascajo o una capa dura que el arado forma al deslizarse año tras año sobre el mismo plano.

3. Restituya los elementos de nutrición vegetal removidos por los trabajos de nivelación del suelo.

4. Riegue los sembrados. Nó los inunde. Regule el movimiento de las aguas de riego. No consienta que las aguas arrastren los elementos de nutrición vegetal, produciendo la erosión de los terrenos.

5. Cuide sus tierras. Ellas constituyen depósitos de reserva de las aguas que las raíces de las plantas necesitan entre las varias aplicaciones de riego. Tratar de adivinar cuándo el terreno esté seco, húmedo en parte, o húmedo en exceso, reducirá los rendimientos. Conserve húmeda la zona de las raíces: ni húmeda en exceso, ni muy seca. Abandone la práctica de adivinar y utilice una sonda de tierra para determinar la humedad.

6. Cultive su hacienda de manera que se restituyan los elementos nutritivos del suelo. Siembre leguminosas. Entiérrelas. Practique la rotación de los cultivos.

7. Si su hacienda está en sitio con muchos vientos, proteja sus tierras contra ellos. No permita que éstos la deterioren por la erosión.

8. El cultivo de las tierras entre las varias aplicaciones de riego impedirá el crecimiento de malezas y ayudará a conservar la humedad del suelo en beneficio de la vegetación.

9. Finalmente, no tema en forma alguna realizar pruebas prácticas. Destine una pequeña parcela de su hacienda para ensayar los distintos abonos y diferentes cantidades de agua. Vale la pena este trabajo de experimentación.

## Capítulo XV

### VIVEROS

#### SELECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL TERRENO

**L**A SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS adecuados para los viveros es factor de importancia primordial en cuanto concierne a su mejor utilización. La topografía, el emplazamiento, la fertilidad y textura del suelo, y la calidad y accesibilidad del agua de riego, afectarán señaladamente el costo de producción de semillas. Otro punto digno de consideración es la proximidad de los mercados y de los lugares para el trasplante.

#### TOPOGRAFÍA Y EMPLAZAMIENTO

El sitio ideal para viveros debe ser llano, uniforme, sin piedras, moderadamente arenoso, en una terraza aluvial. Algunos terrenos altos son también satisfactorios. Es muy conveniente que el declive del terreno sea uniforme y en una sola dirección, a fin de facilitar el riego. Los declives adecuados varían, conforme a la compactibilidad del terreno, desde un mínimo de 0,25 por ciento en los suelos más compactos, en que la infiltración es lenta, hasta un máximo de 2,0 por ciento en suelos arenosos, donde la infiltración es más rápida. Los terrenos quebrados o irregulares aumentan los gastos de los viveros a tal extremo que resulta antieconómico emplazarlos en otros terrenos que no sean los mejores, aun cuando parezca alta la inversión inicial.

Al elegir el emplazamiento para un vivero deben preverse y evitarse, hasta donde sea posible, los daños de las granizadas frecuentes, siendo preferible no emplazarlo en las regiones donde éstas ocurran.

Bien sabido es que la topografía del terreno influye grandemente en la intensidad y frecuencia de las heladas que se presentan a fines de la primavera y a principios del otoño. Generalmente, los valles u honduras donde el aire no circula libremente son desventajosos para el emplazamiento de viveros, debiendo evitarse su utilización para tales fines.

#### SUELOS

La experiencia ha demostrado de manera convincente que los suelos moderadamente arenosos son los mejores para viveros. Hasta una profundidad de 40 a 50 cm., la capa superior del suelo debe consistir de suelo francoarenoso o de suelo franco de diversa textura o compactibilidad, pero los francolimosos,

más livianos aún, son bastante satisfactorios. Los suelos arcillosos se recomiendan únicamente cuando el arranque de las plantas haya de efectuarse en tepes protegidos con harpillera.

El subsuelo debe retener una proporción adecuada de humedad y a menos que haya un sistema de riego por aspersión deben evitarse los subsuelos de arena suelta, gruesa y porosa, o los de cascajo, porque necesitan regarse con frecuencia. Donde se utilice el riego por infiltración o surcos, conviene un subsuelo un poco más arcilloso a 60 cm. de profundidad para conservar la humedad al alcance de las raíces de los árboles. En lo concerniente a textura del subsuelo, considéranse satisfactorios los arcilloarenosos, francos, francolimosos o franco-arcillosos. En estos tipos de subsuelo es preciso evitar los inconvenientes de la salinidad, motivados por las sales del terreno y de las aguas.



*Figura 201.*—Vivero de árboles de hojas caducas, emplazado en una terraza.

Deben preferirse los terrenos que al hacerse su análisis cuantitativo y cualitativo revelen de 30 a 50 por ciento de arcilla, más limo, y de 50 a 70 por ciento de arena, y es conveniente que la proporción de limo y arcilla fluctúe entre 2 a 1 y 4 a 1. El exceso de arcilla (más de 20 por ciento) produce endurecimiento por desecación y quebramiento, perjudiciales a la capa superior del suelo. Las superficies arcilloarenosas no se consideran ideales a causa de su tendencia a formar costras, lo cual dificulta la germinación.

La tierra de los viveros debe ser considerablemente fértil y estar bastante libre de álcalis. La fertilidad insuficiente y la escasez de elementos nutritivos ocasionan un porcentaje relativamente alto de plantas inferiores y un aumento en el costo de producción, por lo que, para poder obtener producciones óptimas, es necesario emplear métodos apropiados de cultivo y fertilización. Dicho en términos generales, cualquier suelo moderadamente arenoso que esté rindiendo buenas cosechas de trigo, maíz o sorgos y algodón, producirá plantas satisfactorias de árboles de hojas caducas. Estos renuevos requieren suelos más fértiles y un tanto más compactos que la mayoría de las coníferas.

## CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD

Aunque el terreno seleccionado para el emplazamiento de un vivero sea fértil, no podrá utilizarse continuamente sin tomar precauciones para mantener su productividad. Además, la mayor parte de los terrenos que se elijan para viveros se habrán utilizado antes en la producción de cultivos, y es probable que sea necesarios rehabilitarlos para producir plantas de alta calidad.

La práctica de rehabilitar el suelo con abonos verdes y estiércol de animales se considera como el método más factible para conservar su productividad, pero es probable que en muchas ocasiones haya necesidad de aplicar fertilizantes comerciales, especialmente superfosfatos, a fin de complementar la fertilización.

### ABONOS ANIMALES

El estiércol de animales no contiene un porcentaje tan alto de elementos de nutrición vegetal como los fertilizantes comerciales, pero es mejor que éstos para enriquecer el suelo, mantenerlo en buenas condiciones y aumentar su facultad para absorber y retener la humedad. Durante el proceso de descomposición, en que el fósforo y otros elementos se disuelven y transforman en elementos de nutrición vegetal, los microorganismos, además de acelerar la descomposición del estiércol, afectan la materia orgánica del suelo. Si la cantidad de estiércol suministrada es abundante, la deficiencia de elementos nutritivos del suelo desaparecerá.

Es conveniente dejar que el estiércol de animales se descomponga por completo antes de aplicarlo. El abono animal fresco, especialmente si contiene un alto porcentaje de estiércol de caballo, ejerce sobre muchas plantas efectos perjudiciales, vulgarmente llamados quemadura. Además, contiene un porcentaje más alto de semillas viables de plantas perjudiciales que el estiércol bien descompuesto. Ese efecto perjudicial puede mitigarse en parte por medio del riego, conservando la humedad del suelo a un nivel relativamente alto.

### ABONOS VERDES Y OTROS FERTILIZANTES

Además del estiércol de animales, podrá necesitarse un cultivo de abonos verdes, de leguminosas o de cereales, cada cuatro años. Este cultivo debe enterrarse cuando las plantas estén aún jugosas y verdes. Los abonos verdes maduros no se descomponen rápidamente y pueden producir la germinación de semillas al siguiente año, causando gastos adicionales de escarda. Uno de los medios más eficientes para obtener el mayor beneficio del estiércol de animales consiste en aplicarlo con anterioridad a la siembra de los abonos verdes. Por otra parte, no se lograrán buenos cultivos de abonos verdes si la fertilidad del suelo es deficiente, por lo cual resulta muy conveniente la aplicación de fertilizantes, especialmente estiércol de animales, con anterioridad a la siembra.

En los viveros deben usarse preferentemente como abonos verdes las leguminosas: frijol negro, soya, veza común y chícharo forrajero, que se siembran en primavera y se entierran en verano. Son también excelentes, entre

otros cereales, el centeno y la avena. El centeno se siembra en otoño y se entierra a principios del verano, después de lo cual se siembran leguminosas.

Desde el punto de vista de la producción de los viveros, el trébol dulce y la alfalfa tienen la desventaja de ser difíciles de extirpar por tener raíces profundas y ser persistentes, pero en cuanto a enriquecer el suelo, ambos vegetales se consideran de alto mérito. La alfalfa no extiende demasiado su crecimiento en un año. Cuando se produzca un cultivo considerable, podrá dársele un pase con la grada de discos para ayudar a enterrarlo completamente. La operación de enterrar los abonos verdes debe efectuarse, por lo menos con 4 ó 6 semanas de anticipación a la siembra de los viveros, a fin de que aquéllos se descompongan suficientemente y no interfieran con la siembra o el cultivo.

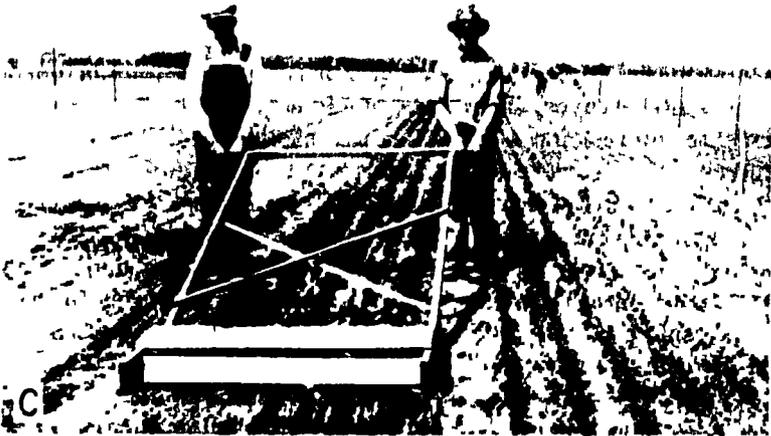
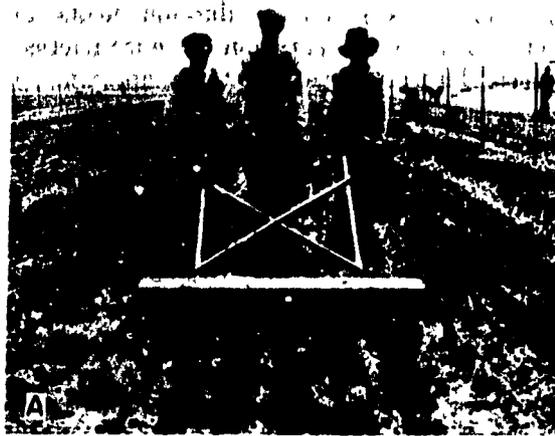
En los casos en que no sea factible usar como abono el estiércol de animales en tanta extensión como se desee debido al costo excesivo del transporte o acarreo, podrá recurrirse a fertilizantes comerciales, como polvo de huesos, sangre desecada, guano de frigoríficos, harina de torta de lino, sulfato de amonio, superfosfato y cloruro de potasio. Los fertilizantes completos, en una mezcla de 8-12-4 de sulfato de amonio, superfosfato y cloruro de potasio, han dado excelentes resultados cuando se han aplicado antes de la siembra, en proporción variable de 600 a 1000 kilos por hectárea.

## PREPARACION DEL TERRENO Y SIEMBRA

Al preparar los planes de la temporada de cultivo, debe darse consideración primordial al acondicionamiento adecuado del terreno. Puesto que la producción de los viveros constituye una forma intensiva del cultivo, es indispensable, por lo regular, prestar mayor atención al acondicionamiento del suelo que en la mayoría de otros cultivos. Una buena capa de tierra arable, cuyas condiciones físicas sean las adecuadas, es esencialísima para la labor de cultivo de los viveros. El suelo debe ser mullido a fin de procurar su mejor contacto con la semilla, facilitar la germinación y hacer más viables las labores de cultivo durante el crecimiento. La técnica de preparar el suelo en los viveros de plantas de hojas caducas, varía conforme a la textura del suelo. Los suelos sueltos exigen para la siembra menos acondicionamiento que los compactos, ya que son menos susceptibles a endurecerse y formar terrones, y es más fácil enmendar sus condiciones físicas.

El espaciamiento que rinda la mayor producción de plantas de primera clase por cada hectárea, al menor costo por millar, determinará la distancia que debe haber entre las hileras. Muchas partidas de gastos, como la siembra, cuidados en la germinación, escarda, entresaca, labor a mano, cava, y, hasta cierto punto, fuerza motriz para el equipo agrícola, riego y dirección, dependen principalmente de los kilómetros de hileras en el vivero, más bien que de las hectáreas de extensión.

Con el auxilio de los aperos de labranza modernos y la experiencia adquirida, se estima que mediante una separación de 50 a 65 cm. entre las hileras el suelo producirá el máximo de plantas útiles de la mayor parte de las especies, al



**Figura 202.**—Siembra manual de semilla de fresno de Pensilvania; fajas colocadas a intervalos de 25 cm. *A*, preparación de los surcos; *B*, siembra de la semilla; *C*, acto de cubrir la semilla.

costo más bajo por millar. Con una producción media de 18 a 24 plantas útiles por cada metro lineal, esta separación entre las hileras permitirá el desarrollo de unas 350.000 plantas por cada hectárea, aproximadamente.

En todas las especies, las condiciones de vida latente de la semilla determinan, por lo general, la estación óptima para la siembra. Las especies cuyo embrión tiene un período de vida latente y cuyo tegumento es impermeable se siembran preferiblemente en otoño, o se estratifican para luego sembrarlas en primavera. Las especies que sólo tienen un tegumento impermeable se siembran preferiblemente en primavera, después de un tratamiento para hacerlas permeables. Las especies cuya semilla no requieren descanso fisiológico deben sembrarse con preferencia en primavera.

Las semillas pequeñas deben sembrarse a menor profundidad que las grandes. Otros factores que afectan la profundidad a que debe hacerse la siembra son la textura del suelo y la estación. Es conveniente colocar la semilla a mayor profundidad en los suelos arenosos que en los arcillosos de textura compacta, porque la germinación ocurre con mayor facilidad. Cuando se trate de una misma especie, la semilla debe sembrarse en otoño a doble profundidad que en primavera.

En regiones llanas, la siguiente norma ha servido de guía para determinar la profundidad a que debe colocarse la semilla: sembrar todas las especies a una profundidad de tres veces el diámetro medio de la semilla limpia, pero nunca a menor profundidad de  $\frac{1}{2}$  cm. Esta norma, aplicable a todas las especies que se siembren en primavera en suelos de diversa textura, desde muy compactos hasta moderadamente compactos, fija la profundidad aproximada en 1,5 cm. para la mayoría de las especies de hojas caducas y se ajusta tanto a la siembra en camellones como a otras formas de cultivo. Son muy pocas las especies cuya semilla se coloca a mayor profundidad de 2,5 cm. bajo el nivel del suelo.

La cantidad de semilla que se debe sembrar para producir una densidad determinada dependerá de su poder germinativo y de la proporción en que germine la semilla. Si bien el poder germinativo de la semilla puede determinarse mediante ensayos, la proporción de semilla que germina varía considerablemente con relación a la cantidad de semilla sembrada por cada metro en las hileras. Son numerosos los factores que determinan esta proporción: textura y fertilidad del suelo, condiciones meteorológicas (especialmente en el período de germinación), esmero en el cuidado del vivero, peculiaridades del crecimiento de las especies, pérdidas a causa de enfermedades, insectos y roedores, y finalmente, el tamaño de la semilla, que es quizás lo más importante. Las especies de semillas grandes, como ciruela, albaricoque, acacia triacanta, y muchas otras que en seguida de germinar crecen robustas, tienen durante el período de germinación e inmediatamente después un coeficiente de mortalidad más bajo que las especies de semillas pequeñas como el olmo y la morera, como es lógico suponer. Los tallos de semillas pequeñas son muy delicados durante la primera etapa del crecimiento, por lo cual muchas de las plantitas germinadas pueden morir a causa del endurecimiento del suelo, el calor, el viento excesivo, la sequía, etc.

La época, densidad y profundidad de la siembra son factores de mayor importancia que el método de verificarla. Conviene que se distribuya y se cubra la semilla de manera uniforme. Las semillas duras y secas de forma esférica u ovalada pueden distribuirse fácilmente con uniformidad por medio de una sembradora mecánica. Sin embargo, no todas las semillas son propias para la siembra mecánica a causa de su forma y tamaño o tratamiento previo.

A falta de una sembradora mecánica apropiada, los jardineros han recurrido a la siembra manual de algunas semillas a fin de distribuirlas uniformemente en las hileras. Este método (figura 202) consta de varias operaciones: preparar las fajas o surcos, distribuir la semilla cubrirla, fijarla, y en algunos casos, alomar las fajas. Este método da resultados satisfactorios en viveros pequeños, pero es evidente que en viveros de gran extensión cualquier método mecánico que efectúe todas estas operaciones a la vez reduce el costo de la siembra considerablemente.

El empleo de dispositivos mecánicos ha tenido mucho éxito en la siembra de especies arbóreas de hojas caducas. Cuando se trata de semillas propias para sembrarse mecánicamente el mejor dispositivo consiste en varias sembradoras mecánicas acopladas a una armadura, que puede arrastrarse por medio de un tractor. (Véase la figura 203.)

Independientemente del método empleado, el objetivo principal ha de ser una siembra bien hecha antes que un costo bajo, puesto que en último análisis, el costo de la siembra es una parte relativamente pequeña del costo por millar de arbolitos. Una siembra barata puede salir bastante cara si a la larga la producción resulta baja.



*Figura 203.*—Vista posterior de una sembradora mecánica cuádruple.

## GERMINACIÓN

Cuando el terreno es seco, debe regarse antes y no después de la siembra, a fin de acumular humedad para el período de germinación. Generalmente el riego no es necesario durante la germinación si al verificarse la siembra el suelo tiene suficiente humedad, si se ponen en práctica las medidas de cultivo adecuadas para conservar la humedad, y siempre que para acelerar la germinación se traten las semillas de acuerdo con las prácticas recomendadas. El problema se simplifica mediante el sistema de riego por aspersión, pero la aplicación del agua causa el endurecimiento y agrietado de los suelos arcillosos. El sistema de riego por infiltración o surcos presenta un problema más complicado, puesto que en los terrenos más apropiados para viveros el mínimo de riego que puede aplicarse para obtener resultados satisfactorios es un promedio de 5 a 10 cm. Es conveniente, por lo tanto, seguir aquellas prácticas que aseguren la buena germinación de las semillas sin necesidad de riego, particularmente en donde el riego por infiltración o surcos ha de practicarse después.

Si fuere necesario regar el terreno durante la germinación, debe emplearse la cantidad mínima de agua que se requiera para humedecer el terreno sembrado. Para evitar el arrastre de la semilla, no deben inundarse las hileras, sino aplicar el riego en el espacio contiguo que queda entre ellas, evitando la formación de charcas o el estacionamiento del agua en las depresiones del terreno. Es conveniente alomar las hileras a fin de levantar el terreno y evitar el arrastre de las semillas.

## RALEO

Es una buena práctica entresacar las plantas cuando la siembra germine y se desarrolle en forma demasiado densa, lo cual asegura el óptimo desarrollo de las plantas restantes y redundará a la larga en una mayor y mejor producción.

El raleo debe efectuarse en una de las primeras escardas, o tan pronto como empiece a formarse la contextura leñosa de las plantas. Antes de formarse su cuerpo leñoso, las plantas están todavía expuestas a perecer a consecuencia de enfermedades e insectos.

Hasta donde fuere posible se extirpan las plantas más pequeñas y débiles de menor crecimiento que la generalidad. El método corriente de reducir la densidad consiste en arrancar las plantas a mano o segarlas con cuchillos o escardadoras. Las plantas en pie deben quedar uniformemente distribuidas en las fajas de terreno sembradas.

## TAMAÑO Y CALIDAD DE LAS PLANTAS

Cuando las plantas están en pleno desarrollo el agricultor debe concentrar sus actividades culturales en el logro de un alto porcentaje de plantas óptimas, en calidad y tamaño, para el trasplante al finalizar la estación, o al terminar la próxima, cuando se trate de especies que así lo exijan. En la generalidad de las especies el espesor preferible de las plantas para el trasplante es de  $\frac{1}{2}$  cm., medido a 5 cm. de altura sobre la línea de tierra. Es necesario, además, tener en cuenta los objetivos determinantes de la calidad: solidez, con-

textura leñosa, madurez, compactibilidad del sistema radicular y buena conformación del ramaje. De todos modos, la mejor práctica consiste en fomentar el desarrollo pleno de las plantas hasta mediados de la estación, e implantar las medidas de mejoramiento durante el resto de la temporada. De no hacerlo así, el jardinero tendrá que violentar el crecimiento de las plantas hacia fines de la temporada de desarrollo y en consecuencia su contextura blanda y jugosa durará bien entrado el otoño y el endurecimiento será dificultoso. Dichas plantas están más expuestas a los daños de las primeras heladas, requieren mayores cuidados para conservarlas, la sequía les produce mayores efectos, y se reduce el número de las que pueden sobrevivir.

### **HUMEDAD**

Cuando sea óptima la densidad y el suelo fértil, los cuidados del crecimiento consisten mayormente en regular la humedad. Si ésta es abundante y se distribuye bien, el crecimiento será consistente y, salvo que ocurran algunas heladas tempranas, continuará hasta fines de otoño. En tales condiciones, el ritmo del crecimiento puede decaer durante el calor estival, pero aumentará de nuevo en los primeros meses frescos del otoño. Por consiguiente, cuando se trate de especies cuyo desarrollo sea necesario retardar, las prácticas culturales aplicables durante el verano serán: (1) suspensión total del riego, y (2) aceleración del consumo de la humedad mediante la suspensión de las labores de cultivo, a fin de impartirle compactibilidad al suelo. Por el contrario, la inversión de estas prácticas incrementará el desarrollo.

### **PODA DE LAS RAÍCES**

Hasta cierto punto, la poda de las raíces es practicable en ciertas plantas de raíz primaria vertical a fin de detener el crecimiento de la parte no subterránea de la planta o alterar su sistema radicular. Para provocar el desarrollo de raíces laterales en el nogal comúnmente la poda de las raíces se hace en el verano. Es posible que la práctica de podar las raíces en el verano sea beneficiosa para otras especies de raíz primaria vertical. Esta operación debe efectuarse en un día fresco y nublado y debe regarse el suelo inmediatamente después. Este tipo de poda se efectúa por lo regular a una profundidad de 20 a 25 cm. La herramienta corriente es una excavadora curva y afilada (*U-blade shrub digger*) dispuesta de manera que no cause daños innecesarios a las plantitas.

### **RIEGO**

En los viveros de plantas de hojas caducas la intensidad y frecuencia del riego dependerá de las lluvias, tipo de suelo, características vegetativas de las especies, densidad de la siembra y tamaño deseado de las plantas. Son igualmente importantes los factores climatológicos: temperatura, velocidad del viento y humedad. El riego se efectuará principalmente durante un período de 1 a 2 meses a mediados del verano. Sin excepción alguna, el riego debe disminuirse gradualmente a fines del verano y principios del otoño hasta el mínimo indispensable para evitar que la sequía perjudique a los árboles.

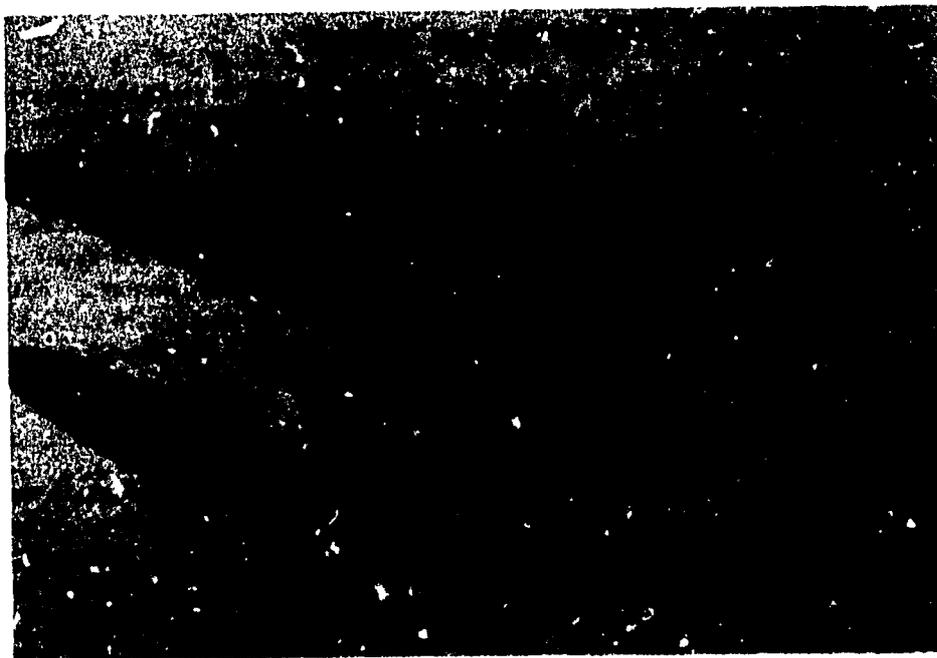
## ROBUSTECIMIENTO DE LAS PLANTAS

El proceso de robustecimiento de las plantas está sujeto mayormente a las condiciones meteorológicas. Cuando el otoño es prolongado y fresco, con un promedio normal de lluvias y heladas, aumentando estas últimas gradualmente en intensidad según pasa la estación, constituye el método natural e ideal de robustecer los arbolitos, pero como no siempre existen estas condiciones, el jardinero debe procurar que sus plantas puedan resistir los extremos de las lluvias excesivas y el calor que siguen de súbito a las heladas inclementes.

Cuando las lluvias otoñales no sean muy copiosas, el método común apropiado para aumentar la resistencia de los arbolitos consiste en regular la humedad suspendiendo el riego y las labores de cultivo en los momentos oportunos.

### CULTIVO

Las especies de hoja caduca producidas en viveros requieren el empleo de las prácticas del cultivo intensivo, que tienen por fundamento dos propósitos esenciales: disminuir la lucha de las especies, es decir, extirpar las plantas perjudiciales, y conservar el suelo en buenas condiciones físicas, a fin de permitir la aeración, la acción normal de las bacterias y la absorción de las aguas pluviales. Para que el crecimiento sea normal deben reducirse al mínimo el endurecimiento y agrietado del suelo.



*Figura 294.*— Herramientas manuales para labores de zecarda y cultivo.

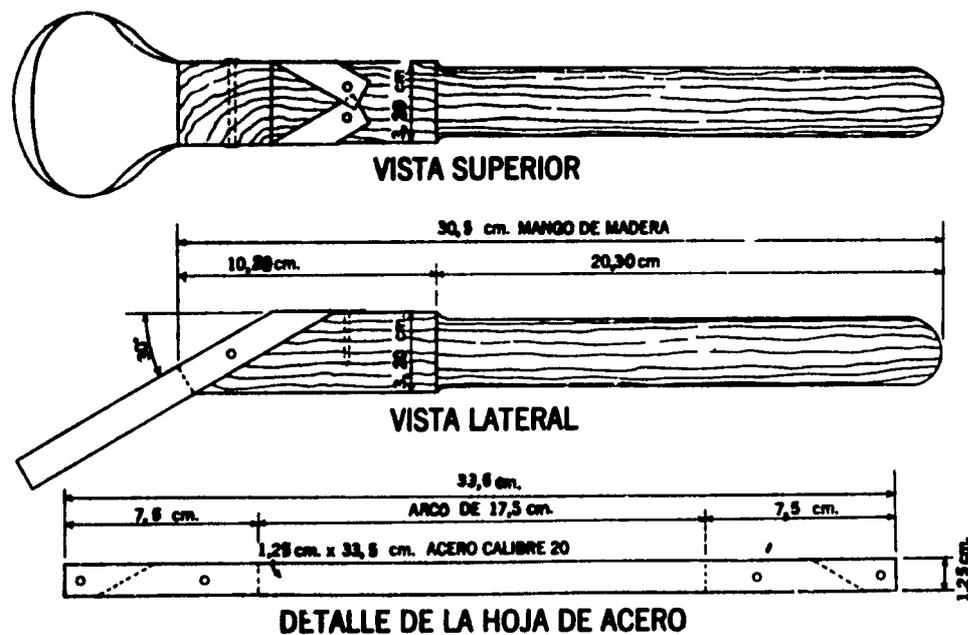


Figura 205.—Esquema de una escardadora de mano.

En gran parte el éxito del cultivo dependerá de las condiciones físicas del suelo durante la siembra. Los suelos friables o desmenuzables por naturaleza o debidamente acondicionados, se cultivan con más facilidad y mayores ventajas que los suelos compactos, aterronados o enfangados.

Los instrumentos de labranza no deben penetrar más de 5 ó 10 cm.; la labranza profunda y continua, particularmente cerca de las fajas, cercenaría las raíces poco profundas de los plántones. (Véanse las figuras 204 y 205.)

Debe insistirse en que el cultivo sea cuidadoso y acabado, pues una labor defectuosa no sólo puede ocasionar lesiones materiales a las plantitas sino extirpar una cantidad tan reducida de plantas perjudiciales que más tarde es más difícil su destrucción.

Asimismo es esencial que el cultivo se efectúe en la temporada oportuna. Las plantas perjudiciales deben destruirse en su primera etapa de crecimiento, preferiblemente antes de que alcancen 10 cm. de altura. El exceso de plantas perjudiciales invariablemente entorpece las labores de cultivo y las hace más costosas y menos eficientes a la par que provoca el consumo excesivo de humedad. Es igualmente importante elegir el momento oportuno para mejorar las condiciones físicas del suelo. Las labores de cultivo deben realizarse a raíz de las lluvias o después del riego, cuando se haya escurrido el agua, para evitar que el suelo se endurezca, agriete o aterrone, procurando que la tierra permanezca suelta, mullida y friable hasta una profundidad de 5 cm.

El riego y otras labores de cultivo deben disminuirse gradualmente a mediados del verano y suspenderse de cuatro a seis semanas antes de ocurrir

las heladas perjudiciales. Esto depende en parte de la permeabilidad del suelo y del tamaño de los arbolitos. La extinción gradual de la humedad endurecerá el tejido leñoso y sobrevendrá el período de reposo vegetativo. Cuando esto ocurre los arbolitos adquieren mayor resistencia contra los efectos de las heladas severas y la parte del tallo que sobresale de la tierra permanece viva.

### **PODA DEL TALLO PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA**

Si bien no se ha comprobado que cuando se trata de especies de hojas caducas sea beneficioso podarlas para que aumente la proporción de plantas que brotan, en algunos casos, cuando se trata de arbolitos maltratados o de un sistema radicular deficiente, la poda aumenta dicha proporción. Por lo tanto, de acuerdo con los conocimientos actuales, la poda del tallo es recomendable cuando los arbolitos son de esta última categoría. La experiencia ha demostrado que la poda tiende a producir un crecimiento más bajo y más denso en los primeros años de vida de la planta, lo cual conviene en muchos aspectos, especialmente si se trata de especies arbustivas. Los arbolitos de ciertas especies pueden crecer deformes al cortarse los tallos, pero esto no se considera de importancia primaria cuando los árboles son para contrarrestar el viento. Como medida práctica, la poda del tallo es conveniente porque reduce el volumen y, por consiguiente, el costo de transportar y plantar los árboles.

Se ha demostrado que la longitud del tallo influye relativamente poco en la facultad de la planta para vegetar. Si se las poda deben ser lo suficientemente largas para que sean fácilmente visibles después de plantadas, a fin de facilitar las labores de cultivo. Se ha probado que las plantas de 25 a 50 cm. de alto son satisfactorias. Las plantas de especies arbustivas se cortan a un tamaño de 25 a 30 cm. del suelo y los de árboles a una altura de 45 cm. aproximadamente.

### **MÉTODOS ESPECIALES PARA LA PRODUCCION DE ÁRBOLES**

Los métodos descritos en las páginas que preceden para la obtención de plantas mediante la siembra en hileras con una separación de 0,45 a 1 m., y sin el empleo de sombra para proteger los arbolitos, es aplicable a la generalidad de las especies. Hay diversas especies, sin embargo, que requieren sombra y algunas que se multiplican por medio de estacas.

### **LA REPRODUCCIÓN DE ARBOLES BAJO TECHO**

Varias especies son tan delicadas en su primera etapa de vida que es mejor sembrarlas bajo techo, donde puedan cuidarse con gran esmero y protegerse fácilmente contra el sol y el viento. Algunas especies crecen muy poco en el primer año y son tan pequeñas que requieren cuidados esmerados durante la

estación en que se siembran. Frecuentemente estas especies se siembran y retienen bajo techo durante su primer año de vida y se trasplantan en la primavera subsiguiente.

Los techos pueden tener la longitud que convenga, pero se recomienda que su anchura sea de 1,20 m., a fin de proporcionar sombra a las plantas y protección contra las heladas. Es preferible la siembra en hileras o en fajas estrechas, colocadas en sentido longitudinal, a una distancia de 15 cm. mediante el empleo de sembradoras mecánicas, pero como método alternativo puede hacerse al voleo.

La operación de arrancar las plantas se realiza a mano o por medio de un arrancador de árboles que pueda extraer el lecho completo. Por lo general, esto se efectúa colocando un tractor a un extremo, fijando los arrancadores por medio de un cable que se enrolla en un cilindro acoplado al tractor.

### **TRASPLANTE**

Las especies cultivadas en viveros se trasplantan siempre después de una estación para que tengan más espacio para crecer y desarrollen un sistema de raíces mejor. Las plantas se arrancan en primavera y después de seleccionarlas para descartar las inferiores, se les podan las raíces, que se cortan a 15 cm. de longitud. Las plantas se protegen bajo cobertores de trasplante, los cuales son armaduras portátiles livianas cubiertas de lona o harpillera que se construyen de 0,75 a 1,50 m. de las zanjas de trasplante a fin de economizar tiempo.

Bajo los cobertores las plantas se colocan en cajas agujeradas de madera o aluminio de 8 pies de longitud con cabida para 48 tallos a 5 cm. de separación. Como las plantas pequeñas de especies de hojas caducas, con poca copa, pueden zafarse, los agujeros de las tablas están forrados interiormente con una tira de caucho esponjoso de 1,5 cm. de ancho y de 20 a 35 cm. de grueso para sujetar mejor el tallo de las plantas. Las tablas de trasplante se colocan en la zanja a la profundidad debida y se llena la zanja con la tierra suelta que se tenga y con la que se saque de los lados.

Se recurre también al trasplante para aprovechar las plantas medianas que no sean de calidad inferior. En algunos casos las condiciones adversas al crecimiento impiden que una serie de ellas alcance su tamaño normal durante el primer año de vida. Cuando haya escasez de plantas deben seleccionarse las mejores de dicha serie para trasplantarlas al sitio definitivo y clasificar el resto en árboles para cercas, árboles medianos para trasplantar y árboles de calidad inferior.

### **ARRANQUE Y CLASIFICACION DE LAS PLANTAS**

La operación de arrancar y clasificar exige un plan cuidadoso y una buena organización de la brigada de trabajo para realizarlo con la eficiencia máxima.

Cuando el suelo está muy seco es conveniente regar los árboles con anticipación de uno a tres días para ablandarlo y ponerlo en condiciones de

que pueda cavarse sin desgarrar las raíces, lo cual es inevitable en suelos duros y aterronados. El riego es imprescindible en los suelos compactos; los más arenosos son generalmente friables y aun estando secos no se quiebran en grandes terrones.

### **ESTACIÓN PROPICIA E IMPLEMENTOS**

Las plantas de hojas caducas en reposo vegetativo pueden arrancarse sin temor de que perezcan en cualquier fecha del otoño o primavera. Si se arrancan poco antes de plantarlas sufrirán menor daño que arrancándolas con mucha anticipación. Por el contrario, si se espera hasta la primavera para arrancarlas habrán de efectuarse las labores con rapidez, porque los árboles no permanecen en reposo vegetativo por mucho tiempo después de comenzar el tiempo cálido. En la práctica, la generalidad de estas plantas se arrancan en los meses de otoño estando ya en su período de reposo vegetativo y sin hojas.

Es preferible arrancarlas en otoño porque así se pueden clasificar, contar y reunir para entregarlas tan pronto como las condiciones del tiempo lo permitan. Además, el terreno queda libre para la próxima siembra. Las labores de primavera pueden comenzarse con la estación para distribuir mejor el trabajo. Como la temporada de otoño es breve, las plantas deben arrancarse cuanto antes a fin de terminar las labores de arranque antes de que ocurran las heladas.

Hay en el mercado excavadoras especiales cuya hoja cortante es curva, las cuales son muy eficientes para cortar las plantas por las raíces. La más útil es una excavadora de arbustos de 45 cm., montada sobre un bastidor y ruedas. Este tipo de excavadora ha demostrado mayor eficiencia que la de tirantes rígidos, ya que ofrece mayor facilidad para cortar las raíces uniformemente a la profundidad adecuada.

### **TÉCNICA DE LA CLASIFICACIÓN**

La clasificación y selección de las plantas utilizables simplifica y acelera las labores a la par que evita el tener que trabajar dos veces. Cuando se las produce para fines comerciales, la costumbre es almacenarlas bajo techo inmediatamente después de arrancadas, y que trabajadores expertos realicen allí las operaciones subsiguientes cuando tengan tiempo. Las prácticas comerciales exigen que se las clasifique en varios tamaños y clases, procedimiento que resulta práctico y económico.

Desde hace mucho tiempo se considera como norma importante para seleccionar las especies coníferas, que el peso de la parte aérea de la planta difiera relativamente poco del de la parte subterránea. La relación de peso entre estas dos partes, según la interpretan los jardineros, representa un equilibrio entre el peso de la parte aérea incluyendo el follaje y el peso de la parte subterránea, es decir, todo lo que queda por debajo de la superficie, sin tener en cuenta si la planta está verde o si ha perdido humedad. No debe confundirse con la relación de peso entre el tallo y la raíz, esto es, el peso del tronco desprovisto de hojas dividido por el peso de las raíces, ni con la relación

de peso entre las hojas y las raíces, es decir, el peso de las hojas dividido por el peso de las raíces.

Las mejores especies para la siembra tienen por lo general una proporción que fluctúa entre 1:1 y 3:1. Las que exceden de 3:1, generalmente no sobreviven tan bien después de plantadas, aunque esta proporción varía según las especies y depende del peso total y grosor de la planta. La vitalidad precaria de las plantas que tienen una gran diferencia de peso entre la parte aérea y la parte subterránea se atribuye parcialmente a la transpiración relativamente mucho mayor que la absorción y a las dificultades con que el sistema radicular puede suplir humedad suficiente a la planta.

La proporción de peso entre la parte aérea y la subterránea es por lo regular más baja en las plantas de las especies de hojas caducas que en las coníferas.

En vista de que el grueso del tallo se considera como la norma mejor y más práctica para clasificar las especies de hojas caducas, el jardinero debe adiestrar a sus clasificadores en cuanto a las especificaciones aplicables al tallo de cada especie. Cuando se determine que sólo hay una clasificación aceptable para la plantación (incluyendo las especies de tallos de primera calidad y las de tallos aprovechables), el procedimiento resulta sencillísimo y los trabajadores pueden aprender con suma facilidad a calcular el grosor de los tallos y a distinguir las diferencias desde 5 hasta 1 mm. en las especies de tallos más delgados.

En resumen, puede decirse que los arbolitos cortos, fuertes y vigorosos, de tallos saludables, son preferibles a los largos y delgados, de tallos deficientes.

En qué parte del tallo deben calibrarse las plantas es una cuestión discutible. Hacia fines del verano pueden calibrarse en 2,5 ó 5 cm. del suelo o del cuello de las raíces y determinar la cantidad aproximada de arbolitos aprovechables. Por razones diversas, algunos jardineros verifican la calibración en el cuello de la raíz, o en la parte gruesa de la planta, exactamente debajo de la unión del tallo y la raíz. Este método ofrece la ventaja de que facilita la clasificación correcta de algunas especies, particularmente las arbustivas, que por no desarrollar un tallo central definido se clasificarían como inferiores si se tomara como norma el grueso del tallo en la superficie, a pesar de tener las raíces el peso total y desarrollo adecuados.

## **ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

Las plantas arrancadas en otoño que no vayan a plantarse en seguida, deben almacenarse durante el invierno y tenerse dispuestas para la siembra en primavera. Generalmente los arbolitos se conservan bajo techo o al aire libre.

### **ALMACENAMIENTO BAJO TECHO**

El almacenamiento en edificios es muy ventajoso para los viveros comerciales donde la clasificación y despacho de pedidos se efectúa en invierno, porque facilita en cualquier momento el acceso a las plantas almacenadas.

Su mayor desventaja estriba en la inversión considerable que requiere la construcción de un edificio adecuado. Es esencial que los edificios para almacenar plantas dispongan de espacio conveniente para guardar y cuidar los arbolitos. La regulación de la temperatura, humedad y ventilación requiere que se construyan y aislen adecuadamente.



*Figura 206.*—Almacenamiento de plantas de hojas caducas durante el invierno.

Dentro del almacén la temperatura debe aproximarse al punto de congelación para que las plantas conserven su vida latente por varios meses. La mejor temperatura puede fluctuar entre 1 a 3 grados centígrado, pero puede permitirse una temperatura de 1 grado bajo cero protegiendo bien las plantas con material que las preserve. Aparte de conservar su vida latente, la baja temperatura disminuye y mantiene a los hongos inactivos. Es fácil mantener el grado de temperatura deseada regulando correctamente la ventilación. En primavera y otoño puede hacerse bajar la temperatura en los almacenes abriendo los ventiladores por la noche, cuando la temperatura exterior sea más baja que la interior. En condiciones inversas deben cerrarse los ventiladores. Si se hace necesario subir la temperatura ocasionalmente en los días templados de invierno, los ventiladores deben abrirse por el día cuando la temperatura exterior sea superior al punto de congelación, y cerrarse por la noche.

El grado de humedad más conveniente para las plantas almacenadas fluctúa entre 85 y 90 por ciento, pues en grados inferiores pueden marchitarse y en los superiores pueden atacárlas el moho y otras enfermedades comunes en

los almacenes. Para mantener el grado de humedad apropiado es mejor conservar la humedad que contenga el aire que humedecer el material en que estén empacadas. La humedad se reduce abriendo los ventiladores y se aumenta rociando el piso y las paredes con agua. El grado de humedad debe comprobarse todos los días por medio de un higrómetro.

Aunque en los sitios donde se mantenga la debida humedad es innecesario empacar los tallos para almacenarlos, conviene protegerlos con una cubierta fina de pajas o de líquenes contra las fluctuaciones de la temperatura, y hasta cierto punto, contra las variaciones de la humedad. Si el material de empaque se mete en agua y se escurre antes de usarlo, retendrá humedad suficiente y evitará el tener que rociar frecuentemente los almacenes para que la humedad se mantenga a un grado apropiado.

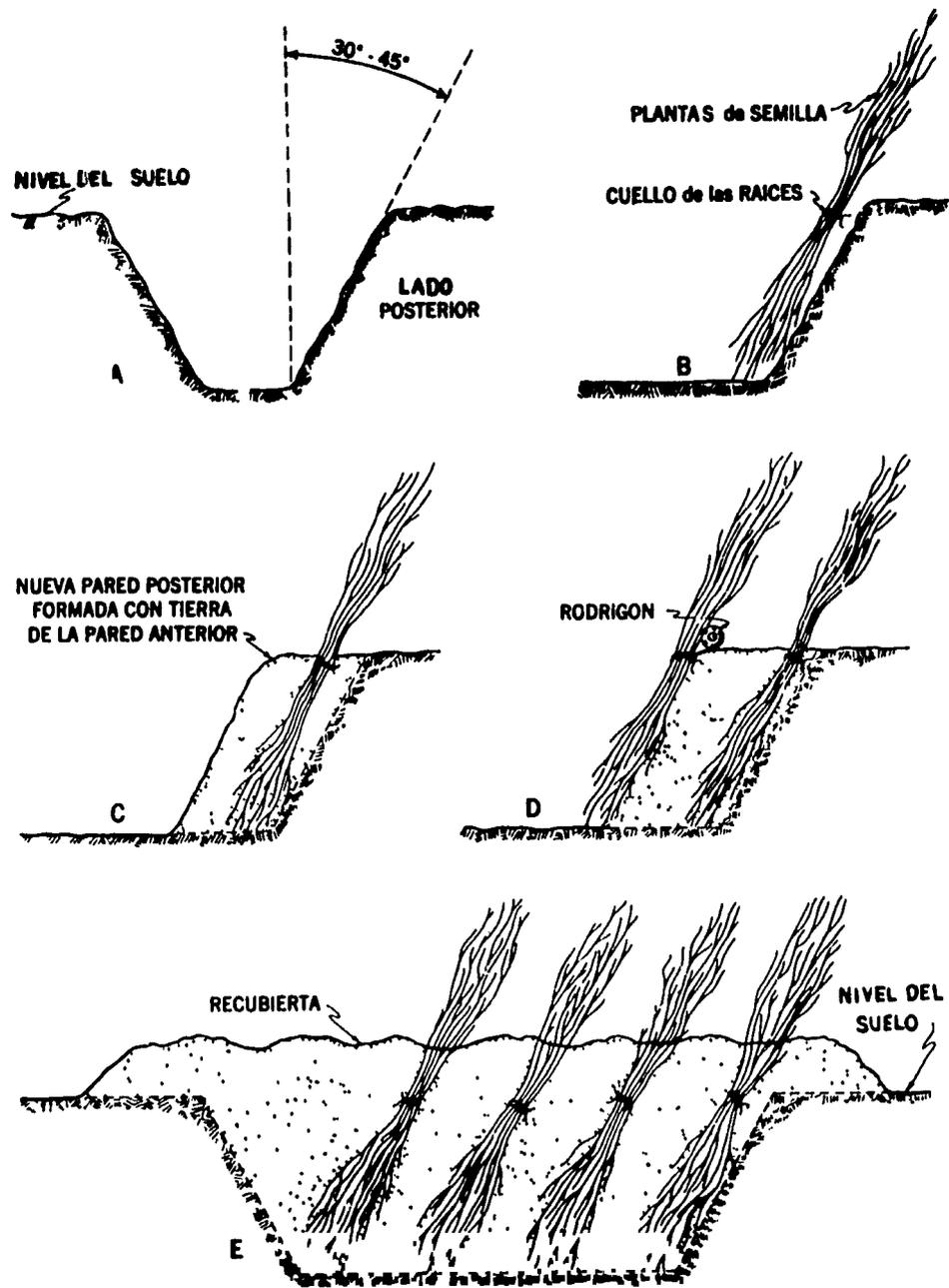
### CONSERVACIÓN AL AIRE LIBRE

Las condiciones del tiempo y del suelo para la conservación de las plantas en viveros al aire libre varían considerablemente de norte a sur. En las praderas y llanuras del sur de los Estados Unidos de América es raro que la tierra permanezca helada por mucho tiempo, por lo que pueden prepararse éstas al aire libre para conservarlas y transplantarlas a medida que sea necesario, con muy poca demora a consecuencia de las heladas. Más al norte, donde el terreno se conserva helado todo el invierno, es preciso enterrarlas antes de las heladas y conservarlas protegidas hasta el deshielo en primavera.

Los requisitos esenciales del sitio para los viveros al aire libre son: (1) suelo arenoso, (2) drenaje adecuado, (3) fácil acceso a un buen camino transitable en todo tiempo, (4) un almacén conveniente o edificio adecuado con espacio suficiente para embalar y despachar los pedidos de plantas. (Véanse las figuras 207 y 208.) Es preferible, pero no indispensable, que haya agua



*Figura 207.*—Conservación de plantas en viveros al aire libre.



**Figura 208.**—Diversas fases de la conservación de plantas en viveros al aire libre. *A*, zanja de 1 metro de ancho con lados inclinados de 30 a 45 grados de la vertical. *B*, atados de plantas puestos de manera que el cuello de las raíces (indicado por la ligadura) queda de 2,5 a 5 cm. bajo el nivel del terreno. *C*, colocación de la primera hilera y forma de preparar el terreno para la segunda. *D*, posición de la estaca de alineación. *E*, zanja con cuatro hileras de plantas.

a presión, porque si el sitio reúne las demás condiciones, la cantidad de agua necesaria será mínima y podrá llevarse al sitio cuando se necesite.

Con motivo de utilizarse el suelo para la conservación de las plantas es esencial que la capa vegetal sea arenosa y profunda y que el drenaje sea adecuado tanto en la superficie como en el subsuelo. El terreno arenoso se estabiliza alrededor de ellas cuando se riega o apisona, rellenándose todos los puntos huecos del terreno. Con buen drenaje, no se anegarán de agua los suelos arenosos y será posible enterrar o remover las plantas siempre que el terreno no esté helado. Otra razón para preferir lugares bien drenados consiste en evitar el grave daño que pueden causar a las plantas los cambios de la congelación y el deshielo en los viveros de conservación al aire libre.

En las regiones donde alternan las temporadas de congelación con las de deshielo e imperan los vientos secos en el invierno, los viveros pueden cubrirse con paja al finalizar el otoño para proteger las plantas y evitar que se les seque la copa. La paja impedirá también la congelación y facilitará el arrancarlas en cualquier momento. Esta práctica es muy ventajosa, especialmente en las regiones donde la siembra se hace durante los meses de invierno.

Cuando las plantas que están colocadas al aire libre comienzan a vegetar y echar hojas con motivo del aumento de la temperatura, es preciso tomar precauciones para mantenerlas en reposo vegetativo mientras se hacen los preparativos de su plantación. Lo fundamental de dicho procedimiento consiste en protegerlas contra la luz directa del sol para retardar la temperatura del suelo. Las plantas al aire libre pueden retenerse en reposo vegetativo cubriéndolas con 30 ó 60 cm. de nieve compacta. Tapando luego la nieve con mucha paja, las que se reserven para la plantación a fines de la primavera permanecerán heladas el tiempo que se desee. La cubierta de nieve y paja debe extenderse más allá de los extremos de las platabandas para evitar el deshielo por los lados y debe colocarse después que la escarcha haya endurecido la tierra hasta una profundidad de 10 a 15 cm. En la primavera la nieve se derretirá rápidamente cuando se quite la paja y el despacho de las plantas podrá comenzarse en seguida.

Una adaptación sencilla de este método consiste en enterrar las plantas en una faja de tierra de 10 a 15 m. de ancho detrás de una defensa metálica de 1,20 de alto. La nieve se acumulará sobre las plantas, pero al principio de la primavera se podrá retardar el deshielo cubriéndolas con paja. Las plantas cuya vegetación se ha retardado en esta forma echarán hojas rápidamente cuando se derrita la nieve y se quite la paja con motivo, quizá, de la mucha humedad que produce la nieve al derretirse. Si es necesario retardar el crecimiento por más tiempo, deben trasladarse en seguida a un lugar más seco.

Como último recurso, si las plantas comienzan a echar hojas antes que se sepa donde han de plantarse, lo más apropiado es pasarlas de una platabanda a otra para retardar el crecimiento por algún tiempo más.



## GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS USADOS EN EL TEXTO INGLÉS DE ESTE MANUAL

- abonos verdes—green manure**  
Cualquier clase de plantas que se voltean con el arado para enterrarlas mientras se conservan verdes o poco después de alcanzar su madurez, con el propósito de mejorar el suelo.
- agua permanente—permanent water**  
Abastecimiento de agua para el riego o para el ganado, permanente o casi permanente.
- aguas de riego—irrigation water**  
Aguas que se aplican artificialmente en las operaciones de riego. No incluyen las aguas de lluvia.
- anchura de un borde—width of border strips (irrig.)**  
Término que en el riego se refiere a la distancia que hay entre los pequeños lomos o bordes que se construyen para regular el flujo de agua sobre zonas irrigadas por inundación.
- área protegida—protected area**  
Parcela de terreno separada y cercada, o de otro modo protegida, para mantener el ganado fuera de ella, impedir el pastoreo o evitar que se use para otros fines.
- arranque (viveros)—lifting (nursery)**  
El acto de arrancar las plantas del lugar donde se han sembrado por medio de semillas o de estacas.
- avalancha—landslide**  
Véase: derrumbe
- avenamiento—drainage**  
Véase: drenaje
- barra de sedimentación—flood plain**  
Véase: ribera inundable
- caída de agua—drop, head (hydraulic)**  
Estructura para hacer caer el agua por un conducto hacia un nivel más bajo y disminuir su fuerza excesiva; caída de agua. El salto puede ser vertical o inclinado. En este último caso se le denomina a veces canal inclinado (*chute*).
- cámara de distribución (riego)—division box (irrigation)**  
Estructura para repartir las aguas y desviarlas hacia otros canales. Puede repartir la corriente a prorrata, o desviar una cantidad determinada hacia los canales, según la capacidad de éstos, sin tener en cuenta el volumen total de la corriente.
- camellón de desvío—diversion border (irrigation)**  
Camellón de tierra que se utiliza para contener o dirigir a las aguas de riego.
- canal de desvío (riego)—diversion canal (irrigation)**  
Conducto abierto para desviar las aguas de un río, una corriente u otra fuente de abastecimiento hacia las tierras que se desea regar.
- canal de terraza—terrace channel**  
Una hondonada a lo largo del lado superior del camellón de la terraza, adonde fluye el agua para su desagüe.
- canal lateral—lateral canal**  
Véase: zanja lateral
- canal principal (riego)—main canal (irrig.)**  
Canal que comienza en la fuente de abastecimiento y surte al sistema de canales laterales.
- cantero—garden bedding**  
Véase: era
- capacidad de pastoreo—grazing capacity, carrying capacity**  
Número de cabezas de ganado, de una o varias clases, que puede alimentar en condiciones satisfactorias, un terreno de pastoreo en determinada época del año por espacio de varios años, sin detrimento de las tierras o de sus otros valores y sin impedir indebidamente la utilización adecuada

- del terreno para otros fines. La capacidad de pastoreo puede expresarse también en el número de hectáreas necesarias para alimentar uno o varios animales en las condiciones precitadas.
- capa de tierra sólida—hardpan**  
Véase: tierra endurecida
- capa protectora—mulch, protective cover**  
Materias vegetales que se esparcen sobre el terreno para protegerlo del calor, conservar la humedad e impedir que se aterrone la superficie. En lugar de materias vegetales la superficie puede cubrirse con una capa de tierra mullida y friable.
- cárcava—gully**  
Surco, canal o pequeñísima garganta que forman las aguas circulantes por donde éstas corren durante y después de las lluvias, o durante los deshielos.
- clareo—selective cutting**  
Véase: corta de mejoramiento.
- clasificación de tierras—land classification**  
Clasificación de las diversas variedades de terreno de acuerdo con sus características particulares. La clasificación natural de las tierras es aquella que divide en categorías los diversos tipos naturales de terreno conforme a sus características inherentes. La clasificación de las tierras de acuerdo con su utilidad es aquella que divide las diversas clases de terreno de conformidad con sus diversos usos potenciales para el hombre, con definiciones detalladas de las categorías y su descripción cartográfica, a fin de establecer aquellas diferencias que sean de significativa importancia para el hombre.
- compuerta de división (riego)—division box (irrigation)**  
Véase: cámara de distribución
- conservación en camas al aire libre (vivores)—heel in (nursery)**  
Acto de cubrir las raíces de las plantas con tierra o arena para evitar que se sequen durante el intervalo que media entre el arrancarlas de las camas y el trasplante.
- corta de mejoramiento—selective cutting**  
Método de cortar árboles por separado, generalmente los más grandes, o pequeños grupos de éstos, garantizándose su reproducción por los que se dejan.
- cosecha de forraje verde—soiling crop**  
Plantas cosechadas en verde y que se distribuyen al ganado.
- crecimiento espontáneo de vegetación—voluntary growth, crop**  
La diseminación natural de una planta; renovación vegetativa por diseminación natural. A menudo las plantas germinan naturalmente o se diseminan por sí solas, por ejemplo, el meliloto, la mostaza y el garrachuelo.
- cobertura permanente—permanent cover**  
Toda vegetación que cubra el terreno permanentemente
- cobertura protectora—mulch, protective cover**  
Véase: capa protectora
- cobertura protectora—mulch, protective cover**  
Véase: capa protectora
- cobertura vegetal—grass cover, vegetal cover**  
Cualquier hierba más menos permanente en los terrenos se denomina cobertura vegetal. Se llama también así a la hierba con que se protegen los terrenos durante los intervalos que median entre los cultivos regulares.
- cuenca—river basin**  
Todos los terrenos regados por un río y sus tributarios.
- cultivo a nivel—contour cultivation**  
Véase: cultivos en contorno
- cultivo carpido—intensive cultivation, clean tilled crop, row crop**  
Véase: cultivo intensivo, cultivo en hileras
- cultivos de cobertura (antierosivos)—cover crop**  
Vegetación que se siembra durante los intervalos que median entre los cultivos regulares con el propósito de proteger el suelo, la cual incluye plantas de crecimiento denso y plantas que mejoran el suelo. Dicha vegetación se mantiene en el terreno durante todo el año o parte del mismo.
- cultivos densos—dense crops**  
Cereales, hierbas, leguminosas o plantaciones mixtas de hierbas y leguminosas, que se siembran al voleo o con sembradoras mecánicas en hileras a una separación de 15 a 20 cm. Se denominan así en contraste a los cultivos que se siembran en hileras a una separación de 0,60 a 1,20 m. y necesitan labores de cultivo.

- cultivos en contorne—*contour cultivation***  
Arar o cultivar las tierras en las líneas de nivel.
- cultivo en faja—*strip cropping***  
Siembras de diferentes clases de cultivos corrientes, en fajas largas de terreno de distinta anchura, a través de una ladera aproximadamente a nivel, donde alternativamente se cultivan sementeras de vegetación tupida y de vegetación escaudada.
- cultivo en hileras—*row crop***  
Siembras de maíz, algodón u otras cosechas plantadas en hileras a un metro o más de distancia, para que el trecho entre hileras pueda preservarse de malezas mientras las plantas crecen y se desarrollan.
- cultivo escaudado—*intensive cultivation, clean tilled crop, row crop***  
Véase: cultivo intensivo, cultivo en hileras
- cultivo intensivo—*intensive cultivation, clean tilled crop, row crop***  
Producción de rendimientos máximos en un área determinada mediante el tratamiento del suelo y prácticas de cultivo especiales.
- cultivo lister de hoyo—*basin listing***  
Véase: cultivo lister excavado
- cultivo lister excavado—*basin listing***  
Preparación del terreno por medio de un arado especial (*lister*) con accesorio para formar pequeñas presas en los surcos.
- cultivos protectores del suelo—*cover crop***  
Véase: cultivos de cobertura (antierosivos)
- cultivos reconstructores del terreno—*soil-building crops***  
Siembras de gran valor por el nutrimento y las materias orgánicas que agregan al suelo y que al mismo tiempo mejoran su estructura.
- declive—*grade (slope)***  
El declive o pendiente de un camino, de un canal, o del terreno. La superficie terminada del fondo de un canal, de un camino; la superficie de un terraplén o del fondo de una excavación. Cualquier superficie que se prepare para tender un conducto, un pavimento, travessafios, rieles, etc.
- densidad (de cultivos, bosques o pastos)—*density (agronomic, forest and range)***  
Grado de espesura de la vegetación que cubre o da sombra a una determinada extensión de terreno.
- derecho de vía—*right of way***  
Terrenos por donde pasa una carretera, un ferrocarril, un canal de riego, etc.
- derechos de agua—*water rights***  
La legítima autorización de usar el agua de cierta fuente o en determinada cantidad; especialmente, la adquisición de dicho derecho para el riego.
- derrumbe—*landslide***  
Desprendimiento de tierras, rocas, o ambas, desde lo alto de las pendientes escarpadas y cuyo movimiento puede ser rápido, moderado o lento, según los casos. De ordinario, el agua produce o acompaña los desprendimientos, contribuyendo a aflojar las tierras, pero los verdaderos deslizamientos no contienen suficiente agua para permitir el arrastre de la masa de la tierra.
- deslave—*leaching***  
Remoción de los componentes solubles del suelo o de otras materias por la acción de las aguas. Remoción de los álcalis del suelo por medio del riego y del drenaje.
- dique—*levee***  
Muro para proteger las tierras contra las inundaciones, o para contener la corriente.
- dique de contención—*check dams***  
Dique pequeño construido en una cárcava u otros cauces de agua para retardar la velocidad de la corriente, aminorando la erosión de los canales y aumentando la acumulación de sedimento. Los diques de contención se pueden construir de una gran variedad de materiales, incluyendo hormigón, mampostería, rocas sueltas, tablas, leños, brosa, césped, tierra, alambre, tela o metales de automóvil viejos y otros materiales.
- dique de ramas—*brush dam***  
Dique de contención compuesto de ramas entrelazadas sostenidas por estacas y alambre.
- disco—*disc***  
Instrumento agrícola para cultivar el

suelo en substitucion del arado para las labores iniciales o para rastrear los campos llenos de malas hierbas, aterronados y duros, que después de arados necesitan mejor preparacion para obtener una buena sementera. Este instrumento se compone de una hilera de discos de acero, redondos, cóncavos por un lado y convexos por el otro, con la orilla afilada para que penetre el terreno. Algunos de los tipos conocidos son: la rastra de disco común, el de un solo disco, el de doble disco, y los arados de discos

**distribución del ganado—*distribution of live-stock***

Apacentamiento del ganado en diferentes sitios de las tierras de pastoreo, de acuerdo con la cantidad de forraje disponible.

**distrito de riego—*irrigation district***

Organización que funciona bajo autorización legal para costear, construir y operar un sistema de riego

**drenaje—*drainage***

Procedimiento para dar salida y corriente a la excesiva humedad de los terrenos o a las aguas acumuladas sobre la superficie por medio de canales abiertos o subterráneos; sistema empleado para remover las aguas de una región; región de donde se extraen las aguas; cuenca de avenamiento.

**dunas—*sand hills***

Véase: lomas de arena.

**endurecimiento—*hardening of (nursery)***

Impartirle resistencia o vigor a las plantas del vivero (arbolitos, plantones, etc.). Detener el crecimiento.

**entresaca de árboles—*forest thinning or cleaning***

Entresacar un bosque: cortar los árboles jóvenes cuando su tronco haya alcanzado un diámetro de 10 cm. con el propósito de acelerar el crecimiento de los restantes. Limpiar un bosque: cortar los árboles con el propósito de eliminar los ejemplares deformes o las especies que perjudiquen o puedan perjudicar las especies superiores.

**entresacar material—*cull material***

(Silvicultura) Entresacar los troncos,

trozos de madera o árboles inservibles en el bosque.

(Pastoreo) Entresacar (de una manada de animales los ejemplares inferiores para venderlos o disponer de ellos en alguna forma.

(Viveros) Entresacar de una plantación de arbolitos para la siembra los ejemplares pequeños, lesionados o inapropiados por alguna otra causa.

**era—*garden bedding***

Método de preparar un huerto en eras o canteros. El terreno se trabaja con arado o pala en fajas estrechas, generalmente de 1 a 4 metros de ancho, con surcos intercalados. Esto tiene valor práctico donde el terreno carece de buen drenaje o donde es conveniente regar el huerto dejando correr el agua por los surcos.

**erosión—*erosion***

Desgaste del suelo producido por las corrientes, glaciares, vientos y olas.

**erosión acelerada—*accelerated erosion***

Erosión que progresa a un ritmo más acelerado que el proceso geológico normal. Erosión que sobrepasa de la que existía en las condiciones físicas naturales, como consecuencia de la destrucción de la cubierta vegetal o de alguna otra actividad del hombre.

**erosión del viento—*wind erosion***

Erosión del suelo por la acción del viento.

**erosión en cárcava—*gully erosion***

Arrastre de partículas del suelo por acción de la concentración de las aguas circulantes en distintos canales o zanjas.

**erosión eólica—*wind erosion***

Véase: erosión del viento.

**erosión laminar—*sheet erosion***

Remoción por agua corriente de la capa más o menos uniforme de material sobre una parte de la superficie del terreno.

**erosión natural—*normal erosion***

Tipo de erosión que se origina sin la intervención de ninguna actividad humana y obedece a cambios normales en la roca, suelo, declive, capa vegetal y clima.

**erosión superficial—sheet erosion**

Véase: erosión laminar

**escamonda—pruning (forest, nursery)**

Limpiar el árbol quitándole las ramas vivas o secas, a fin de aumentar su utilidad o la cantidad o valor de sus productos.

**escardadura—weeding**

El proceso de eliminar las plantas adventicias.

**escardar—to weed**

Eliminar del terreno las plantas adventicias.

**escurrimiento—runoff**

Parte de la precipitación de una zona de drenaje que se desagua por surcos hechos por la corriente. La expresión "surface runoff"—escurrimiento superficial—se aplica al que corre enteramente por la superficie del terreno.

**esparcidor—spreader (water spreader)**

Una represa o camellón de tierra con el objeto de esparcir el agua para el riego en un plan de conservación.

**esparcir el agua—water spreading, to spread water**

Desviar el agua de las cárcavas y distribuirla sobre la planicie ondulante del terreno adyacente, para el riego, el desarrollo de forraje de calidad o la conservación del agua.

**estudio de las praderas—range survey**

Un estudio total clasificado y un examen analítico de los recursos y de los problemas de administración que ofrece la pradera.

**extracción (viveros)—lifting (nursery)**

Véase: arranque

**faja buffer—buffer strip**

Véase: faja de contención

**faja de contención—buffer strip**

Faja permanente o semipermanente de césped o de otra vegetación densa que no forma parte de la rotación y se siembra aproximadamente en las líneas a nivel. Está destinada a reducir la velocidad de las corrientes y a contrarrestar la erosión de las fajas superiores.

**faja esparcidora—spreader strip**

Una faja más o menos permanente de terreno, de diversa anchura, sembrada

a nivel con plantas que reconstruyen el suelo o contrarrestan la erosión, con el fin de retardar y esparcir el escurrimiento proveniente de terreno que se cultiva más a lo alto.

**faja filtrante—filter strip**

Fajas de vegetación densa, como las hierbas y leguminosas, comúnmente de 3 a 6 metros de ancho, que se emplazan en la porción de terreno superior de los canales-terrazas a fin de que las aguas penetren en dichos canales.

**faja para el volteo—turn strip**

(Fajas paralelas que se emplean en colinas cónicas, etc.) Trocho de terreno, ordinariamente a lo largo de una cerca, sembrado de hierba, alfalfa u otra vegetación tupida, y en donde los utensilios agrícolas con que se siembra o se cultiva se pueden hacer virar para pasar de una hilera a la otra.

**fajas de contraviento—wind strip crops**

Fajas de vegetación que resisten al viento, como la hierba del Sudán, el sorgo u otros cultivos, plantados en fajas a través del terreno y generalmente en ángulo recto o perpendiculares a los vientos prevalecientes. Ordinariamente se las alterna con fajas de cultivos que requieren protección contra la erosión del viento. Las fajas podrán variar de ancho desde unos cuantos metros a más de 30.

**fajas de vegetación permanente—permanent vegetative strips**

Fajas estrechas de terreno que se cubren con vegetación permanente a fin de detener el escurrimiento y contrarrestar la acción erosiva del viento o el agua.

**familia (bot. agric. cient.)—family (bot. agric. scient.)**

Plantas que forman grupos y géneros de caracteres comunes.

**fertilidad del terreno—soil fertility**

Calidad de un terreno por la cual suministra a determinadas clases de plantas, y en sus debidas proporciones, la cantidad de elementos nutritivos que necesitan para su desarrollo, en condiciones favorables de luz, humedad y temperatura.

**foliaje—browes, forage**

Ramas y retoños que ramonean los

- animales en los arbustos, árboles y plantas sarmentosas. Una de las cuatro clasificaciones principales de forrajes. Las otras son hierbas, plantas herbáceas y malezas.
- forraje**—*feed, forage, browse*  
Forraje segado, como el heno u otro verde, y cereal o alimento elaborado para el ganado.  
Véase: **follaje**
- grado de la pendiente**—*slope*  
Véase **declive**
- heno**—*hay*  
Hierbas y leguminosas que se cortan antes de llegar a su madurez y se curan para evitar la pérdida de elementos nutritivos con objeto de usarse luego como alimento del ganado
- hierba**—*grass*  
Plantas de la familia botánica conocida como gramíneas. En las hierbas entran los cereales, cañas de azúcar, sorgos, bambúes, así como las hierbas que se encuentran en los pastos y en los terrenos de pastoreo
- intensidad de la lluvia**—*intensity of rainfall*  
Véase: **intensidad pluvial**
- intensidad pluvial**—*intensity of rainfall*  
Volumen de lluvia que se precipita en determinado instante, el cual se expresa comúnmente en pulgadas o en milímetros por hora
- labranza**—*till*  
La capacidad física del suelo para desarrollar cierta planta en particular. Término que indica la condición estructural del suelo producida por el cultivo; causada por la labranza y el cultivo.
- labranza subsuperficial**—*chiseling, subsoiling*  
Operación de cultivo que consiste en aflojar el subsuelo sin voltear la capa superficial; roturación del subsuelo.
- lecho de roca**—*bedrock*  
Cualquier roca sólida subyacente al suelo.
- leguminosas**—*leguminous plants*  
Plantas como el chícharo, la habichuela, el trébol, la alfalfa y otras, con nódulos en las raíces, y que tienen la habilidad de extraer nitrógeno del aire por medio de bacterias alojadas en los nódulos. El nombre de la planta se deriva de la palabra "legumbre" con que se designa la cápsula que encierra la semilla.
- limo**—*silt*  
Grado de división de las partículas terrosas, cuyos diámetros varían entre 0,05 y 0,002 mm., según el Sistema Internacional.
- línea a nivel**—*contour, contour line*  
Línea imaginaria sobre la superficie terrestre que une puntos de igual elevación. Línea trazada sobre un mapa para indicar la situación de puntos de igual elevación. Una serie de dichas líneas se utiliza para describir la topografía del terreno.
- línea de terraza**—*terrace line*  
Línea trazada a lo largo del terreno para construir la terraza en su debido sitio y a su debido nivel.
- línea en contorno**—*contour, contour line*  
Véase: **línea a nivel**
- lomas de arena**—*sand dunes*  
Dunas, colinas o lomas de arena formadas por el viento. Las dunas son redondas, las laderas descienden gradualmente del lado del viento y son más escarpadas del lado opuesto.
- maduración**—*hardening off (nursery)*  
Véase: **endurecimiento**
- maleza**—*weed (range)*  
Cualquier planta herbácea que no pertenece ni a las hierbas ni a familias análogas.
- malezas (agronomía)**—*weed (agronomy)*  
Plantas adventicias.
- mapa de suelos**—*soil map*  
Mapa que indica por medio de líneas de demarcación, signos y colores, la manera en que están distribuidas en una región las diferentes clases de terrenos.
- marco partidido (riego)**—*division box (irrigation)*  
Véase: **cámara de distribución**
- materia orgánica (suelo)**—*organic matter (soil)*  
Componentes orgánicos del suelo, más o menos descompuestos, que proceden comúnmente de residuos vegetales y de organismos.
- mesa**—*tableland*  
Una meseta o región elevada, llana o de terreno ondulado que se alza a 300

- o más metros sobre el nivel del mar. Una elevación llana o casi llana de terreno que se eleva sobre las tierras adyacentes.
- meseta**—*tableland*  
Véase. mesa
- meteorización**—*weathering*  
Los cambios físicos y químicos producidos en las rocas y en los minerales por agentes atmosféricos.
- niveladora de cuchilla**—*blade grader*  
Instrumento impulsado por tractor, el cual dispone de una cuchilla de ancho variable para cortar y empujar la tierra. Usada en la construcción de terrazas, caminos, zanjas, etc
- nube de polvo**—*dust cloud*  
Acumulación de polvo que levanta el aire, más o menos opaca según su densidad.
- pala buey**—*slip scraper*  
Cucharón de draga de capacidad variable, para excavar la tierra, etc, tirado por una pareja de mulas o de bueyes
- pala de corte**—*chisel (agric.)*  
Comúnmente una pala estrecha y fuerte que puede penetrar hasta una profundidad de 55 a 60 cm. y se utiliza en la preparación del terreno para aflojarlo, de modo que el agua lo penetre.
- pala excrepa (México)**—*slip scraper*  
Véase: pala buey
- pala "fresno"**—*fresno scraper*  
Implemento para mover tierra, en el cual ésta es excavada y transportada; se descarga volteando la pala sobre los deslizadores de que está provisto.
- parcela testigo**—*closed area*  
Véase: testigo
- pasto**—*pasture*  
natural—el que ha crecido espontáneamente y se utiliza para apacentar el ganado.  
permanente—el que año tras año y por largo tiempo se utiliza para el pastoreo.  
diferidos—los que se reservan para apacentar el ganado en una ocasión futura.  
sobrecargado—el que las reses han cortado tan a ras de tierra que han perjudicado la vegetación herbácea, reduciendo la producción de forraje y exponiendo los terrenos a los efectos de la erosión.
- artificial—el que vegeta mediante la aplicación de semillas de hierba, leguminosas u otras plantas.
- pastoreo continuo**—*continuous pasturing*  
Pastoreo continuo que dura toda una estación o año.
- pastoreo diferido**—*deferred grazing*  
Impedir el apacentamiento de animales en un terreno hasta que la vegetación haya crecido o hasta que la semilla haya alcanzado su completo desarrollo.
- pastoreo en rotación**—*rotation grazing*  
La utilización de distintas partes de una pradera o de un pasto en orden de sucesión.
- pastoreo excesivo**—*overstocking*  
Apacentar en un prado mayor número de animales de los que el mismo puede alimentar durante la temporada de pastoreo.
- pastoreo franco**—*open herding*  
Permitir que las ovejas o las cabras pacen libremente.
- pastoreo prematuro**—*premature grazing*  
Apacentamiento del ganado antes de que las plantas forrajeras principales hayan alcanzado suficiente desarrollo en la estación de crecimiento o antes de que el terreno se haya secado suficientemente para que el pisoteo de los animales no perjudique la vegetación forrajera.
- pastos**—*range*  
Terrenos apropiados para el pastoreo, los cuales producen mayormente plantas forrajeras espontáneas.
- perfil del suelo**—*soil profile*  
Sección transversal del suelo que comprende todos los horizontes del mismo y que se extiende hasta el material subyacente, o material madre.
- planta exótica (agric. bot.)**—*exotic plant (agric. bot.)*  
Planta que no es nativa de la región donde se encuentra.
- plantación de los bordes**—*border strip planting*  
Fajas sembradas de plantas herbáceas o leñosas en los bordes de los campos,

- canales de desagüe o en los extremos de los surcos para detener la erosión.
- plantas resistentes a la erosión—erosion-resistant crop**  
Plantas que por su crecimiento denso, sistema radicular amplio y fibroso, o características similares, protegen eficazmente el suelo contra los efectos erosivos del agua y del viento.
- poda—prunning (forest, nursery)**  
Véase: escamonda
- porosidad del terreno—soil porosity**  
Proporción del terreno que está calado de poros y cavidades. Se indica el porcentaje del espacio total del suelo que consta de orificios entre las partículas sólidas de material.
- potrero—pasture**  
Terrenos cercados donde se ha sembrado hierba, o donde la hierba, leguminosas u otras plantas crecen espontáneamente y en los cuales se deja pacer el ganado.
- pradera artificial—seeded pasture**  
Pasto sembrado de hierba por la mano del hombre, o de leguminosas u otras especies de plantas para el pastoreo del ganado.
- pradera testigo—closed area**  
Véase: testigo
- prado—meadow**  
Tierras, comúnmente húmedas, donde la hierba crece espontáneamente, las cuales se dedican al pastoreo.
- presa de desviación—diversion dam**  
Barrera para desviar las aguas o parte de ellas desde un curso de agua hacia un canal u otra clase de conducto.
- ración balanceada—balanced ration**  
Véase: ración equilibrada
- ración equilibrada—balanced ration**  
Ración que contiene los distintos elementos de nutrición, a saber, proteínas, carbohidratos y grasas en tales proporciones y cantidades que alimentarán adecuadamente a un animal durante 24 horas.
- raleo—forest thinning or cleaning**  
Véase: entresaca de árboles
- “refugar” material—cull material**  
Véase: entresacar material
- reserva de forraje—forage reserve**  
Alimento o forraje que se conserva para utilizarse cuando esté más entrada la estación, especialmente en períodos de emergencia.
- revegetación espontánea—natural revegetation**  
Reaparición de la cubierta vegetativa de una región mediante la reproducción espontánea de las plantas.
- ribera alta—second bottom**  
Aquella parte de un río o valle del mismo que es ordinariamente llana y que, situada un poco más arriba del cauce, no está expuesta a inundarse sino en casos excepcionales.
- ribera baja—first bottom**  
Véase: zona de inundación
- ribera inundable—flood plain**  
Faja de tierra llana en las orillas de un curso de agua, formada por el sedimento que la corriente arrastra y depositan las aguas muertas.
- riego por corrimiento—border irrigation**  
Sistema de riego que consiste en dividir los terrenos en fajas estrechas y largas, dispuestas a lo largo de la pendiente y separadas por camellones o bordes parciales para regular el desbordamiento y retener dentro de las fajas el agua que se desliza cuesta abajo. Los terrenos no deben ser muy quebrados o escarpados y el suelo debe ser suficientemente profundo para que pueda efectuarse la nivelación necesaria de las fajas entre los bordes.
- riesgo de incendio—fire hazard**  
El riesgo o peligro de que ocurra un siniestro con motivo de la presencia de materias inflamables junto con otras susceptibles de incendiarse.
- ripios—riprap**  
Pedasos de guijarros, ramojos y árboles amontonados o desparramados a la orilla de un río para protegerla contra la acción de las olas e impedir que las corrientes de gran velocidad socaven los márgenes.
- rodado—landslide**  
Véase: derrumbe
- rompiviento—windbreak**  
Una valla de árboles y arbustos vivos que se preservan para resguardar del viento a la vivienda, el huerto, los cercados donde se alimenta el ganado, etc.
- rotación—rotation**  
Siembra de cosechas en orden regular de

- sucesión sobre un mismo terreno. Por ejemplo, el primer año se siembra un terreno de maíz, el segundo de trigo, el tercero de trébol. Esta rotación es trienal.
- rotación conservadora del suelo—soil conserving rotation**  
Serie regular de cultivos, incluso la de plantas que tienden a conservar el suelo, durante un período de rotación bastante largo para que pueda contrarrestar los efectos dañinos de los cultivos que lo desgastan.
- rotación de los cultivos—crop rotation**  
Comúnmente, la plantación de diversos cultivos en sucesión recurrente sobre los mismos terrenos.
- rotación de potreros—pasture rotation**  
Apacentar el ganado por poco tiempo en un pasto, pasarlo luego a otro pasto y, por último, apacentarlo de nuevo en el primero.
- roturar tierra virgen—to break land**  
Roturar un césped espeso de hierbas o de hierbas y leguminosas, para lo cual se utiliza frecuentemente un arado de césped, que es un tipo especial de arado
- sección protegida—protected area**  
Véase: área protegida
- sembradora de líneas—grain drill**  
Instrumento agrícola para sembrar cereales, sorgos, leguminosas, hierbas y otras especies que pueden sembrarse en plantaciones densas. Consiste en una caja para la semilla, montada sobre grandes ruedas en ambos extremos, con agujeros a intervalos de 15 a 20 cm., en el fondo de la caja para la distribución de la semilla. Comúnmente está provisto de una serie de discos para abrir surcos y de otra serie para taparlos después de caer la semilla, o de otros dispositivos.
- serie de suelos—soil series**  
Conjunto de suelos que teniendo una génesis similar en sus horizontes, desarrollan iguales características y arreglos en sus perfiles, exceptuando la textura de la superficie, y que provienen de un mismo material madre.
- siembra al voleo—broadcast sowing of seed**  
Aplicación directa de la semilla a la tierra, operación que generalmente se efectúa a mano o por medio de una sembradora que distribuye la semilla uniformemente.
- siembra en fajas—strip planting**  
Dos o más fajas o ringleras de diferentes cultivos, que se plantan alternativamente. Generalmente, una para reconstruir el terreno, como hierba, y otra que produce erosión, como el maíz o el algodón. Por ejemplo, fajas alternas de hierba del Sudán y de algodón.
- sistema de cultivo—cropping system**  
Programa para la producción de las cosechas, el cual comprende las clases de productos cultivados, situación de los terrenos utilizados para las siembras, orden de los cultivos y extensión de terreno utilizado para cada cultivo.
- sistema de terrazas—terrace system**  
Una serie completa de terrazas construídas sobre una ladera, las que vacían el escurrimiento en un solo canal de desagüe.
- subsuelo—subsoil**  
La capa de tierra que está bajo la superficie del terreno; en términos generales, la parte del suelo que está fuera del alcance del arado.
- suelo ácido—acid soil**  
Suelo en el cual la concentración de iones de hidrógeno de su solución es mayor que aquella de los iones de hidroxilo. Suelo que revela una reacción ácida al someterse a la prueba del papel de tornasol u otro indicador.
- suelo alcalino—alkaline soil**  
Suelo cargado con suficiente cantidad de sales alcalinas, generalmente carbonato de sodio, para producir una reacción alcalina al someterlo a la prueba del papel de tornasol u otro indicador.
- suelo de adobe—adobe soil**  
Suelo arcilloso que al secarse se agrieta y rompe en bloques irregulares pero más o menos cúbicos. Las grietas son por lo regular anchas y profundas y los bloques alcanzan de 20 a 50 centímetros o más transversalmente. (Los suelos de adobe son generalmente muy compactos y contienen gran cantidad de arcilla coloidal.)
- suelo de praderas—prairie soils**  
Suelos cuya capa superficial natural es de color castaño oscuro o castaño gris,

- variando su coloración en graduaciones. En agrológica el concepto se limita a terrenos en cuyo proceso de formación no se han acumulado los carbonatos en ninguna parte del perfil del suelo.
- suelo franco—loam soil**  
Mezcla de arena, limo y arcilla que imparten al terreno sus propiedades en iguales proporciones.
- suelo maduro—mature soil**  
Suelo que mediante la evolución de los procesos naturales de formación y en equilibrio con el medio ambiente ha desarrollado bien sus características propias. Los suelos maduros se encuentran en regiones de topografía casi llana o ligeramente ondulada donde los procesos de formación han estado en evolución por espacio de siglos.
- suelo salino—saline soil**  
Suelo que contiene un exceso de sales solubles, casi siempre cerca del 0,2 por ciento, y que no es muy alcalino.
- suelo volado—blow land**  
Terreno muy susceptible a los efectos erosivos del viento.
- surcos en contorno—contour furrows**  
Véase: surcos en curvas de nivel
- surcos en curvas de nivel—contour furrows**  
Surcos poco profundos que se hacen exactamente en las curvas de nivel. Comúnmente se emplean en los pastos o tierras de pastoreo para recoger las aguas de modo que se filtren en los terrenos en vez de formar corrientes y provocar la erosión. Para hacer los surcos en curvas de nivel se emplean varios tipos de instrumentos agrícolas, entre ellos, arados, arados *lister*, arados de subsuelo, y otros.
- tanque—stock tank**  
Un tanque de madera, metal u hormigón para abrevar al ganado.
- tapiz vegetal—grass cover, vegetal cover**  
Véase: cubierta vegetal
- tapiz vegetal permanente—permanent cover**  
Véase: cubierta permanente
- tapiz vegetativo—grass cover, vegetal cover**  
Véase: cubierta vegetal
- topate (México)—hardpan**  
Véase: tierra endurecida
- terrapiplanadora "texas"—texas terracer**  
Hoja pequeña que se usa para nivelar el terreno o para construir terrazas.
- terrazza—terrace**  
Camellón o terraplén que se construye a través de una ladera para detener el escurrimiento y reducir la erosión.
- terrazza de absorción—absorption terrace**  
Una terraza a estilo de camellón que se utiliza especialmente para la conservación de la humedad. La terraza se construye exactamente a nivel a fin de que retenga el máximo de agua.
- terrazza de avenamiento—drainage terrace**  
Véase: terraza de drenaje
- terrazza de banco—bench terrace**  
Terraza que se construye en las faldas de colinas sobre laderas algo empinadas. El frente de la terraza queda bastante perpendicular o cae verticalmente sobre la próxima terraza, o más abajo de la ladera o sobre ésta misma. El frente se mantiene bajo cubierta permanente de pastos. En el banco o plano horizontal se cultivan distintas clases de plantas.
- terrazza de camellón—ridge type terrace**  
Terraza construida con un camellón bastante alto para conducir el escurrimiento de las laderas bajo pendientes no erosivas, o para esparcir el agua por el terreno de la terraza, y así retener las aguas de lluvia.
- terrazza de canales—drainage terrace**  
Véase: terraza de drenaje
- terrazza de drenaje—drainage terrace**  
Una terraza construida a estilo de camellón según el tipo de canal y que se utiliza especialmente para llevarse el agua lentamente del terreno. Esta clase de terraza se construye en un plano ligeramente inclinado de un extremo al otro. Al extremo del desagüe, el agua se vacía dentro de un canal de desagüe o un canalón.
- terrazza de escalones—bench terrace**  
Véase: terraza de banco
- terrazza de intercepción—interception terrace, drainage terrace**  
Véase: terraza de drenaje
- terreno—land**  
Agregado de condiciones naturales que constituyen la base de la producción. Sus atributos comprenden clima, configuración de la superficie, suelo, abastecimientos de agua, condiciones del subsuelo, etc. No debe emplearse esta palabra como sinónima de suelo.

**terreno labrado en hoyos—*listing, basin***

Método de labranza que consiste en preparar el terreno formando bandas estrechas y abombadas y surcos a intervalos regulares. Esto facilita la retención, penetración y distribución uniforme de la humedad y retarda la erosión en los terrenos en pendiente

**terreno mullido—*mellow soil***

Terreno que se labra o penetra con facilidad; terreno cuyas partículas, ligeramente unidas, forman una masa porosa que cede fácilmente al impacto de las fuerzas exteriores que lo rompen. Su consistencia es menor que la del terreno friable

**terreno orgánico—*organic soil***

Término general con que se designa cualquier suelo cuya parte sólida se compone mayormente de materia orgánica.

**terreno volcánico—*scabland***

Terreno caracterizado por numerosos afloramientos de lava petrificada.

**testigo—*closed area***

Superficie de pradera en la que se impide el acceso al ganado.

**tierra agrícola—*agricultural land***

Terrenos utilizados en las explotaciones agrícolas. Comprende todas las tierras de la empresa, es decir, los terrenos ocupados por las poblaciones y dependencias, caminos, canales de drenaje y de riego, abastecimientos de agua, tierra arable, bosques y toda clase de tierras de pastoreo.

**tierra de cultivo—*cropland***

Terreno comúnmente empleado para cultivos. Las tierras de cultivo incluyen pastos en rotación, tierras en barbecho de verano y otras tierras comúnmente empleadas para cultivos, pero temporalmente en desuso.

**tierra de pastoreo—*grazing land***

Terrenos comúnmente utilizados para el apacentamiento del ganado, excepto las tierras de cultivo o los pastos de rotación. No debe entenderse que este término sólo incluye las tierras adecuadas para el apacentamiento de ganado.

**tierra endurecida—*hardpan***

Capa de tierra sólida bajo la superficie del terreno, la cual no se ablanda con la humedad. Es una capa dura que im-

pide en absoluto la penetración de las raíces y del agua hacia abajo

**tierra inutilizable—*waste land***

Tierra por naturaleza improductiva e inservible. El término no debe emplearse con referencia a terrenos o bosques incultos.

**tierra turbosa—*muck***

Tierras negras integradas por materia orgánica en estado avanzado de descomposición, con un alto contenido de minerales y escasos residuos fibrosos. Su origen se debe a deficiencias en el drenaje de las tierras.

**tormenta de polvo—*dust storm***

Cualquier viento de fuerza extraordinaria que levante grandes masas de polvo. Un torbellino violento de polvo que se mueve en espirales.

**tralla—*fresno scraper***

Véase pala "fresno"

**turba—*peat***

Material no consolidado del suelo, compuesto mayormente por materia orgánica no descompuesta, que se acumula en sitios excesivamente húmedos.

**unidad de manutención animal—*animal unit***

Cantidad de alimento o forraje necesario para alimentar una vaca adulta, o el equivalente de esta cantidad necesario para otras clases de ganado y otras edades.

**uso apropiado (plantas)—*proper use (plants)***

Cantidad máxima de forraje de clase determinada que puede consumir el ganado sin perjudicar la vegetación forrajera ni las plantas asociadas con ésta ni los terrenos

**uso apropiado (pastos)—*proper use (range)***

Apacentamiento adecuado de una pradera, teniendo en consideración todos los factores importantes tales como cabezas de ganado, temporada más propia para el pastoreo, otros usos del terreno y producción total de forrajes.

**vegetación herbácea permanente—*permanent grass cover***

Terrenos cuya vegetación herbácea se mantiene por un largo período de tiempo. La hierba puede ser espontánea o sembrarse a propósito.

**vivero—*nursery***

Lugar destinado a la multiplicación y

cría de árboles hasta que llegan a un desarrollo conveniente para trasladarlos al sitio definitivo donde han de quedar. La multiplicación se realiza por medio de semillas, estacas o en otra forma.

**zanja de desagüe—*outlet ditch***

Canal destinado a encausar la corriente que procede de los desagües de terrazas; comúnmente se les designa con el nombre de "desagüe de terrazas".

**zanja de desvío—*diversion ditch***

Zanja artificial para desviar las aguas de su curso natural.

**zanja lateral—*lateral ditch***

Canal para desviar el agua de un canal principal hacia una zanja secundaria.

**zona de inundación—*first bottom***

Terrenos en las márgenes de un curso de agua, expuestos a inundaciones anuales o periódicas.

## TABLA DE MATERIAS

	Página		Página
<i>Nota</i> . . . . .	iii	<i>Capítulo III.—Prevencción y corrección de las cárcavas</i> . . . . .	70
<i>Prefacio</i> . . . . .	v	<i>Capítulo IV.—Silvicultura y conservación del suelo y de la humedad</i> . . . . .	82
<i>Capítulo I.—La erosión del suelo.</i>	1	Plantación de árboles . . . . .	83
La erosión y sus efectos . . . . .	2	Ordenación económico-técnica . . . . .	95
Erosión por lluvias y por aguas corrientes . . . . .	10	<i>Capítulo V.—Erosión de los caminos y terrenos adyacentes</i> . . . . .	109
La erosión eólica . . . . .	22	<i>Capítulo VI.—Terrazas para la conservación del suelo y del agua</i> . . . . .	116
La erosión en el pasado, el presente y el futuro . . . . .	27	Sistemas de terrazas y medidas agronómicas de prevención . . . . .	117
Consecuencias económicas . . . . .	28	Principios de hidráulica en las terrazas . . . . .	118
Técnicas para combatir la erosión . . . . .	30	Pendiente de la superficie . . . . .	118
<i>Capítulo II.—Clasificación de las tierras</i> . . . . .	33	Cálculo del escurrimiento . . . . .	120
Necesidad de un estudio . . . . .	33	Velocidad en el canal de las terrazas . . . . .	121
Clasificación de capacidades agrológicas . . . . .	34	Clases de terrazas . . . . .	122
Tierras apropiadas para cultivo . . . . .	38	Terrazas de canales . . . . .	124
Clase I. . . . .	39	Terrazas de camellón . . . . .	125
Clase II. . . . .	42	Terrazas de escalones o de bancos . . . . .	126
Clase III. . . . .	45	Protección de los canales de las terrazas . . . . .	131
Clase IV—Tierras apropiadas para cultivos ocasionales o limitados . . . . .	49	Sistemas de terrazas . . . . .	133
Clase V—Tierras impropias para cultivar, pero adecuadas para praderas y árboles . . . . .	52	Desagües de las terrazas . . . . .	134
Clase VI. . . . .	54	Situación de las terrazas de canales . . . . .	139
Clase VII. . . . .	57	Situación de las terrazas de absorción . . . . .	140
Clase VIII—Tierras no apropiadas para el cultivo ni para pastos o bosques . . . . .	60	La construcción de terrazas y los tipos de suelos . . . . .	142
Uso del estudio físico . . . . .	60	La construcción de terrazas y las prácticas de cultivo . . . . .	143
Selección de las prácticas aplicables . . . . .	62		
Plan de conservación del suelo . . . . .	66		

	Página
Especificaciones . . . . .	144
Declive del terreno . . . . .	145
Espaciamiento de las terrazas . . . . .	145
Grados de la pendiente . . . . .	147
Longitudes . . . . .	147
Perfiles transversales . . . . .	148
Trazado de las líneas básicas . . . . .	150
Construcción de las terrazas . . . . .	150
Procedimiento . . . . .	151
Trabajos suplementarios . . . . .	151
Prácticas agrícolas en terrazas . . . . .	153
<b>Capítulo VII.—Cultivos en fajas . . . . .</b>	<b>164</b>
Clases de terreno . . . . .	166
Rotaciones . . . . .	166
Terrazas y cultivos en contorno . . . . .	167
Encalado, fertilización y abonado . . . . .	168
Utilidad de la labranza y los rastros . . . . .	168
Anchura de las fajas . . . . .	169
Desagues empastados . . . . .	170
Terrenos cultivados en fajas . . . . .	171
Aumento de las cosechas . . . . .	174
<b>Capítulo VIII.—Cultivos de cobertura para conservar el suelo . . . . .</b>	<b>175</b>
<b>Capítulo IX.—Cultivos que agotan, conservan o rehabilitan el suelo . . . . .</b>	<b>181</b>
Cultivos que agotan el suelo . . . . .	181
Cultivos que conservan el suelo . . . . .	183
Cultivos que rehabilitan el suelo . . . . .	184
La rehabilitación del suelo es un proceso lento . . . . .	186
<b>Capítulo X.—Métodos de establecer, conservar y mejorar pasturas . . . . .</b>	<b>189</b>
Selección de terrenos para pradera . . . . .	190
Siembra de pastos en terrenos apropiados para cultivos . . . . .	191
Siembra de pastos en terrenos inadecuados para cultivos . . . . .	192
Terrenos cultivables abandonados que deben dedicarse a pradera . . . . .	192
Praderas inferiores en terrenos no cultivables . . . . .	193

	Página
Preparación del terreno y siembra . . . . .	194
Tratamiento de las praderas nuevas . . . . .	196
Cultivo y resiembra de pastos . . . . .	196
Usos de la cal, abonos comerciales y estiércol . . . . .	196
Exterminio de las plantas adventicias . . . . .	198
Métodos e intensidad del pastoreo . . . . .	198
Efectos de la quema de los pastos . . . . .	200
Drenaje . . . . .	200
Costos de alimentación del ganado . . . . .	201
Prácticas de pastoreo . . . . .	203
Rotación del pastoreo . . . . .	204
<b>Capítulo XI.—Conservación de la fauna . . . . .</b>	<b>206</b>
Guía para las siembras y para el aumento de la fauna en una granja modelo . . . . .	207
<b>Capítulo XII.—Conservación en campos de pastoreo . . . . .</b>	<b>213</b>
Prácticas del pastoreo . . . . .	214
Época del pastoreo . . . . .	214
Capacidad del pastoreo . . . . .	216
Distribución del pastoreo . . . . .	217
Plantas nocivas . . . . .	218
Conservación del agua . . . . .	219
Camellones y surcos en las curvas a nivel . . . . .	221
Desviación y esparcimiento del agua . . . . .	224
Abastecimientos de agua, estanques y lagunas . . . . .	225
Manantiales . . . . .	227
Pozos . . . . .	227
Restablecimiento de la vegetación . . . . .	227
Explotación pecuaria . . . . .	230
Praderas y forrajes suplementarios . . . . .	231
<b>Capítulo XIII.—Abastecimientos de agua . . . . .</b>	<b>233</b>
Abrevaderos . . . . .	233
Tierras de pastoreo . . . . .	238
Usos suplementarios . . . . .	239
Pozos . . . . .	240
Bebedores y tanques . . . . .	243
Manantiales . . . . .	245

	Página
Afluencia de las aguas a los estanques . . . . .	246
Profundidad de los estanques . . . . .	247
Protección de la cuenca de captación . . . . .	247
Extensión de la cuenca de captación . . . . .	248
Cantidad del escurrimiento . . . . .	250
Estanques excavados . . . . .	251
Represas . . . . .	253
Canales de desagüe . . . . .	255
Protección y conservación . . . . .	261
Cercas . . . . .	261
Acumulación de sedimento . . . . .	262
Inspección . . . . .	263
Sanidad . . . . .	263
<b>Capítulo XIV.—Sistemas de riego . . . . .</b>	<b>265</b>
I Reconocimiento del terreno . . . . .	265
II. Nivelación del terreno . . . . .	267
III. Aplicación de los sistemas de riego . . . . .	269
IV Método para determinar la humedad . . . . .	285
V. Trabajos de experimentación . . . . .	291
Nueve reglas que deben seguirse . . . . .	291
<b>Capítulo XV.—Viveros . . . . .</b>	<b>293</b>
Selección y conservación del terreno . . . . .	293
Topografía y emplazamiento . . . . .	293

	Página
Suelos . . . . .	293
Conservación de la fertilidad . . . . .	295
Abonos animales . . . . .	295
Abonos verdes y otros fertilizantes . . . . .	295
Preparación del terreno y siembra . . . . .	296
Germinación . . . . .	300
Raleo . . . . .	300
Tamaño y calidad de las plantas . . . . .	300
Humedad . . . . .	301
Poda de las raíces . . . . .	301
Riego . . . . .	301
Robustecimiento de las plantas . . . . .	302
Cultivo . . . . .	302
Poda del tallo para aumentar la resistencia . . . . .	304
Métodos especiales para la producción de árboles . . . . .	304
La reproducción de árboles bajo techo . . . . .	304
Trasplante . . . . .	305
Arranque y clasificación de las plantas . . . . .	305
Estación propicia e implementos . . . . .	306
Técnica de la clasificación . . . . .	306
Almacenamiento y transporte . . . . .	307
Almacenamiento bajo techo . . . . .	307
Conservación al aire libre . . . . .	309
Glosario de términos técnicos . . . . .	313

## INDICE

A	Página		Página
Abrevaderos.....	233	plantones.....	86
artificiales.....	237	cuidado de.....	91
distancia.....	235	preparación del ambiente.....	87
en regiones montañosas.....	238	protección contra el ganado.....	94
planas.....	238	incendios.....	94
naturales.....	237	replantación.....	95
permanentes.....	235	rotación.....	89
selección del lugar.....	237	selección de especies.....	83
sistema.....	238	de semillas.....	87
temporales.....	235	siembra directa.....	86
<i>Véase también Bebederos</i>		distancia de.....	93
Agua:		operaciones de.....	93
abastecimiento de.....	225, 233, 246	utilidad.....	84
canalización.....	224	viveros provisionales.....	91
conservación.....	219, 261	<i>Véanse también Bosques y Viveros</i>	
cuenca de captación.....	247		
desviación.....	224	B	
esparcimiento.....	224	Bebederos.....	243
estanques.....	225, 239, 247, 251, 253	agujeros de desagüe.....	245
manantiales.....	227, 245	altura.....	244
molinos de viento.....	227	bases.....	244
pozos.....	229, 240	circulares.....	244
sanidad.....	263	de hierro galvanizado.....	244
sedimento.....	262	de madera.....	244
<i>Véanse también Escurrimiento y Riego</i>		en "U".....	244
Aplanador.....	267	en "V".....	244
Arboles.....	12, 73	limpieza.....	245
almácigos.....	86	prefabricación.....	245
combinación de especies.....	85	<i>Véase también Abrevaderos</i>	
cortinas de abrigo.....	85	Bosques.....	5, 12
crecimiento radicular.....	87	administración.....	95
eliminación de competencia.....	90, 95	planes de.....	107
equipo para plantar.....	93	apreciación de valor.....	108
lugares libres.....	91	clareo.....	101
métodos especiales para producir.....	304	corta anual.....	106
plantaciones.....	83	ciclo de.....	106
cuidado de.....	94	selectiva.....	104
en hoyos.....	87	total.....	106
en surcos.....	87	cosecha.....	104
en terrazas.....	87	definición.....	96
época de.....	92	desmalezado.....	102
especificaciones.....	84	generalidades.....	95
objetivo.....	84	marqueo.....	106
por estacas.....	86	ordenación.....	97
temporales.....	85	poda.....	103

	Página
<b>Bosques—Continuación</b>	
protección contra incendios.....	97
contra pastoreo.....	99
raleos.....	103
vírgenes.....	96
<i>Véanse también Árboles y Viveros</i>	
<b>C</b>	
Cárcavas.....	11, 18, 70
corrección de paredes.....	73, 90
por desvío de aguas de las cabeceras.....	71
por diques de tierra.....	71, 78
por represas de gujarros y alambre.....	78, 80
de ramas.....	78, 79
de rocas sueltas.....	79
por terrazas.....	71, 72
por vegetación.....	72-78, 90
por zanjas de desvío.....	72
efectos destructivos.....	70, 71
escurrimiento, volumen de.....	78
inspección sistemática.....	80
obras permanentes.....	80
provisionales.....	78
prevención.....	71
<b>Conservación</b>	
del agua ( <i>véase Agua</i> )	
de la fauna ( <i>véase Fauna</i> )	
de los suelos ( <i>véase Suelos</i> )	
<b>Cultivos</b>	
agotadores.....	181
cobertores.....	42, 175, 177
abonos verdes.....	173, 186
artificiales.....	175, 177
desventajas.....	176
naturales.....	175, 177
semillas, kilos por hectárea...	180
ventajas.....	175
conservadores.....	183
en contorno.....	42, 154, 158, 167
en fajas.....	42, 156, 208
abonados.....	168
anchura.....	156, 169
aumento de producción.....	174
combinación con terrazas.....	156, 158, 167, 170, 174
contra vientos.....	165
de contención.....	165
desagües empastados.....	170, 172
encalados.....	168
fertilización.....	168
mantenimiento.....	171
medidas complementarias.....	168

	Página
rotación.....	166, 171, 173
siembra.....	171
tipos principales.....	164
en la pendiente.....	154
en terrazas.....	153, 167, 174, 208
en hileras cortas.....	158
intercalación.....	67, 156, 174
rehabilitadores.....	184
rotación.....	42, 67, 166, 171, 173
<b>D</b>	
<b>Desagües</b>	
artificiales.....	138, 255, 258
cañada honda.....	136
de terrazas.....	134, 153
empastados.....	136, 170, 172, 258
naturales.....	134, 256
por cárcavas.....	136
zona de distribución.....	137
<b>Dunas</b>	
fijación.....	23
fluviales.....	25
formación.....	22, 26
marítimas.....	22
movedizas.....	24
<b>E</b>	
<b>Erosión</b>	
consecuencias económicas.....	28-30
de caminos.....	109, 212
de surcos de riego.....	276
efectos.....	2, 5
eólica.....	16, 22-27
generación.....	1
geológica.....	27
laminar.....	2, 15
por aguas corrientes.....	10, 16
por animales.....	15
por canalículos.....	10, 16
por cárcavas.....	8, 11, 15, 18
por lluvias.....	8, 10, 12, 22, 118
técnicas para combatir.....	30
<b>Escurrimiento</b> .....	10, 19, 71, 78, 250, 256
cálculo.....	120
cantidad.....	250
máximo.....	120
principio hidráulico.....	116
relación con la pendiente.....	118
velocidad.....	119
<b>Estanques</b> .....	225, 239
afluencia de agua.....	246
capacidad de descarga.....	250, 255
cercas.....	261
conservación.....	261



Plantas—Continuación	Página
técnica de clasificación .....	306
trabajos de experimentación .....	291
transplante .....	305
transporte .....	307
<b>Pozos</b> .....	227, 240
bombeo .....	242
capa freática .....	241
cavados .....	241
horadados .....	241
perforados .....	241
profundidad .....	240
<b>Praderas</b> .....	
agua, abastecimiento de .....	233
drenaje .....	200
nuevas .....	196
rotación .....	191
sombra .....	203
<b>R</b>	
<b>Riego</b> .....	224, 265, 301
arrastre de semillas .....	300
canales auxiliares .....	283
de madera .....	282
caños reguladores .....	279
diques .....	279, 281
distribución .....	278
efectos en la producción .....	288
en las plantas .....	286
erosión en los surcos .....	276
excesivo .....	274-278
medidas correctivas .....	278
nivelación del terreno .....	267
pérdidas por evaporación .....	279
por infiltración .....	279
reconocimiento del terreno .....	265
regulación de aguas .....	279
sistemas .....	269
por corrimiento .....	270
por infiltración .....	270
por inundación .....	273
tubos de madera .....	279-282
zanja principal .....	279-286
<b>Rotación (véanse Arboles, Cultivos, Pastoreo y Praderas)</b>	
<b>S</b>	
<b>Subsuelo</b> .....	9, 265, 291, 294
<b>Suelos</b> .....	
análisis cuantitativo .....	294
conservación, generalidades .....	30-32
objeto .....	30
plan .....	66
prácticas agronómicas .....	39, 42, 45, 49, 52, 54, 58, 60, 62, 116, 118, 164, 181
vegetación forestal .....	82, 96

	Página
cultivos agotadores .....	181
conservadores .....	183
rehabilitadores .....	184
profundidad .....	265
protección por la vegetación .....	8
reglas que deben seguirse .....	291
rehabilitación .....	186
restauración de elementos nutritivos .....	268
sección transversal .....	265
textura .....	293
tipos .....	36, 37
trabajos de experimentación .....	291
<b>T</b>	
<b>Tanques</b> .....	243
<b>Terrazas</b> .....	71, 116, 208
caminos necesarios .....	140
canales .....	121
capacidad .....	120, 121
clases .....	122-124
colocación de estacas .....	140
combinación con fajos .....	156, 158, 167, 170, 174
construcción .....	142-153
especificaciones .....	144
procedimiento .....	151
según equipos de labranza .....	143
prácticas de cultivo .....	143
tipos de suelos .....	142
trabajos complementarios .....	151-153
verificaciones de alturas .....	153
de niveles .....	153
coeficiente de aspereza .....	121
corrección de cárcavas .....	72
de camellón (absorción) .....	123
pendientes máximas .....	125, 140, 154
reajustes horizontales .....	141
situación .....	140
de canal (drenaje) .....	123, 124, 154
pendientes máximas .....	145
protección de .....	131
situación .....	139
de escalón (bancos) .....	123, 126-130
pendientes máximas .....	145
declive medio .....	147
del terreno .....	145
desagües .....	134
espaciamiento .....	145
factores básicos .....	116
fórmula del intervalo vertical .....	146

Terrazas—Continuación	Página
generalidades.....	116
grados de la pendiente.....	147
longitudes.....	147
mantenimiento.....	153, 161
niveladoras.....	156
pala de arrastre.....	156
rastra en "V".....	156
medidas complementarias.....	118
objeto.....	122
pendientes máximas.....	122
perfiles transversales.....	148
prácticas agrícolas... 143, 153, 167, 174	174
principio hidráulico.....	118
rectificación del trazado.....	149
sección transversal.....	122
sistemas de.....	117, 133
trazado de las líneas básicas.....	149
unidad de drenaje.....	133
usos.....	72, 116
<b>Tierras.</b>	
apropiadas para cultivos.....	39
capacidad agrológica..... 34-38, 60, 63	63
clase I.....	39
II.....	42
III.....	45
IV.....	49
V.....	52
VI.....	54
VII.....	58
VIII.....	60
capacidad productiva.....	60, 106
clasificación.....	33
condiciones.....	265-267
de pastoreo (véase Pastoreo)	
estudio físico.....	33, 60
factores económicos.....	83
forestales.....	82

	Página
infértiles.....	60, 193
nivelación.....	267
potencialidad física.....	82
prácticas agrícolas, selección de... 62-66	62-66
reclasificación.....	61

V

<b>Viveros:</b>	
abonos.....	295
al aire libre.....	309
almacenamiento.....	307
bajo techo.....	304
conservación de fertilidad.....	295
cultivo.....	302
emplazamientos.....	293
especiales.....	304
fertilizantes comerciales.....	296
humedad del terreno.....	301
plantas	
arranque de.....	305
calidad.....	300
clasificación.....	305
por hectárea.....	298
por metro lineal.....	296
poda.....	301, 304
provisionales.....	91
raleo.....	300
retardación del crecimiento.....	301
riego.....	300
selección del terreno.....	293
semillas, germinación de.....	300
siembra.....	296
mecánica.....	299
suelos.....	293
transporte.....	307
trasplante.....	305
<i>Véanse también Árboles y Bosques</i>	