

***MANUAL TÉCNICO DE ESTABILIZACIÓN  
Y FORESTACIÓN DE CÁRCAVAS  
EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS***

*Andrés Fuentes Soto  
Osiris Martínez Oropesa*

**agrinfor**  
Agencia de Información  
y Comunicación para la Agricultura

La Habana, 2001

© Andrés Fuentes, Instituto de Suelos, y Osiris Martínez,  
Dirección Nacional del Servicio Estatal Forestal, MINAG, 2001  
© Sobre la presente edición:  
Agrinfor, 2001

Edición: *Ing. Carmen T. Navarro*  
Diseño: *Dis. Lucila Pastrana*  
Procesamiento computarizado: *Elena Fernández*  
Fotos de cubierta: *Miguel Guelmes*

ISBN 959-246-041-8

Agrinfor  
Ministerio de la Agricultura  
Conill y Ave. Independencia, edificio MINAG, 3er piso,  
Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba, CP10600  
Teléfonos: 81 8808 / 84 5238  
Fax: 33 5086  
E-mail: [agrinfor@minag.gov.cu](mailto:agrinfor@minag.gov.cu)

# INTRODUCCIÓN

La presencia de cárcavas en las cuencas hidrográficas significa que existe un ritmo acelerado de la erosión actual de los suelos, que en infinidad de casos se convierten en áreas de muy pocas posibilidades agrícolas.

Las cárcavas ocurren debido a excesos de escurrimientos superficiales en sitios determinados del terreno, donde el agua se concentra con mayor energía y velocidad, removiendo grandes volúmenes de suelos que deposita en otras áreas. En la mayoría de los casos, la formación de cárcavas se debe al descontrol de los escurrimientos superficiales y a la falta de estructuras adecuadas para evacuar el agua de lluvia.

En Cuba existen miles de cárcavas en todos los suelos que conforman las cuencas hidrográficas, a muchas de las cuales se les han iniciado obras de corrección, sobre todo presas de azolve (más de 22 000 tranques).

Por citar un ejemplo (Montero, 1998), en trabajos de corrección de cárcavas realizados en dos UBPC-cafetaleras, en Holguín, se llegó a retener hasta 5 cm de suelos; y mediante cálculos de la erosión potencial (Riverol, 1998) se pronosticó pérdidas de más de 36,2 cm de suelos (más de 12 % del total de la MO de los suelos). La erosión actual también ocasiona pérdidas de 50 % de los rendimientos agrícolas, 10 cm de suelos en siete años (5 000 t de suelos en solo 33 cab cultivadas, aproximadamente 200 t/ha/año). Con este trabajo de corrección casi se duplicaron los rendimientos de café en estas dos UBPC-cafetaleras.

Este manual técnico, confeccionado con la valiosa colaboración de Nicasio Castellanos, Pedro Couso, Roberto Morales y Bárbara Zamora, todos del Instituto de Suelos, tiene como objetivo fundamental apoyar los trabajos de corrección de cárcavas emprendidos por las entidades productivas estatales y privadas, incluidos los que ejecutarán las brigadas manual - mecanizadas correctoras de cárcavas en las cuencas hidrográficas del territorio nacional.

# ÍNDICE

Capítulo 1. Clasificación de las cárcavas/5

Capítulo 2. Mapificación de las cárcavas/6

Capítulo 3. Cálculo del escurrimiento superficial en las cárcavas/11

Capítulo 4. Obras priorizadas aguas arriba de las cárcavas/13

Capítulo 5. Métodos técnicos de corrección de cárcavas/21

Apéndice 1. Algunas especies de plantas que se utilizan para la corrección y estabilización de cárcavas/37

Apéndice 2. Ficha de costo elaborada de acuerdo con los proyectos de silvicultura en cárcavas (tomado de la Empresa Forestal Integral de Bayamo)/39

Bibliografía/43

# CAPÍTULO 1

## *Clasificación de las cárcavas*

Las cárcavas pueden ser consideradas como minisubcuencas hidrográficas (Suárez de Castro, 1995). Teniendo en cuenta su profundidad y su área de drenaje, se denominan *profundas* (> de 5 m de profundidad), *medianamente profundas* (de 1-5 m de profundidad), y *pequeñas* (< de 1 m de profundidad).

De acuerdo con el tamaño del área de drenaje, o sea, de la cuenca de captación (Duarte, 1994), se clasifican de la siguiente forma:

- a) pequeña, cuando la superficie de drenaje es menor de 2 ha;
- b) mediana, si la superficie de drenaje varía entre 2 y 5 ha;
- c) grande, en el caso de que la superficie de drenaje sea mayor de 5 ha.

De esta forma, una cárcava grande y profunda tendrá más de 5 m de profundidad y más de 5 ha de área de superficie. Un zanjón (cárcava) con 3 m de profundidad, en el cual se vierten las aguas de escorrentía de 30 ha recibe el nombre de “Mediano, con vertiente grande.”

La profundidad de las cárcavas se calcula escogiendo el punto medio más profundo, de lado a lado de la cárcava, desde el cual se extiende una cuerda de dimensional conocidas y se tira hacia el eje central. Para realizar la medición también se puede emplear el nivel, ubicado desde el eje central. El área de drenaje se calcula por el método conocido de determinación de área.

Por otra parte, las cárcavas se clasifican en activas y no activas; de corte vertical recto, inclinado, o con caída suave en sus taludes. Es más fácil la estabilización en las cárcavas de talud inclinado que en las de talud recto.

## CAPÍTULO 2

### *Mapificación de las cárcavas*

En los trabajos de corrección de cárcavas en cuencas hidrográficas, es necesario realizar estudios topográficos.

La mapificación consiste en llevar a un plano la representación de las diferentes cárcavas existentes en el área de trabajo, teniendo en cuenta su clasificación en pequeñas, medianas y grandes, lo que estará relacionado con la complejidad de la zona, según los trabajos a ejecutarse: topografía, tipos de suelos, vegetación, región donde estén ubicadas, y cercanía a desagües naturales en ríos perennes o no perennes.

Para la mapificación es necesario recolectar todos los materiales cartográficos existentes, así como la información referida a estudios de suelos, geológicos, de vegetación, hidrográficos y otros. La base cartográfica a emplear comprende fotos aéreas para uso fotogramétrico, hojas cartográficas 1: 10 000, hojas cartográficas 1: 5 000, y hojas cartográficas 1: 2 000.

### **Reconocimiento del área y trabajo de campo**

Se hará un reconocimiento minucioso del área de la cuenca hidrográfica, y las cárcavas se ubicarán, según sean clasificadas, a través de las coordenadas de la hoja cartográfica. Para esto deben ser verificados todos los detalles necesarios:

- Ríos, arroyos, presas y micropresas.
- Vías de comunicación.
- Bosques y matorrales.
- Pastizales, construcciones permanentes u obras civiles.
- Otros.

### *Estudios topográficos*

Para realizar la mapificación de las cárcavas en cuencas hidrográficas, así como para elaborar y ejecutar el proyecto de corrección, el cierre del perímetro normal de las cárcavas y otras actividades, con el fin de lograr un manejo eficiente en las

obras, nos apoyamos en los estudios topográficos previos del área. Estos estudios contemplan dos aspectos básicos:

- Trabajos de campo (recolección de información).
- Trabajos de gabinete (cálculos, elaboración de planos y otros).

Para realizar trabajos topográficos se necesitan los siguientes instrumentos y herramientas: cintas métricas metálicas, dos estadales (miras), machetes, palas, picos, estacas, brújula, plancheta, nivel automático y teodolito (Couso, 1987).

### *Métodos altimétricos*

Los métodos altimétricos son muy importantes en los trabajos de conservación de suelos. A continuación se mencionan los más usuales:

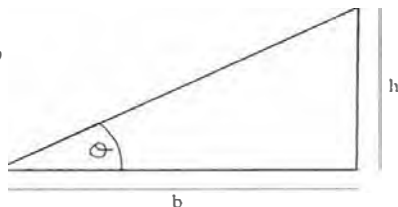
1. Determinación de pendientes.
2. Trazado de curvas de nivel.
3. Trazado de perfiles.
4. Levantamiento.

### *Determinación de pendientes*

Tiene gran importancia en la clasificación de tierras por capacidad de uso y en la proyección de prácticas de conservación de suelos, así como en estudios de escurrimientos superficiales.

Por lo general, las pendientes se expresan como relaciones porcentuales entre los componentes vertical y horizontal del relieve, y se puede expresar matemáticamente mediante la fórmula (Fig. 1).

$$P = (h/b \ 100) \% = (\tan \theta \ 100) \%$$



**Fig. 1** Cálculo de la pendiente.

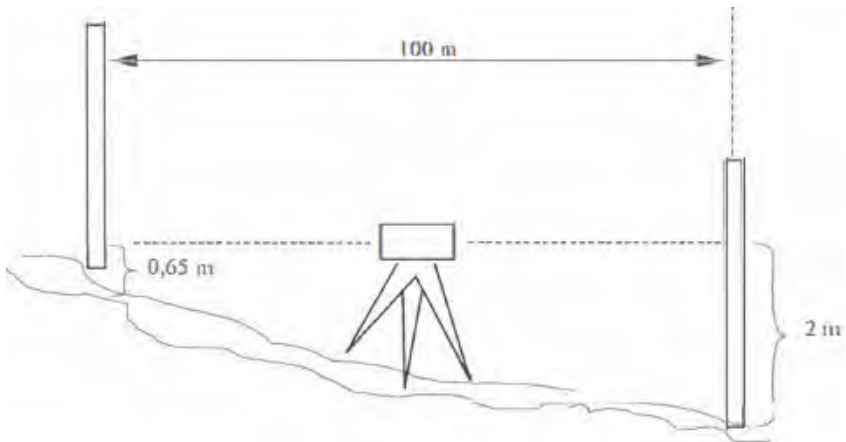
La determinación de pendientes puede llevarse a cabo, tanto por la medición de ángulos cenitales (verticales) como por la medida conjunta de las distancias y los desniveles en los puntos de las cárcavas, sobre todo al trazar las obras en el eje central y en el talud, como, por ejemplo: los muros de contención, la faja periférica de árboles, y las obras aguas arriba y abajo de la cárcava.

Las pendientes también pueden ser medidas sobre planos topográficos en el gabinete. Para esto debe buscarse un tramo que sea lo más representativo posible de la inclinación del terreno y evadir todos aquellos lugares en los cuales la superficie presenta muchos desniveles. Si el terreno es largo y aparenta tener cambios de inclinación definidos, será necesario realizar la determinación en diferentes tramos.

#### *Determinación de la pendiente mediante el uso del nivel montado*

Para llevar a cabo este método se pueden seguir dos procedimientos:

1. El nivel se estaciona aproximadamente en la mitad del tramo cuya pendiente deseamos determinar. El estaladero se sitúa cuesta arriba y cuesta abajo, según lo permita la pendiente, y se toma la lectura en ambos puntos. La diferencia entre las dos lecturas, dividida entre la separación de los puntos y, multiplicada por 100, dará la inclinación (pendiente) expresada en porcentaje (Fig. 2).



**Fig. 2** Determinación de la pendiente con el uso del nivel montado.



2. El nivel se sitúa de modo que cubra la mayor longitud de la pendiente, especialmente del lado de arriba, en el que deberá apreciarse claramente la parte baja del estadal con el hilo central. La diferencia de lecturas entre la altura de los puntos y la distancia se determina con los hilos estadimétricos, o sea, entre el hilo superior y el inferior, multiplicada por la constante del instrumento.

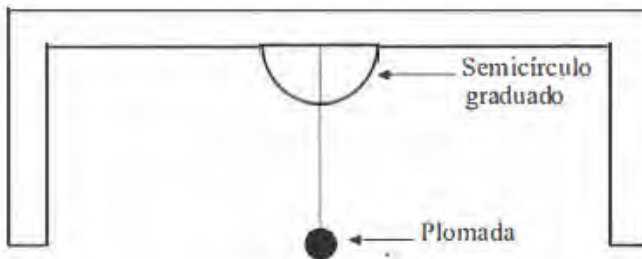
### *Determinación de la pendiente mediante el empleo del caballete*

El caballete no es más que un instrumento de fácil construcción (Figs. 3 y 4), que nos sirve para medir la pendiente del terreno y trazar puntos de igual altura en el relieve.

El caballete de plomada consiste en un burro triangular o rectangular, con dos patas de similar altura. En su centro se ubica un cordel del cual pende un peso, y en este punto se coloca un semicírculo graduado, por donde corre el hilo de la plomada, de manera que señala el desnivel existente entre las dos patas del caballete. Este se ubica cuesta abajo, se levanta y se toma el nivel. Al medir la distancia desde la pata suspendida del suelo y dividirla entre la distancia (en %) que existe de pata a pata del caballete, se obtiene la pendiente del lugar (Fig. 5).

$$P = \frac{X}{200} \cdot 100$$

Donde:  $X$ , distancia de la pata al suelo; 200 cm, distancia del caballete de pata a pata;  $P$ , pendiente (%).



**Fig. 3** Caballete rectangular.

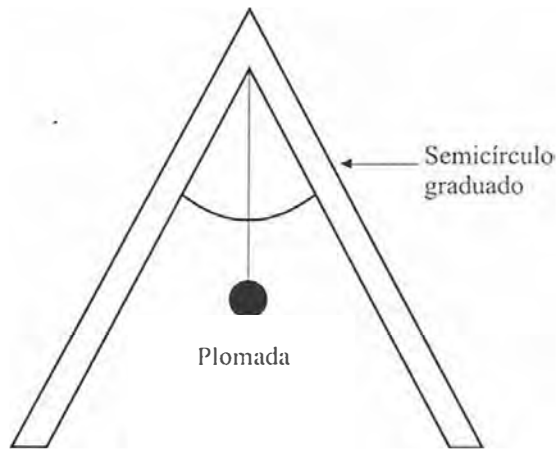


Fig. 4. Caballete de plomada.

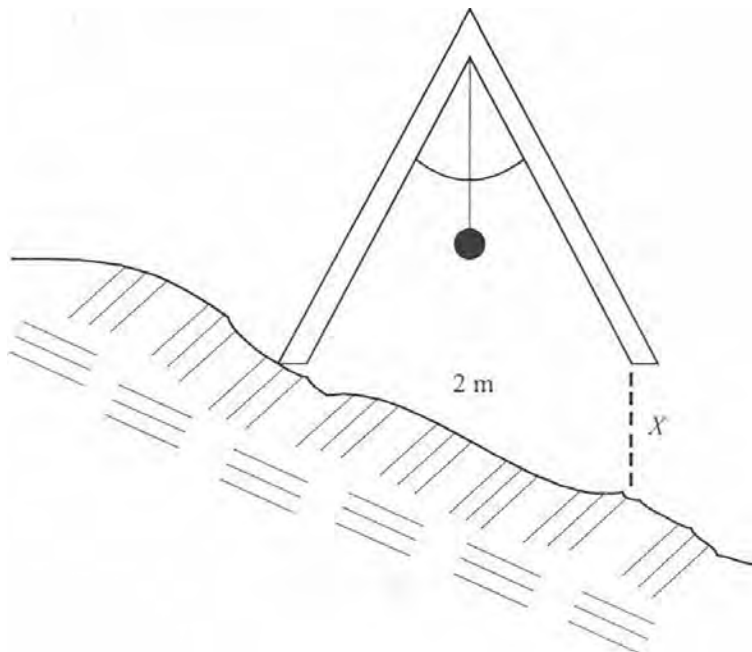


Fig. 5 Determinación de pendiente con el caballete.

## CAPÍTULO 3

### *Cálculo del escurrimiento superficial en las cárcavas*

El cálculo del escurrimiento medio en las cárcavas es necesario en dos sentidos: para calcular los almacenamientos de agua y las obras de conservación o estabilización.

#### **Cálculo del escurrimiento medio**

Para esto es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje de la cárcava y su coeficiente de escurrimiento, usando la fórmula siguiente:

$$E_m = ACP_m$$

Donde:  $E_m$ , escurrimiento medio (miles de m<sup>3</sup>);  $A$ , área de la cárcava;  $C$ , coeficiente de escurrimiento (generalmente varía de 0,10 a 0,5, no pasa de 0,35) (Tabla 1);  $P_m$ , precipitación media (mm).

Para aplicar la fórmula es necesario determinar cada uno de los factores que la integran (Ayres, 1970):

- El área de la cárcava o de drenaje se obtiene por medio de cartas topográficas, fotos aéreas o levantamiento de campo.
- El área de trabajo se localiza en un mapa isoyético de las medias anuales de la República de Cuba para determinar la precipitación media anual. En el caso que se requiera mayor precisión, es necesario recurrir a la estación meteorológica más cercana.

#### *Ejemplo del procedimiento para el cálculo del escurrimiento superficial*

- Determinar el volumen medio que puede escurrir en una cárcava de 90 ha, donde los terrenos son ondulados, de textura media-arenosa, con cultivo de cítricos, y precipitación media anual de 1 200 mm.

Tabla 1. Valores de C

Topografía Vegetación	Textura del suelo●		
	Gruesa	Media	Fina
<b>Bosques</b>			
Plano (0.5 % pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10 % pendiente)	0.250	0.35	0.50
Escarpado (11-30 % pendiente)	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Plano (0.5 % pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10 % pendiente)	0.15	0.36	0.55
Escarpado (11-30 % pendiente)	0.22	0.42	0.60
<b>Terrenos cultivados</b>			
Plano (0.5 % pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6-10 % pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11-30 % pendiente)	0.52	0.72	0.82

El coeficiente de escurrimiento para cárcava, de acuerdo con la Tabla 1, es 0,60.

$$A = 90 \text{ ha} \approx 0,9 \text{ km}^2$$

$$C = 0,60$$

$$P_m = 1\ 200 \text{ mm}$$

$$E_m = ACP_m$$

Sustituyendo:

$$E_m = 0,9 \times 0,60 \times 1\ 200$$

$$E_m = 54\ 800 \text{ m}^3$$

El objetivo fundamental de la determinación del cálculo del escurrimiento en cárcavas, es definir el tipo de obra que debemos hacer, el ancho del delantal, y su fortaleza frente al volumen del escurrimiento superficial.

## CAPÍTULO 4

### *Obras priorizadas aguas arriba de las cárcavas*

Las obras que a continuación se exponen pueden ser opcionales en dependencia del tipo de cárcava a estabilizar, inclusive es posible aplicar otras obras que no aparezcan relacionadas.

#### **Faja forestal**

La faja de árboles coincidirá con la que se planifique en el perímetro de la cárcava. Los árboles se plantarán teniendo en cuenta la preparación antierosiva del suelo, preferentemente en terrazas individuales u hoyos de plantación de 50 o 60 cm x 40 cm x 30 cm.

Para formar estas fajas forestales, lo ideal son las especies con un buen crecimiento en su primera edad, favorecido por una buena preparación de suelos tal que permita alcanzar en breve plazo el estado de manto, y con un crecimiento más bien lento en estado de latizal que origine fustes robustos y un buen desarrollo de las copas.

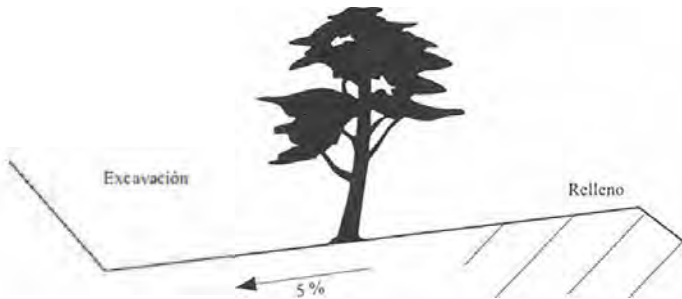
En todos los casos, la plantación de fajas de árboles se realizará a contorno, incluidas las que se sitúen en el perímetro de la cárcava y sus bordes exteriores.

#### ***Terraza individual***

Consiste en un pequeño terraplén circular u ovalado que se construye alrededor de cada árbol, con una inclinación de 5-10 % contraria a la dirección de la pendiente del terreno. El diámetro de la estructura varía con la pendiente del terreno. Se ha utilizado especialmente en terrenos con pendientes de 10-50 % (Fig. 6).

Permite una mayor infiltración de agua en la zona donde crecen las raíces de los árboles y arbustos. En regiones húmedas, las terrazas individuales no tienen capacidad suficiente para retener toda el agua de lluvia, por lo que es necesario

combinarlas con otras prácticas de conservación de suelos, como las zanjas de infiltración y los canales de desviación.



**Fig. 6** Formación de terrazas individuales.

Permite una mayor infiltración de agua en la zona donde crecen las raíces de los árboles y arbustos. En regiones húmedas, las terrazas individuales no tienen capacidad suficiente para retener toda el agua de lluvia, por lo que es necesario combinarlas con otras prácticas de conservación de suelos, como las zanjas de infiltración y los canales de desviación.

### *Construcción de las terrazas individuales (FAO, 1989)*

No es aconsejable construir terrazas individuales en terrenos con un primer horizonte de espesor (menos de 30 cm); es preferible construirlas antes de verificar las plantaciones y, mejor aún, en la época en que el suelo contiene un nivel alto de humedad, para así facilitar la compactación de los taludes.

Su uso debe restringirse de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- Aplicar materia orgánica en proporción 1:1 en todas las terrazas.
- Utilizarlas preferentemente en zonas de escasa lluvia. En regiones muy húmedas hay que combinarlas con otras prácticas que ayuden a eliminar los excesos de agua.
- No deben construirse en terrenos poco profundos,
- Siempre deben distribuirse en contorno.
- En lo posible deben construirse antes de sembrar los árboles o arbustos.

## *Especificaciones de la terraza individual*

Se procura que la estructura sea circular y que el árbol quede en el centro. En general, a los taludes se les da una inclinación de 0,5:1, que se puede rebajar hasta 1:1, y en todos los casos se protegen con vegetación rastrera con el fin de estabilizarlos. El diámetro de la terraza, al igual que la profundidad de los cortes, dependen de la pendiente del terreno (Tabla 2).

**Tabla 2.** Dimensiones más comunes para el espaciamiento en terrazas individuales

Pendiente del terreno	Diámetro total de la terraza (m)	Diámetro del corte (m)	Diámetro del terraplén (m)	Profundidad del corte (cm)
20 %	2,00	1,00	1,00	30
20 - 30 %	1,80	0,90	0,90	Hasta 36
30 - 40 %	1,50	0,75	0,75	Hasta 38
40 - 50 %	1,20	0,60	0,60	Hasta 35

Tomado de U.S.D.A. SOIL Conservation Service.

## *Canales de desviación*

Con el objetivo de reducir la acción erosiva de la escorrentía, la cárcara se independiza hídricamente con el canal de desviación, que corta flujo del agua en zonas más altas y lleva el agua a un desagüe protegido, impidiendo así que esta provoque daños en áreas vecinas más bajas.

Los canales de desviación también se conocen como canales de cinturón o de protección. Generalmente se les da una sección trapezoidal, que puede ser triangular o semicircular; en todos los casos requiere un diseño individual para las condiciones en que se va a trabajar.

## *Localización de los canales de desviación*

Estas estructuras son más efectivas cuando sirven áreas que están cubiertas de bosques o de pastos, pues en tales condiciones no ocurren sedimentaciones gran-

des en el canal. las cuales obstruyen con frecuencia la circulación del agua. Cuando sirven áreas ocupadas por cultivos limpios es necesario dejar una faja amortiguadora de pastos, de 3 a 6 m de ancho sobre el borde superior del canal, para que filtre el agua de escurrimiento.

Cuando se desea desviar agua de una cárcava, el canal debe localizarse a una distancia prudencial de la cabeza o extremo superior de la cárcava, de manera que quede construido sobre terreno firme. El canal debe quedar a una distancia tres veces superior a la profundidad de la cárcava. Si se quiere proteger áreas con cultivos limpios (aguas abajo) provenientes de zonas altas de la vertiente. el canal se construye a la menor distancia posible.

### *Diseño del canal de desviación*

En el diseño del canal el primer paso es conocer la escorrentía máxima a la que este va a evacuar, aplicando la fórmula de C.E. Ranser:

$$Q = CIA/360$$

Donde:  $Q$ , escorrentía crítica (m<sup>3</sup>/seg);  $C$ , coeficiente que relaciona las cantidades de escorrentía con la cantidad de lluvia (método de las isoyetas);  $I$ , intensidad máxima de las lluvias (mm/hora);  $A$ , área de la vertiente de la cárcava (ha).

**Tabla 3.** Valores para el método de las isoyetas

1	2	3	2 x 3
Isoyeta (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitación media (mm)	
125	20	134	2 680
100	110	115	12 650
75	50	82	410
50	30	36	1 680
25	35		135
Total	245		21 845



Una vez conocida el agua que deseamos evacuar, se procede a diseñar el canal de manera que conduzca el escurrimiento hacia cauces debidamente protegidos, a una velocidad tal que no produzca erosión. Para esto se emplea la fórmula de Manning (Roe Ayres, 1970):

$$Q = 1/N \times A r^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:  $Q$ , capacidad del canal ( $m^3/s$ ).  $A$ , área de la sección del canal ( $m^2$ );  $N$ , coeficiente de fricción cuyo valor depende de las condiciones del canal (Tabla 4);  $r$ ; radio hidráulico en metro (área transversal del canal, en metro cuadrado. dividida por el perímetro mojado, en metro);  $S$ , caída o desnivel del canal, en metro por metro. Para saber si la velocidad del flujo no causa erosión ni azolve se emplea la fórmula de Manning:

$$V = 1/N \times r^{2/3} S^{1/2}$$

**Tabla 4.** Condiciones de las paredes

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
Limpia. de bordes rectos. llena. sin hendiduras ni charcos profundos	0,025	0.027	0.030	0.033
Igual a la anterior. con algo de hierbas	0,030	0.033	0.035	0,040
Sinuosa, algunos charcos y escolios limpios	0.033	0.035	0.040	0,045
Igual a la anterior. poco tirante. con pendiente y sección eficiente	0.040	0.045	0.050	
Igual a la anterior. algo sinuosas y con piedras	0.035	0.040	0.045	0.055
Igual a la anterior. secciones pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.050
Ríos perezosos, cauce enyerbado y charcos profundos	0,050	0.050	0.070	0.060
Playas muy enyerbadas	0.075	0,100	0.125	0.150

Esta fórmula utiliza los mismos componentes descritos; una vez calculada se acude a las Tablas 5 y 6, donde aparecen las velocidades permisibles, para hacer ajustes en la sección del canal a la pendiente, y se puede obtener un diseño capaz de evacuar el escurrimiento máximo del territorio; es decir la sección del canal (en m<sup>3</sup>/s) tiene que ser igual o mayor que la escorrentía crítica calculada para el área a evacuar. Pueden ser utilizadas otras variantes en la determinación para los canales de desviación.

**Tabla 5.** Velocidades medias permisibles que no erosionan al canal

Categorías del suelo	Profundidades medias del agua (m)	
	0,4	0,1
Velocidades medias (m/s)		
<b>Suelos incoherentes</b>		
Polvo de arena fina	0.15 - 0.20	0,80 - 0,30
Arena	0,20 - 0,50	0,55 - 0,60
Arena con grava y arcilla	0.50 - 0,65	0.60 - 0,75
Grava con arena	0.80 - 0.90	0,85 - 1.05
<b>Suelos coherentes</b>		
Arcilla	0.70	0,85
Arcilla Arenosa	0.65	0,80

**Tabla 6.** Velocidades medias permisibles para canales empastados

Tipo de pastos	Pendiente del canal	Velocidad (m/s) Suelos resistentes	Suelos erosionados
Pastos	1 - 5	2,40	1,80
	5 - 10	2,10	1,50
	> 10	1,80	1,20
Mezcla de pastos	1 - 5	2,10	1,80
	5 - 10	1,80	1,50
	> 10	1,50	1,20

## *Zanjillas o zanjas de infiltración*

Son pequeñas zanjillas de infiltración del escurrimiento superficial que se construyen entre las barreras vivas mezcladas o en la parte inferior a estas. Su objetivo es retener el agua de lluvia y aumentar la infiltración del suelo, así como reducir la escorrentía superficial y su velocidad (CONAF/JICA,1997).

La sección transversal de las zanjillas es un trapecio que tiene 0,2 m de ancho en la base, 0.52 m de ancho arriba y 0,2 m de profundidad (aunque esta coincidirá con la profundidad efectiva), 1:1 de pendiente lateral de lado del cerro y 1:0,6 de ella de lado de la falda. El ancho de la sección del terraplén arriba es de 0,2 m y la pendiente lateral de 1:1.0; la zanjilla puede tener de 2 a 3 m de largo. Una serie de zanjillas se construyen arriba de la línea de árboles. Las zanjillas son intermitentes no continuas, con una separación de 0.2 m entre sí, y van acomodando la zona de separación de manera que el desnivel sea hacia la zanjilla. Sus dimensiones, tanto de ancho como de largo, deben coincidir, respectivamente, con las de la pala. Se revisten con pastos locales en su interior y en el talud.

## *Construcción de barreras vivas y muertas combinadas*

De acuerdo con el tamaño de las cárcavas a corregir, se determina la cantidad de barreras vivas mezcladas con materiales de desechos (troncos, piedras, etc.) siguiendo las curvas de nivel. Las plantas se siembran a tres bolillos a 20 cm de distancia entre ellas (Fig. 7). Se ubican tantas barreras vivas mezcladas con muertas como sean necesarias, de acuerdo con la pendiente del terreno, aguas arriba de la cárcava.

Las plantas vivas de tipo local a emplear son: Vetivet, Caña de azúcar, Sagú, Piña. Piña de ratón, Cordobán, Yerba Guinea, Aralia, Magnolia, Plátano, Kingrass, Sacate, Sansiviera, Gengibre, Ítamo real, Cañita mejicana, y otras.

**Tabla 7.** Espaciamiento entre barreras vivas y barreras muertas

<b>Pendiente %</b>	<b>Distancia entre barreras (m)</b>
2	30
5	28
8	24
10	20
14	18
16	16
20	14
25	12
30	10
35	8
40	6
45	4

El propósito esencial de estas estructuras es disminuir la velocidad del agua de lluvia que no ha sido evacuada en las demás obras. Se plantarán hileras continuas o casi continuas, que formen líneas compactas.

En las regiones de lluvias fuertes es conveniente trazar las barreras vivas con alguna pendiente (0,5 - 1 %) hacia la obra de desagüe o captación más cercana. Las barreras vivas mezcladas con las muertas se ubican en contorno o siguiendo aproximadamente las curvas de nivel, para lo cual pueden ser marcadas, previamente, con el uso del caballete.

## CAPÍTULO 5

### *Métodos técnicos de corrección de cárcavas*

Los métodos técnicos usados en la corrección de cárcavas varían de acuerdo con el número de estas, el lugar donde están ubicadas, su tamaño, el suelo, la pendiente de la cárcava, la cubierta vegetal y las condiciones propicias para el drenaje (Suárez de Castro, 1965).

El principal objetivo que se persigue con el control de las cárcavas, es disminuir la velocidad del agua de escorrentía para reducir al máximo su poder erosivo, y de esta forma evitar el incremento de profundidad y de anchura.

Para el control de cárcavas se debe trabajar en dos direcciones: 1) tratar de eliminarlas, mediante el relleno o ubicando estructuras que lo propicien de forma gradual, y 2) eliminar las causas que le dieron origen, ya sea desviando el escurrimiento con el empleo de canales o regulando la cantidad o la velocidad de la escorrentía.

El control de cárcavas es sólo una parte del control integral de cuencas, ya que para resolver este problema de forma integral, exige un tratamiento adecuado del área total drenada, debido a que si se extiende exclusivamente a las cárcavas existentes, se omiten las causas que lo originaron. El inventario de cárcavas realizado en la provincia Granma, en la franja hidrorreguladora del Cauto, desde Dos Ríos hasta la desembocadura del Cauto, arrojó 2 780 cárcavas. grandes (203), medianas (907) y pequeñas (1 570), donde se estima una pérdida de suelo de más de 730 000 t que ha contaminado el río y puesto en peligro los asentamientos poblacionales de la zona.

#### **Relleno total de cárcavas**

Este método es el menos usado en la estabilización o corrección de las cárcavas, y muy costoso. Su empleo está en dependencia del tipo de cárcava, del suelo y de la pendiente. Por lo general, el relleno total en cárcavas pequeña y suelos llanos, se realiza mediante tractores, motoniveladoras y retroexcavadoras.

Para realizar el relleno total se lleva a cabo el levantamiento topográfico de la cárcava y el cálculo del relleno. El relleno se efectúa por etapas o completo, de manera que la primera capa se ubique en la zona más profunda hasta completar la superficie de la cárcava. Aguas arriba de la cárcava se toman las medidas de control del escurrimiento.

## **Semirrelleno de cárcavas**

Este trabajo se ejecuta solamente en cárcavas pequeñas y medianas (hasta 2 m de profundidad) y en suelos llanos a casi llanos. Es un método algo costoso, se realiza para incrementar en plazos breves las características agrícolas del terreno.

El método rige los mismos lineamientos que el relleno total, en cuanto a elaboración y ejecución de proyectos anticorrosivos, debido a que los escurrimientos que llegan a la cabeza de la cárcava se desvían mediante canales hacia otros desagües; e incluyen las demás obras descritas aguas arriba de las cárcavas.

Teniendo en cuenta que la cárcava no se rellena totalmente y que presenta peligros de erosión, se utilizan estructuras que contrarrestan los posibles efectos de la erosión, tanto en el cauce como en los taludes.

Las presas de control de azolve (trañques) se construyen con materiales vivos capaces de brotar, así como de ramas, palos y piedras y sus combinaciones.

## **Estabilización de cárcavas**

El objetivo principal de este método es evitar el crecimiento de las cárcavas, ya sean pequeñas, medianas o grandes.

El primer trabajo a realizar en las cárcavas que se van a estabilizar es el levantamiento topográfico, así se define el perímetro o área degradada que tiene. Después comienzan los trabajos aguas arriba de la cárcava, con la construcción de las zanjas de desviación del escurrimiento superficial, las zanjas de infiltración, las barreras vivas mezcladas con barreras muertas y la faja de árboles.

## *Estabilización del eje central de las cárcavas*

El eje es el área central de la cárcava, donde confluyen o llegan los escurrimientos superficiales captados por el área de la cárcava. En esta zona se establecen estructuras fuertes, duraderas, capaces de disminuir la velocidad del agua y retener el azolvamiento. Todo tipo de obstáculo interceptor que se utilice es viable en esta operación; no obstante, se prefiere el empleo de distintos tipos de presas o tranques de azolves.

Estas estructuras se clasifican generalmente como temporales (tranques) y permanentes, según sea el material empleado en su construcción. Se conocen con el nombre de presas de control de azolves y sirven para disminuir la velocidad del agua de escurrimiento, deposita parte del material aguas arriba de la estructura, y con este material forman una capa de sedimento que, bajo ciertas condiciones favorables, permite el establecimiento de una cubierta vegetal que estabiliza totalmente el lecho de la cárcava.

Con el uso de los tranques de control de azolves se logra estabilizar, de forma casi total, el fondo de las cárcavas, y reducir la velocidad del agua. La estabilización solo será total, cuando se desarrolle vegetación permanente que retenga el suelo en su sitio.

En todos los tranques de azolves se debe hacer combinaciones de materiales vivos, es decir, de estacas capaces de brotar. En la zona superior del tranque es necesario sembrar árboles u otras plantas que ayuden a consolidar la estructura. Además, es conveniente establecer una barrera viva en forma de zigzag a lo largo del eje de la cárcava, que a la vez contribuya a disminuir la velocidad de la escorrentía superficial. El material a emplear en esta barrera puede ser: árboles, arbustos, gramíneas u otras plantas herbáceas; en el caso de zonas cultivadas puede emplearse plátano, caña de azúcar y otras.

## *Espaciamiento de los tranques*

El espaciamiento entre dos presas consecutivas o tranques de azolves depende de los elementos siguientes: pendiente, sedimentos depositados, altura afectiva del sedimento y finalidad que se persigue con el tratamiento de las cárcavas; es

decir, si se desea retener mucho sedimento, se aconseja emplear tranques respectivamente altos, espaciados, a distancias más o menos grandes. Por otra parte, si el objetivo principal es estabilizar la pendiente de la cárcava, el espaciamiento y la altura de los tranques deben ser menores.

El programa de control de cárcavas se puede hacer bajo tres alternativas:

1. Construir los tranques considerando que la cota de la base de un tranque de control de azolves coincida con la cota del vertedor del tranque inmediato aguas abajo (Fig. 7).
2. Construir los tranques dando el doble del espaciamiento antes indicado. Este reduce a la mitad el número de tranques en comparación con la primera alternativa (Fig. 8).
3. Construir los tranques considerando cierta pendiente del sedimento entre dos tranques consecutivos (de 0,5 a 2,0 %), en dependencia de las características del suelo. Esto se emplea para sedimentos finos limosos o arcillosos de 0,5 %, para sedimentos de texturas medias de 1 % y para arenas gruesas mezcladas con gravas de 2 % (Fig. 9).

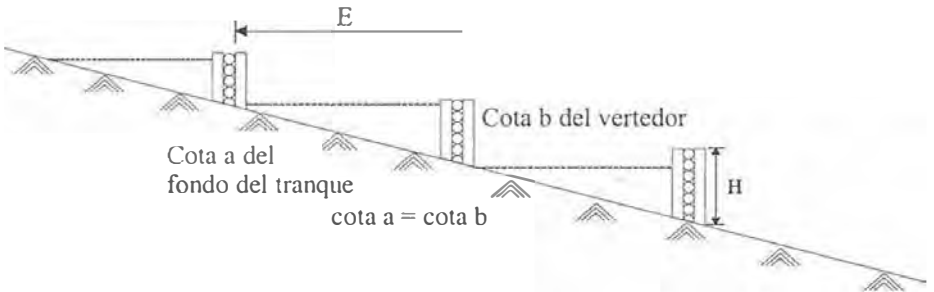
Es importante señalar que, en la práctica, algunas veces no es necesario ajustarse rigurosamente al espaciamiento calculado, ya que cambiando ligeramente la separación, puede mejorarse la localización de los tranques, encontrándose sitios más apropiados para su construcción.

Para calcular la distancia entre dos tranques se usa la fórmula siguiente:

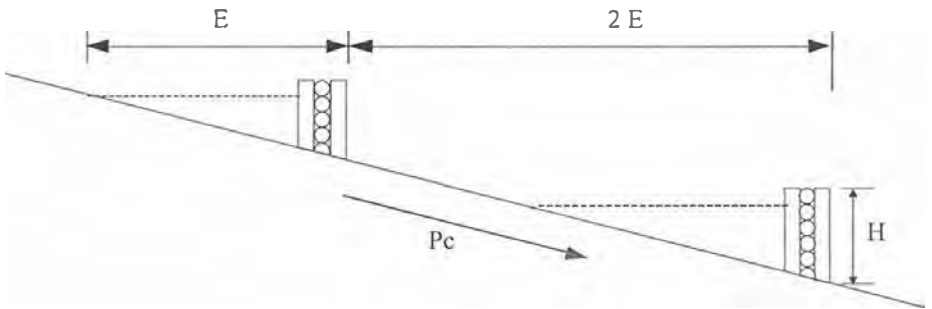
$$E = \frac{H}{P_c - P_s} 100$$

Donde:  $E$ , distancia entre dos tranques consecutivos (m);  $H$ , altura efectiva de los tranques (m);  $P_c$ , pendiente de la cárcava (%);  $P_s$ , pendiente del sedimento (0,5 - 2 %).

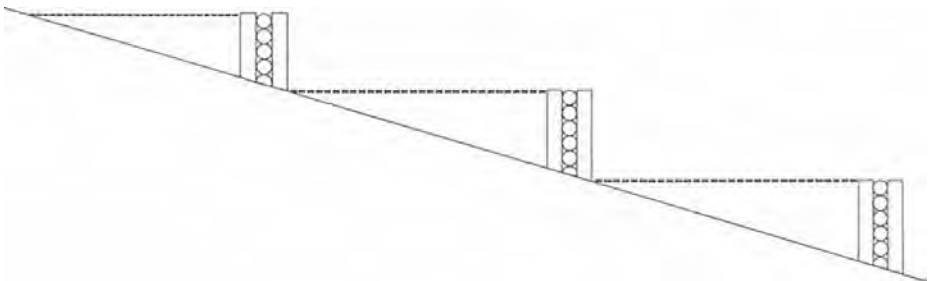




**Fig. 7** Distancia entre tranques



**Fig. 8** Secuencia de los tranques construidos bajo el criterio de doble espaciamento.



**Fig. 9** Secuencia de tranques construidos bajo el criterio de espaciamento con pendiente entre tranques.

Los tranques de control de azolves pueden ser de diferentes tipos: de mamposte-rías o rajón, de ramas, de troncos, de piedras acomodadas, y otros (Figs. 10 y 11).

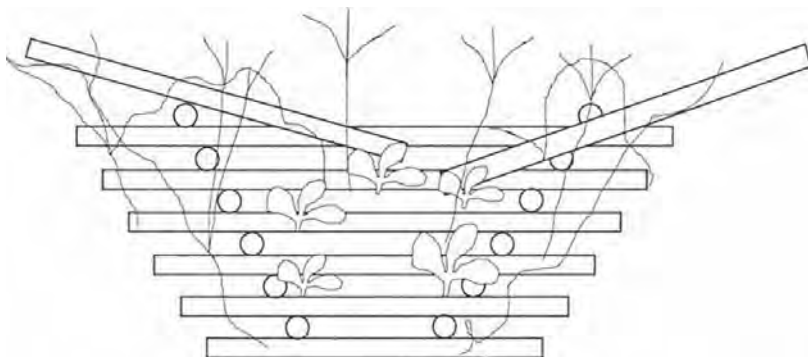


Fig. 10 Muro de sostenimiento de madera con siembra de ramas nacientes para cauces erosionados (FAO, 1986).

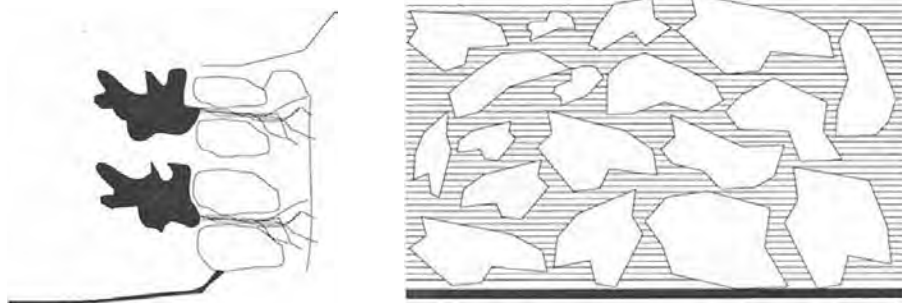


Fig. 11 Muros de piedra con vegetación (tomado de *Guía FAO Conservación 13/1*).

### *Estabilización de las zonas interiores de las cárcavas*

Lo fundamental en este tipo de estabilización es el uso adecuado de material vivo y las posibles combinaciones con otros materiales, así como el uso de semillas de gramíneas, leguminosas y otras.

En la estabilización de las cárcavas se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

### *Tratamiento al borde superior de cárcavas*

Se refiere a la construcción de muros de postes vivos o estacas capaces de regenerarse. El objetivo es estabilizar el suelo del talud de la cárcava en el borde superior, evitando los deslizamientos o derrumbes. Se hacen combinaciones con las estacas de postes horizontales, que ejercerán presión sobre el suelo en forma temporal, hasta que las raíces de las especies plantadas sean capaces de retener el suelo. También podrá emplearse piedras sueltas y otros materiales de fácil adquisición, en caso que sea factible y económico llenar sacos de tierras y depositarlos en la parte superior de las estacas en forma de muretes, ya que esto evita que el golpe del agua continúe provocando deslizamiento de tierra o derrumbes en el borde superior de la cárcava.

### *Tratamiento del eje central del talud lineal de la cárcava*

Se procede a colocar mazos de restos orgánicos, que pueden ser: caña de maíz, hierba seca, hojarasca y otras, sobre terrazas horizontales (vertical al sentido del escurrimiento). Las terracitas tendrán 20 cm de ancho. En algunos casos los mazos se ejecutan amarrados con alambres o bejucos fuertes directamente en la terraza conformada del talud.

### *Procedimientos*

- a) Emparejar el terreno según convenga.
- b) Cortar las terracitas en los talud.
- c) Amarrar los restos orgánicos u otros a la terraza y clavarlos con alambre o bejucos.
- d) Esparcir semillas de gramíneas y realizar la plantación de árboles.

PROCEDIMIENTO CON RAMAS: EMPLEAR ESTACAS QUE BROTEN PARA AMARRAR LAS RAMAS (DE 40 CM DE LARGO)

- a) Emparejar el terreno.
- b) Atar las ramas a las estacas y alinearlas horizontalmente en forma de muros de contención.

- c) Si existen sacos de yutes descosidos, se ubican detrás de las ramas amarradas.
- d) Tratar de rellenar con suelo desde atrás de los sacos.

PROCEDIMIENTO CON SACOS DE TIERRAS: EMPLEAR CORRIDAS DE SACOS DE TIERRA CON ESTACAS (DE 30 CM DE LARGO), SOBRE TERRAZAS HORIZONTALES (DE 40 CM DE DIÁMETRO)

- a) Emparejar el terreno.
- b) Cortar las terrazas.
- c) Alinear los sacos de tierra sobre la terraza y fijarla con estacas capaces de brotar (vivas).
- d) Rellenar con suelo desde atrás de sacos de tierra.
- e) Sembrar semillas de gramíneas u otras y plantar árboles.

PROCEDIMIENTO CON MUROS DE POSTES (VIVOS O NO), CUYO OBJETIVO ES ESTABILIZAR EL SUELO DEL TALUD

Los muros de contención a implantar en ambos talud lineal de la cárcava se compone de postes verticales y horizontales (los verticales con aproximadamente 120 cm de largo) se entierran a 40 cm de profundidad, con intervalos de 80 cm. Los postes horizontales, que se unen a media madera en forma de L, se clavan o amarran a los postes verticales con alambres. El muro de contención de postes lleva detrás sacos de tierras, piedras, restos orgánicos u otros materiales.

- a) Excavar el talud donde se va a ubicar el muro de contención.
- b) Levantar los postes con intervalos de 80 cm y enterrarlos a 40 cm de profundidad.
- c) Fijar los postes horizontales a los verticales, con alambres, clavos y otros.
- d) Colocar detrás del muro de contención los sacos de tierra, para disminuir las pérdidas de suelos, rellenar todo el muro.

PROCEDIMIENTO CON MUROS DE SACOS DE TIERRAS EN EL TALUD LINEAL

La finalidad es estabilizar el suelo suelto en los taludes. Su utilización es fundamentalmente en cárcavas donde la presión del suelo es poca y con sacos de tierra y el uso de semillas de pastos resultan eficientes.

Este tipo de obra es económica y fácil de elaborar; su vida útil es de 2 a 3 años, por lo que se recomienda que sea cubierta con pastos y árboles. Se puede usar cualquier tipo de saco, preferentemente de 40 cm de ancho y 60 cm de largo, normalmente colocados de costado.

La hilera superior de sacos se coloca aproximadamente 10 cm más interior del talud que la hilera inferior. Las semillas de pastos se siembran sobre los sacos y los árboles detrás del muro de contención. Para esto es necesario hacer lo siguiente:

- a) Excavar la base para el muro.
- b) Colocar los sacos de tierras en la primera hilera.
- c) Sembrar semillas de pastos y rellenar el espacio entre los sacos y el talud original y compactar el suelo.
- d) Colocar la segunda hilera de sacos y continuar hasta el punto deseado. Plantar arboles de tras de los sacos; sembrar postes vivos para evitar derrumbes de los sacos.

### *Tratamiento de la superficie de las cárcavas, aguas arriba del talud central*

El objetivo fundamental que se persigue con este tratamiento es mitigar el impacto de las gotas de lluvia, disminuir la escorrentía superficial en el talud, y contribuir a la velocidad de germinación de las semillas, así como mantener la humedad óptima.

### PROCEDIMIENTO CON RAMAS HORIZONTALES Y VERTICALES

Las ramas horizontales y verticales se colocan sin intervalo, a 1 m, para fijar las horizontales con estacas (vivas) alambres o bejucos y luego se siembran semillas de gramíneas u otras y especies de árboles.

- a) Se empareja el talud.
- b) Se colocan las ramas horizontales sin intervalos.
- c) Se colocan las ramas verticales a 1 m aproximado.

- d) Clavar estacas (vivas de 1 m x 1 m) y sujetar las ramas colocadas con alambres o bejucos.
- e) Sembrar o regar semillas y plantar árboles.

#### PROCEDIMIENTOS DE CUBIERTA CON CAÑAS DE MAÍZ Y OTROS RESTOS ORGÁNICOS

El material se coloca en forma horizontal y vertical, se fija con estacas vivas, alambre, bejucos, etc.; las verticales se colocan a intervalos de 1 m y luego se esparcen semillas de gramíneas u otras, y se plantan árboles. Se procede de igual forma que en el procedimiento anterior.

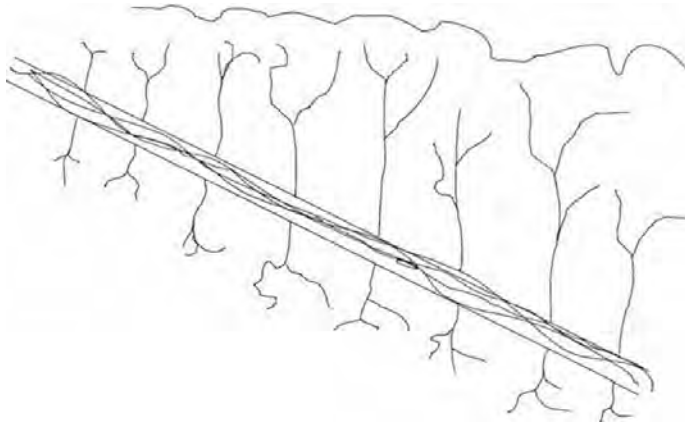
#### PROCEDIMIENTO DE RECUBRIMIENTO CON CÉSPED

Se utilizan planchas de césped cavadas a mano, teniendo en cuenta que en estas zonas no existe tierra vegetal alguna. Las planchas de césped deben medir aproximadamente 40 cm x 10 cm y se colocan sobre la superficie del suelo. Si es posible, previamente se esparce una capa de suelo vegetal. Si la pendiente es muy abrupta, cada cuatro o cinco trozos de césped se atan con una estaca viva u otro material. Las estacas se clavan en el césped lo suficiente para hacerlo brotar y sujetarlo. El césped debe ser de material enteramente local y se puede fijar con tela metálica.

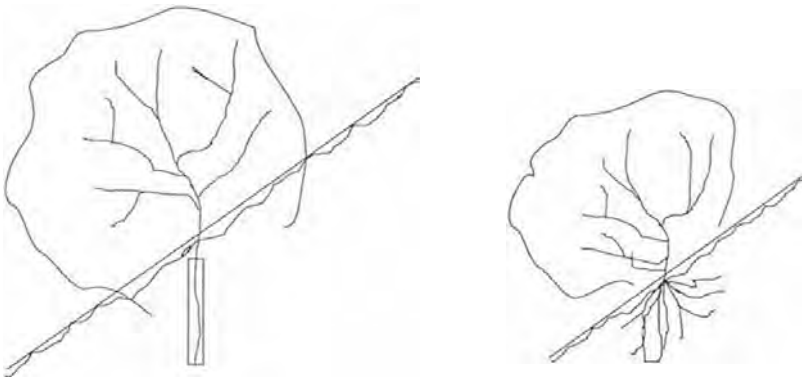
#### PROCEDIMIENTO DEL EMPLEO DE LECHOS DE RAMAS VIVAS (QUE BROTEN DE JÚPITER, PIÑÓN, ALMÁCIGO, BAMBÚ, Y OTRAS)

En la superficie de la cárcava se colocan ramas de variadas dimensiones, con el extremo superior hacia abajo. El extremo superior se introduce en el suelo (25 cm), para garantizar un óptimo enraizamiento. Las ramas se colocan algo separadas, ya que habrá que colocar tierra vegetal entre ellas; debe aprovecharse la humedad óptima del suelo (Figs. 12 y 13).

El interior de las cárcavas se estaquilla a curva de nivel y el marco de plantación se ubica según las especies a plantar, sobre todo se trata de que sean las autóctonas de crecimiento moderado. El perímetro de la cárcava se planta en forma de tres plantas por hoyo (método japonés), que se desarrollan sin dificultad y crean un



**Fig. 12** Construcción de un colchón de ramas (tomado de *Guía FAO Conservación 13/1*).



**Fig. 13** Construcción de empalizadas trenzadas, sobresaliendo y enraizadas a la superficie del suelo (tomado de *Guía FAO Conservación 13/1*).

microclima favorable. Se le harán esparcimientos de semillas de hierbas que crezcan en la zona de la cárcava.

### *Estabilización del talud aguas abajo de las cárcavas*

Las medidas a tener en cuenta estarán en dependencia de la dirección donde desemboque la cárcava, en ríos o en arroyos perennes o no perennes. En ambos casos se emplean barreras de especies de plantas resistentes a la humedad, ca-

paces de retener los azolves que llegan hasta estos sitios y además retienen las áreas con posibilidades de derrumbes o deslizamientos.

En cárcavas que desemboquen en arroyos no perennes, se estabilizan ambos talud, el de la cárcava y el del arroyo. Para ello se emplean muros de postes (vivos y muertos), muros de rocas acomodadas, gomas de autos (no activas) en forma de muros y diferentes tipos de diques.

#### EMPALIZADAS AMARRADAS DE VEGETACIÓN

Las fajinas de plantas leñosas vivas se tienden en zanjillas de 30 de ancho y 50 cm de profundidad; cada fajina debe llevar por lo menos cinco ramas. Las zanjillas no deben ser tan profundas. Las fajinas no deben ser atadas tan fuertemente solo a intervalos de 50 cm, con estacas vivas o muertas, las estacas se clavan verticalmente en la ladera. Inmediatamente después de la plantación, las zanjillas se cubren con tierra, de forma que una pequeña parte de las ramas sobresalga del terreno. Las fajinas se comienzan a construir desde la parte superior de la pendiente y siguiendo más o menos las curvas de nivel.

#### CONSTRUCCIÓN CON PLANTAS VIVAS O EMPALIZADAS AMARRADAS

Se construyen pequeñas terrazas de 50-70 cm de profundidad, con 10° de inclinación hacia afuera de la plataforma. Los mazos vivos se disponen en hileras horizontales, entre 1-3 m de distancia. Se emplean plantas resistentes a los derrumbes: Bambú (*Bambusa vulgaris*), Pomarrosa (*Jambosa jambosa*), Jagüey (*Ficus* sp.), Copey (*Clusea rosea*), Almácigo (*Bursera simaruba*), Piñón (*Gliricidia sepium*) y otras.

#### PROTECCIÓN DE LOS TALUDES

Esta labor es muy importante, por lo que se debe colocar un revestimiento de piedras sueltas sobre los taludes. Este recubrimiento, como en el caso de los delantales, debe inscrustarse en el terreno a una profundidad no menor de 10 cm. y cuando los costados de la cárcava son demasiado inclinados, puede usarse, inclusive, una malla de alambre para mantener en su lugar el material utilizado c



impedir su deslizamiento. La altura de la zona protegida debe ser suficientemente grande para evitar, en todos los casos, que la salpicadura del agua produzca erosión en los taludes de las cárcavas.

#### CONSTRUCCIÓN DE MAZOS DE RAMAJES

De forma manual se cavan terracitas de aproximadamente 15-100 cm de ancho, comenzando por el pie de la ladera, con 10° de inclinación en su plataforma exterior, de forma tal que las ramas enraícen en toda su longitud.

Las ramas deben ser de diferentes especies, edad, diámetro y tamaño. En suelos adherentes se cavan zanjas más profundas y estrechas. Cuando haya peligro de fallos en la ladera, las zanjas se cavan en tramos pequeños, lo que resulta más económico. La construcción con ramaje comienza desde la parte baja de la ladera hacia arriba. La zanja inferior se rellena con el material sobrante de la zanja de arriba.

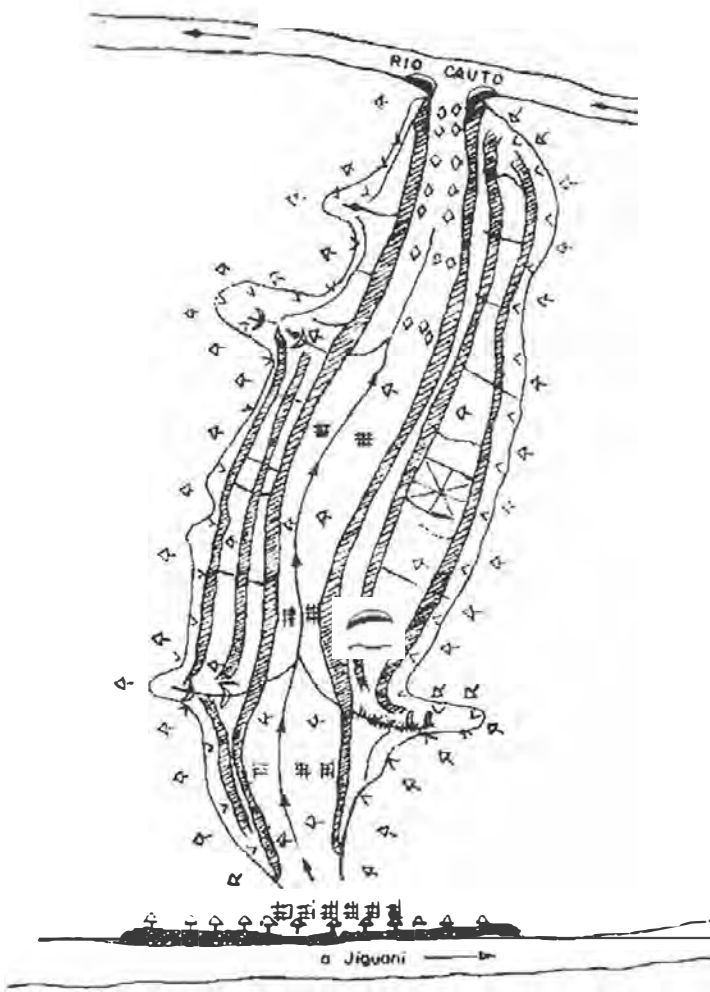
#### MUROS DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN Y DE MATERIAL VIVO A PARTIR DE ELEMENTOS PREFABRICADOS












Las diferentes partes del hormigón se ensamblan de acuerdo con las instrucciones de los especialistas y seguidamente se rellenan (excepto con arcilla). En el proceso de construcción, en los huecos se colocan, ramas vivas y plantas con raíces, de modo que lleguen al terreno situado de sostenimiento. Como mínimo, deben emplearse 10 ramas por metro, plantas enraizadas o césped del tamaño de los huecos entre vigas (puede emplear Vetivet, Aralia, Canutillo y otras).

#### MUROS Y MONTONES DE PIEDRAS RECUBIERTAS DE VEGETACIÓN (BARRERAS MUERTAS)

Durante la construcción de muros o montones de piedras o rocas, se colocan plantas vivas en las juntas entre piedras, de manera que lleguen al suelo existente tras el muro. Si este es rellenado con grava para drenar el agua, las ramas o plantas con raíces deben llegar al suelo a través de la grava. Para evitar la desecación, las plantas o ramas no deben sobresalir del muro más de 30 cm.

Sistema de estabilización, cárcava grande y profunda (La Jatia), Jiguaní, Granma



- |   |   |   |                                |
|---|---|---|--------------------------------|
|  | Siembra de césped   |  | Muros de piedra con vegetación |
|  | Muro de contención al borde superior con postes o estacas vivas |  | Rect. del cauce interior       |
|  | Cerca de paja de ratón u otro material                          |   |                                |
|  | Faja de árboles denso perimetral o interior                     |   |                                |
|  | Tranques con material vivo                                      |   |                                |
|  | Sistema de cunetas  |   |                                |
|  | Perímetro de la cárcava   |   |                                |
|  | Muros de contención con estacas vivas                           |   |                                |
|  | Cortinas de bambú   |   |                                |

El muro debe estar inclinado hacia la ladera y su altura no debe ser superior a 10 m. Después de la construcción, los muros y los montones de piedras se rellenarán con material fino y se cubren con vegetación con ayuda de paja, haciendo uso de combinaciones de ramas vivas, plantas con raíces y césped.

## **Especies de plantas a emplear en la reforestación y obras de estabilización**

La elección de especies de plantas para la corrección de cárcavas en cuencas hidrográficas constituye un paso crítico y delicado, que exige un atento estudio. Si se eligen especies no idóneas se desperdicia mucho esfuerzo y los gastos económicos son incalculables.

En cada región donde esté ubicada la cárcava, deberá observarse las condiciones ecológicas existentes (clima, vegetación, suelo, altitud y otros), y distintas formaciones vegetales naturales muy específicas (montes, matorrales, rastrojos, etc.), las cuales habrán de aprovecharse en el uso adecuado de las especies a seleccionar para desarrollarlas en las cárcavas a corregir. Es de suma importancia el manejo y cuidado de las especies de la regeneración natural; en este caso, aquellas especies que se puedan considerar como intolerantes, requieren de una cubierta protectora durante los primeros estadios de su desarrollo, un adecuado manejo y preparación de suelo, de manera que al plantarlas se les suministre una mezcla óptima de suelo y enmendante orgánico, el uso de micorrizas o la introducción de la mezcla de carbón vegetal para propiciar su desarrollo CONAF-JICA.

En la preparación del suelo para la plantación debe emplearse preferentemente el hoyo de plantación con la finalidad de mover lo mínimo posible el suelo en la cárcava; no obstante, podrá utilizarse las terrazas individuales de dimensiones opcionales o de 50 - 60 x 40 x 30, expresadas en centímetro.

En la mayoría de los casos, en la plantación de las especies se debe aplicar la combinación de tres plantas por hoyo (Proyecto CONAF-Chile), de la misma especie o en mezcla de especies, favoreciendo el desarrollo de un microclima silvícola en el sitio de plantación.

Las especies a plantar, sean árboles, arbustos, o cobertores rastreros o de otro tipo, deberán ser pocos exigentes, resistentes a condiciones climáticas y de suelo, de crecimiento moderado, y con tendencia a desarrollar sistemas radicales robustos. Se prefieren especies locales y conocidas; de abundante hojarasca, así como de supervivencia y capacidad adecuadas para fomentar una copa densa y retener las hojas a lo largo de todo el año (Apéndice 1).

APÉNDICE 1. Algunas especies de plantas que se utilizan para la corrección y estabilización de cárcavas

Almácigo de paredón ( <i>Bursera shaferi</i> )	Jías varias ( <i>Casearia sp.</i> )
Júcaro espinoso ( <i>Bucida espinosa</i> )	Caoba antillana ( <i>Swetenia mahagoni</i> )
Copey ( <i>Ternstroemia pedunculata</i> )	Yamagua ( <i>Guarea guara</i> )
Álamo ( <i>Ficus religioso</i> )	Majagua ( <i>Hibiscus elatus</i> )
Uvilla ( <i>Coccoloba benitoensis</i> )	Roble ( <i>Tabebuia angustata</i> )
Cuaba amarilla ( <i>Leuococrotron sp.</i> )	Júcaro ( <i>Buchenavia capitata</i> )
Tibisí ( <i>Artrotlylidium sp.</i> )	Ocuje ( <i>Calophyllum antillanum</i> )
Copey ( <i>Clusea rosea</i> )	Hicaco de aura ( <i>Hirtella americana</i> )
Pino de Mayarí ( <i>Pinus cubensis</i> )	Copey ( <i>Cleyera albopuntata</i> )
Sabina cimarrona ( <i>Podocarpus elmanii</i> )	Majagua de Cuba ( <i>Atkinsia cubensis</i> )
Almácigo ( <i>Bursera simaruba</i> )	Júcaro negro ( <i>Bucida buceras</i> )
Dagame ( <i>Calicophilum candidissimum</i> )	Ocuje ( <i>Calophyllum antillanum</i> )
Ceiba ( <i>Ceiba pectandra</i> )	Laurel ( <i>Ocotea wrightii</i> )
Bijáguara ( <i>Colubrina ferruginosa</i> )	Eucaliptus sp. ( <i>Eucaliptus recinifera</i> )
Baría ( <i>Cordia gerascanthus</i> )	Bambú ( <i>Bambusa vulgaris</i> )
Cuyá. Almendro ( <i>Dipholis salicifolia</i> )	<i>Casuarina equisetifolia</i>
Jagüey ( <i>Ficus sp.</i> )	Leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> )
Jocuna ( <i>Mastichudendron foetidissimum</i> )	<i>Prosopis juliflora</i>
Macagua ( <i>Pseudolmedia spuria</i> )	Inga dulce ( <i>Pithecellobium dulce</i> )
Palma real ( <i>Roystonea regia</i> )	Piñón de sombra ( <i>Erythrina poeppigiana</i> )
Jobo ( <i>Spondia mombin</i> )	Piñón de pito ( <i>Erythrina bertiana</i> )
Piñón botija ( <i>Jatropha curcas</i> )	Piñón del Cauto ( <i>Erythrina glauca</i> )

## APÉNDICE 1. Continuación

Piñón amoroso ( <i>Gliricidia sepium</i> )	Piñón de cerca ( <i>Erythrina berteroana</i> )
Pumarrosa ( <i>Sycigium jambos</i> )	Soplillo ( <i>Lisiloma bahamense</i> )
Algarrobo del país ( <i>Samanea saman</i> )	Quebra acha ( <i>Ehretia tinifolia</i> )
Almendro del país ( <i>Prunus occidentalis</i> )	Guásima ( <i>Guazuma tomentosa</i> )
Framboyán ( <i>Delonix regia</i> )	Pino macho ( <i>Pinus caribaea</i> )
Guaná ( <i>Lonchocarpus domingensis</i> )	Yaba ( <i>Andira inervis</i> )
Pino hembra ( <i>Pinus tropicalis</i> )	Cañandonga ( <i>Casia fistula</i> )
Caoba de Honduras ( <i>Swietenia macrophylla</i> )	Acana ( <i>Manilkara albescent</i> )
Jatia ( <i>Phyllostylum brasiliensis</i> )	Ateje ( <i>Cordia collococa</i> )
Caguairán ( <i>Hymenea floribunda</i> )	Guara ( <i>Cupania americana</i> )
Siguaraya ( <i>Trichilia havanensis</i> )	Anacahita ( <i>Cordia boisieri</i> )
<b>Frutales que pueden desarrollarse sin dificultad</b>	
Anón ( <i>Annona squamosa</i> )	Chirimoya ( <i>Annona cherimolia</i> )
Anoncillo ( <i>Annona cascarilloides</i> )	Mango ( <i>Mangifera indica</i> )
Mamey Santodomingo ( <i>Mammea americana</i> )	Mamey colorado ( <i>Calocarpum sapota</i> )
Guayaba ( <i>Psidium guajaba</i> )	Cirucla ( <i>Spondias ciruela</i> )
Guanábana ( <i>Annona muricata</i> )	Níspero ( <i>Achras sapota</i> )
<b>Arbustos y plantas rastreras empleadas como material vivo en obras de corrección de cárcavas</b>	
Acalifá o Cálifá ( <i>Acalypha wilkesiana</i> )	Alcalifá ( <i>Acalypha hispida</i> )
Aralia ( <i>Aralia sp.</i> )	Citronela ( <i>Cymbopogon winterianus</i> )
Guandal ( <i>Cajanas indicas</i> )	Lengua de vaca ( <i>Sansevieria guinensis</i> )
Mano santa ( <i>Gingia chinensis</i> )	Magnolia ( <i>Dracaena fragans</i> )
Pasto imperial ( <i>Axonopus micay</i> )	Millo forrajero ( <i>Sorghum vulgari</i> )

APÉNDICE 2. Ficha de costo elaborada de acuerdo con los proyectos de silvicultura en cárcavas (tomado de la Empresa Forestal Integral de Bayamo)

Indicadores	Volumen	Tasa	Jornada	Salario
Chapea, preparación de tierra	270	0.1521	0.69	4.19
Plantación en bolso	270	0.1777	0.81	4.80
Construcción de hoyos	270	0.1686	0.77	4.55
Corte y traslado de postes	450	1.184	9	53.28
Selección de postes	450	0.0592	4,5	2.66
Construcción de base de piedra	15.75	2.8190	7,5	4.44
Saque y puesta de mayas	60	0.74	5.5	44.40
Saque y siembra de césped		1,3155	1.0	5.92
Boyero	140	1.021		142.94
<b>Salario</b>				<b>267,18</b>
<b>CÁRCAVA SECUNDARIA</b>				
Corte y traslado de postes	30	1.184	0.6	3.55
Colocación de postes		0.0592	0,3	1.78
Saque y plantación de mayas	8	0.7400	1.0	5.92
Saque y siembra de postes	4	1.3155	-	0.53
Boyero	8	1.021	-	8.17
Salario				19.95
<b>Salario total</b>				<b>287,13</b>
Salario complementario (9.09 %)				26.10
<b>Subtotal</b>				<b>313,23</b>
Seguridad Social (12 %)				37.58

APÉNDICE 2. Continuación

Indicadores	Volumen	Tasa	Jornada	Salario
Materiales				10,49
Diets y pasajes				65,00
Otros gastos				82,99
Subtotal				196,06
<b>Total de gastos directos</b>				<b>509,29</b>
Gastos indirectos (10 %)				50,92
<b>Total de gastos</b>				<b>\$ 560,21</b>
<b>CÁRCAVAS MEDIANAS</b>				
Corte de cardona		5,92	20	118,40
Cargue y descargue de cardona		5,92	20	118,40
Cargue y descargue de piedras		5,92	22	130,24
Construcción de hoyos	6 250	0,01686	17,8	105,37
Corte de posturas viveros	5,0	0,009866	8,33	49,53
Contrucción de estacas de postes vivos	20,0	0,01153	46,51	230,60
Construcción de tranques		5,92	20	118,40
Vivero producción de posturas		144	4,096	714,24
Siembras de posturas, bolso		0,01533	6,19	95,81
Cargue y descargue de posturas bolso	6 250	0,0033	4,1	20,62
Fuerza técnica	6 250	12,98	20	259,60
Operador de equipo		5,92	20	118,40
<b>Total salario</b>				<b>\$ 2 079,41</b>
Salario complementario (9,09)				189,02



APÉNDICE 2. Continuación

Indicadores	Volumen	Tasa	Jornada	Salario
Subtotal				2 268,43
Seguridad social (12 %)				272,21
Materiales				163,83
Dietas y pasajes				120,00
Otros gastos				564,89
Subtotal				1 120,93
Total de gastos directos				3 389,36
Gastos indirectos (10 %)				338,94
<b>Total de gastos</b>				<b>\$ 3 728,30</b>
<b>CÁRCAVAS PROFUNDAS (GRANDES)</b>				
Corte de cardona		5,92	50	296,00
Cargue y descargue de cardona		5,92	50	296,00
Cargue y descargue de piedras		5,92	45	266,40
Corte de mambú		5,92	40	228,80
Construcción de estacas de mambú		5,92	20	118,40
Siembra de mambú		5,92	20	118,40
Construcción de hoyos	12,5	0,01686	35,61	210,75
Corte de postes vivos	10,0	0,009866	16,66	98,66
Construcción de estacas de postes vivos	30,0	0,01153	69,76	345,90
Construcción de tranques	50,0	5,92	50	296,00
Vivero	12,5	144	4,96	1 714,24
Siembra de posturas en bolsos	12,5	0,01533	32,38	191,62

APÉNDICE 2. Continuación

Indicadores	Volumen	Tasa	Jornada	Salario
Cargue y descargue de posturas	12.5	0,0033	8,3	41,25
Fuerza técnica		12,98	40	519,20
Operador de equipo		5,92	40	236,80
<b>Total salario</b>				<b>4 978,42</b>
Salario complementario				452,54
Subtotal				5 430,96
Seguridad Social (12 %)				651,72
Materiales				163,83
Dietas y pasajes				270,00
Otros gastos				1 348,78
Subtotal				2 434,33
<b>Total de gastos directos</b>				<b>7 865,29</b>
Gastos indirectos (10 %)				786,53
<b>Total de gastos</b>				<b>8 651,82</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- Ayre, Q. C.: *La erosión del suelo y su control*, pp. 11, 427-436. Ed. Omega. España, 1960.
- Bisse, J. *Guía para clasificar los distintos tipos de montes y vegetación especies forestales existentes en el país*, p. 10, INDAF, Cuba, 1974.
- CONAF-JICA: Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile. En *Proyecto Cuencas CONAF-JICA*, p. 31, 1997.
- Couso, P.: La erosión de los suelos. En *Compendio de conservación de suelos*, p. 120, Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes, MINAG, Cuba, 1987.
- Dirección Nacional SEF, MINAG, Cuba: *Especies forestales a utilizar y política a seguir en la reforestación y en el enriquecimiento de bosques*, p. 100, MINAG, La Habana, 1991.
- FAO: Lecturas especiales sobre técnicas de conservación. En *Guía FAO*, p. 106, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Departamento de Agricultura, Roma, 1978.
- \_\_\_\_\_ : *Manual de ordenación de cuencas hidrográficas*, p. 65, Edición FAO, Roma, 1986.
- \_\_\_\_\_ : *Manual de campo para el manejo de cuencas hidrográficas*, p. 171, Edición FAO, Roma, 1989.
- López Cadenas de Llano, F.: *Corrección de torrentes y estabilización de cauces*, 182 pp., Edición FAO, Roma, 1988.
- Montero, R.: *Influencias de las medidas antierosivas y de mejoramiento de suelos para el mantenimiento de la fertilidad e incremento de los rendimientos por la recuperación de suelos*, p. 11, Dirección Provincial de Suelos. Holguín, Cuba, 1997.
- Riverol, M., G. Shepashenke y N. Calzada: *Metodología para el diagnóstico, evaluación y cartografía de los suelos con erosión potencial en escala media detallada*, p. 13, Instituto de Suelos, La Habana, 1989.
- Roe, A.: *Drenajes agrícolas para ingenieros*, 413 pp., Edición Revolucionaria, La Habana, 1966.
- Suárez de Castro, F.: *Conservación de Suelos*. 319 pp., Edición Revolucionaria, La Habana, 1956.
- Vita, A.: *Investigación y desarrollo de áreas silvestres en zonas áridas y semiáridas de Chile*, p. 233, Edición CONAF-FAO, 1993.

**El presente manual ha sido estructurado por especialistas del Instituto de Suelo y de la Dirección Forestal, pertenecientes al MINAG.**

**Constituye un instrumento muy útil y práctico para la corrección de cárcavas en cuencas hidrográficas, con el fin de conservar los suelos.**

**En él se destacan los aspectos más importantes a tener en cuenta en estos trabajos de corrección emprendidos por las entidades productoras, estatales y privadas, y las brigadas manuales mecanizadas correctoras de cárcavas, en todo el territorio nacional.**



**Grupo de Gestión Ambiental, MINAG**



ISBN 959-246-041-8



9 789592 460416