



Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Septiembre de 2001

MANEJO Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN ZONAS DE LADERA MEDIANTE TRATAMIENTOS DE BIOINGENIERÍA

José Horacio Rivera-Posada *

Un talud se define como la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal. De acuerdo con Suárez (13), en la literatura técnica se define como ladera a la conformación actual de un terreno originado por procesos naturales, y talud, cuando se conforma artificialmente. De ahí que una ladera pueda considerarse como un talud natural. Por lo general, cuando se hace un corte en una ladera para la construcción de canales, caminos, carreteras y edificaciones, quedan conformados dos taludes, uno por encima y el otro en la parte baja del corte. Estos cortes ocasionan un desequilibrio de la ladera y desestabilización de la misma, dependiendo del tipo de roca, suelo, lluvias y vegetación existentes. Por tanto, se hace necesario dar un manejo especial a los taludes luego de su corte, para restablecer el equilibrio natural preexistente.

* Investigador Científico II. Conservación de Suelos.
Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.
Chinchiná, Caldas, Colombia.



MANEJO TRADICIONAL DE TALUDES EN ZONAS DE LADERA

En zonas de ladera es común observar los taludes naturales y artificiales (caminos, carreteras y taludes de construcciones), totalmente desprovistos de coberturas vegetales y expuestos al impacto directo de las lluvias. Se deduce que el manejo de las arvenses se hace en forma permanente con el azadón (Figura 1), o con machete a ras de suelo inclusive, arrancando pedazos del talud, y en ocasiones, se procede a quemar los residuos (Figura 2). También se observa al uso de herbicidas en forma generalizada y reiterada. En otros casos, se depositan aguas de escorrentía sobre ellos causando socavamientos y derrumbes.

CONSECUENCIAS DE LA DESPROTECCIÓN DE LOS TALUDES

La desprotección de los taludes, además de representar un desperdicio de la mano de obra en las zonas de ladera, es una de las causas principales de erosión por impacto de la lluvia y por las aguas de escorrentía. En taludes con pendientes suaves, la erosión se presenta mediante desgaste superficial uniforme, por efecto de las lluvias (erosión laminar).

En taludes de pendientes fuertes se forman surcos y canales profundos por concentración de aguas de escorrentía lo que conlleva a la formación de cárcavas, socavamientos y desplomes posteriores de los mismos. Esto conduce, en ocasiones, a poner en peligro algún lote de la finca o sus construcciones (Figuras 3 y 4).

La recuperación de taludes desprovistos de vegetación se consigue mediante prácticas vegetativas, utilizando plantas de tipo rastrero de crecimiento rápido, con complemento de materia orgánica y fertilizantes con el fin de lograr un cubrimiento rápido del área.

IMPORTANCIA DE LA PROTECCIÓN DE TALUDES

La tala indiscriminada de la vegetación arbórea para el establecimiento de pastos y cultivos genera gran



Figura 1. Desyerba indebida de un talud, con azadón



Figura 2. Desprotección de un talud mediante quema de la vegetación



Figuras 3 y 4. Remoción masal causada por mal manejo de aguas, lo cual pone en riesgo construcciones y vidas humanas.

cantidad de erosión y movimientos en masa, tales como deslizamientos, derrumbes y flujos (3). En pendientes fuertes parte de la estabilidad del terreno se debe al enraizamiento (5), tanto por el anclaje vertical como horizontal (1), dando al suelo una resistencia mecánica adecuada. La descomposición de las raíces disminuye la resistencia de la ladera con la consecuente generación de movimientos masales entre 2 a 5 años después de la tala (2). Gray, citado

por Suárez (13), observó que la disminución del número de reptaciones puede obedecer al efecto de los árboles sobre la humedad superficial y al cambio de la estructura del suelo por acción de las raíces. Ter - Stepaniant (14), afirma que el número de solifluxiones en Noruega era menor en taludes saturados donde existe arborización completa. El tipo de vegetación en un talud es un parámetro importante para medir su estabilidad. La vegetación tiende a

disminuir el contenido de agua en la superficie y da consistencia al suelo por el entramado mecánico de sus raíces. El bosque, como controlador de infiltración, tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo (13). Gray, citado por Suárez (13), observó que las raíces aumentan la resistencia a los deslizamientos entre tres a cuatro veces por incremento de la cohesión aparente del suelo.

Sidle, citado por Suárez (13), explica el efecto de las raíces sobre la resistencia del suelo en tres formas:

1 Unen materiales de los suelos inestables a mantos más estables. Este efecto es más pronunciado donde la superficie crítica de falla se encuentra en la zona de raíces.

2 Forman una red densa entretrejida en los primeros 30 a 50cm de suelo y esta red forma una membrana lateral que tiende a reforzar la masa de suelo más superficial y sostenerla en el sitio.

3 Las raíces individuales actúan como anclajes que estabilizan los arcos de suelo que se extienden a través del talud. Las raíces actúan como pilas de refuerzo.

Según Schiechl (12), la resistencia a la tensión de las raíces puede ser hasta el 30% la del acero y son capaces de extenderse varios metros por debajo de la superficie del talud.

La profundidad de refuerzo de las raíces de pastos es hasta de 20cm, el eucalipto hasta de 27m y raíces de bosque tropical hasta de 30m. La mayoría de los árboles tienen un sistema radical hasta de tres metros, profundidad hasta la cual puede confiarse un refuerzo con raíces (4).

Figura 5. Talud desprovisto de vegetación, expuesto a la erosión por impacto directo de las gotas de lluvia.



Figura 6. Establecimiento de una cobertura densa de Arachis pintoi con el fin de amortiguar el golpe de las gotas de lluvia sobre el talud.



Figura 7. Desestabilización de talud debido al desprendimiento de la vegetación que lo cubre y a la poca capacidad de amarre de coberturas como el pasto elefante



Figura 8. Formación de surcos sobre el talud desnudo, debido al escurrimiento de aguas superficiales



El cubrimiento de taludes con coberturas vegetales busca evitar el impacto directo de la lluvia sobre el suelo desnudo y además, favorecer el avance de las aguas de escorrentía sobre el tapete vegetal que forman, sin que se produzca arrastre de sedimentos. Además, el tipo de vegetación es un factor importante para su estabilidad. La vegetación cumple varias funciones favorables (13):

- Intercepta la lluvia y previene problemas de erosión hídrica.
- Aumenta la capacidad de infiltración.
- Extrae humedad del suelo.
- Las raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante tangencial
- Anclan el suelo superficial a mantos más profundos.

■ Retienen los agregados del suelo, disminuyendo la susceptibilidad a la erosión.

Cenicafé ha desarrollado para la zona rural del Departamento de Caldas y otras regiones del país, gran número de trabajos de bioingeniería con éxito y a costos muy bajos, utilizando sólo recursos existentes en las fincas donde se presenta el problema (6, 7).

Para prevenir la erosión hídrica se han desarrollado numerosos trabajos en cuanto al manejo integrado de coberturas, que permiten la protección máxima de los suelos contra la erosión, con costos mínimos en su mantenimiento (8, 9, 10, 11).

La mejor manera de contrarrestar el impacto de las lluvias, es mediante el establecimiento de una cobertura vegetal densa que amortigüe el golpe de la gota de lluvia sobre el talud

(Figuras 5 y 6). Lo anterior indica que los taludes estables, no susceptibles a movimientos masales, se deben cubrir principalmente con coberturas densas y rastreras.

No se recomiendan para proteger taludes los pastos de porte alto y que forman macollas aisladas, tales como los pastos india (*Panicum maximum*) y elefante (*Pennisetum purpureum*), los cuales por su peso, al saturarse el terreno y por efecto de la pendiente, pueden desprenderse, especialmente en épocas de lluvias fuertes desestabilizando el talud (Figura 7).

Las aguas superficiales o de escorrentía que se acumulan y escurren por encima del talud desprotegido durante un aguacero intenso ocasionan surcos y finalmente, zanjas profundas o cárcavas que conllevan a su destrucción (Figura 8)

¿CÓMO PROTEGER UN TALUD?

La protección de un talud depende principalmente del tipo de suelo y material parental de origen.

Talud conformado por material casajoso muy meteorizado

Estos son taludes, que luego del corte para la construcción de una carretera han perdido el suelo y sólo ha quedado en la superficie el material parental fracturado. Este material al quedar completamente suelto se desprende fácilmente por el impacto de las aguas lluvias y de escorrentía.

■ PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN

- Se hace siembra directa a chuzo con estolones de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) o maní forrajero (*Arachis pintoi*), evitando al máximo disturbar los sitios de siembra. De esta forma se logra el cubrimiento del talud en aproximadamente 6 meses (Figuras 9, 10 y 11).
- Como complemento se clavan estacas vivas de nacedero o quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), entre otras. Las estacas deben sembrarse entre 0,5 a 1 m entre ellas, y desde la base del talud hacia arriba, con el fin de conformar un entrecruce de raíces que permita buen refuerzo por amarre de los materiales sueltos y un anclaje y cohesión mayor de todo el talud (Figuras 12, 13 y 14).



Figuras 9, 10 y 11. Siembra a chuzo de material vegetativo multiestrata de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*) para proteger el talud del impacto directo de las gotas de lluvia.



Figuras 12, 13 y 14. Siembra densa de estacas de nacedero (*Trychantera gigantea*) y vegetación multiestrata como Guadua (*Guadua vulgaris*), Guaduilla (*Phyllostachis aurea*) Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y matarratón (*Gliricidia sepium*) entre otras, sembradas desde la base del talud.

Talud conformado por suelo profundo (suelos derivados de cenizas volcánicas)

Por lo general estos taludes son estables a los movimientos masales, por ser profundos y permeables, siempre y cuando no existan en ellos capas impermeables de otras unidades de suelos con propiedades arcillosas.

OPCIONES DE MANEJO

Cubrimiento total con cuadros de césped de 30 x 30cm.

- Los empedrados se utilizan para proteger áreas de taludes y laderas de la acción del impacto de las lluvias y para que contribuyan simultáneamente a mejorar el paisaje, cuando se ejecuten tratamientos en zonas urbanas.
- El cuadro de césped presenta una capa orgánica de unos cinco centímetros de espesor, que favorece su establecimiento en áreas donde se ha perdido el horizonte orgánico. Los cuadros de césped deben adherirse al talud con estacas de guadua u otro material.
- El material debe ser preferiblemente de la misma zona, para buscar una propagación rápida y eficiente.
- Este sistema es costoso pero efectivo para contrarrestar en forma inmediata los problemas de erosión por impacto y arrastre del suelo por aguas de escorrentía, ya que el suelo queda totalmente cubierto en poco tiempo.
- El césped se debe colocar inicialmente protegiendo la cabeza del talud en una franja aproximadamente de 1 a 2m para que el agua entre al talud en forma disipada en toda el área, sin acumularse por un solo sitio para evitar causar erosión por surcos.

Cubrimiento parcial con césped.

En este caso, y con el fin de bajar costos en el cubrimiento de los taludes, se colocan franjas de césped de pasto grama (*Paspalum notatum*) en forma continua a través de la pendiente. Estas franjas deben quedar a una distancia aproximada de 1m. En medio de las franjas se siembran a chuzo o en surco continuo estolones de maní forrajero (*Arachis pintoi*) o pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) (Figura 15).

Cuando el talud presenta horizontes críticos conformados por mantos de arena susceptibles a la erosión por su cohesión y estructura débiles, debe cubrirse el área crítica en forma total con césped. Si hay

además presencia de aguas subsuperficiales, se deben hacer filtros vivos y pequeñas empalizadas vivas en forma escalonada de abajo hacia arriba, las cuales se complementan con vegetación multistrata

mediante estacas vivas de nacedero (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gyiricidia sepium*), guadua, (*Guadua angustigolia*) y guaduilla (*Phylostachis aurea*), entre otras (Figuras 16 y 17)



Figura 15.
Cubrimiento parcial del talud con césped. El espacio libre entre franjas de césped es cubierto con estolones de *Arachis pintoi*.



Figura 16 y 17.
Trinchos vivos en forma escalonada acompañados de filtros vivos de guadua o quiebrabarrigo, para estabilización de talud con horizontes inestables de arena.



Figura 18.
Perforaciones horizontales en el talud con el fin de introducir filtros que permitan evacuar el agua interna rápidamente.



Figura 19.
Construcción de un filtro con materiales de guadua y gravilla.



INESTABILIDAD DE TALUDES POR LA PRESENCIA DE AGUAS SUBSUPERFICIALES

Cuando se presentan aguas internas en los taludes, éstos se desploman fácilmente. Este proceso se inicia con la formación de pequeños socavamientos, formados especialmente en los sitios más bajos y húmedos del talud (base del talud), donde aflora el agua infiltrada o proveniente de niveles freáticos altos.

El socavamiento ocasiona un desequilibrio que posteriormente repercute en el desplome del talud. Las aguas subsuperficiales se presentan como un nivel freático alto o como un manto de agua colgado, debido a la presencia de horizontes impermeables dentro del perfil del suelo. Cuando se observa nivel freático alto luego del trazo y construcción de una carretera se deben hacer filtros de 1,0 a 2,0m de profundidad, aproximadamente, para evacuar rápidamente las aguas que afloran en la superficie y dar estabilidad a la base del talud.

Luego se procede a cubrir el talud con coberturas vegetales vivas y densas.

En casos en que el talud presenta un manto de agua colgado debido a la presencia de un horizonte impermeable dentro del perfil del suelo, se drena mediante sistema de drenajes horizontales introducidos en el talud en el punto de contacto entre el horizonte permeable y el impermeable.

Se deben hacer perforaciones horizontales entre 2 y 5m con barreno, luego se introducen por las perforaciones filtros en tubería plástica corrugada perforada, guadua perforada llena con gravilla o materiales vivos de guadua sin perforar o nacedero, entre otras (Figuras 18, 19 y 20).

Los drenajes horizontales se complementan cubriendo toda el área del talud con coberturas vegetales densas.

Figura 20.
Introducción de filtro horizontal en el talud.



CAFICULTOR

El suelo es un
recurso natural
renovable a muchos años
y su conservación no sólo es
sencilla sino nuestro compromiso
con la generaciones venideras

Conservémoslo

LITERATURA CITADA

1. DYRNESS, C.T. Mass Soil movement in the H.J. Andrews. Experimental forest, Oregon. USDA, Forest Service PNW-42, 1967. 12p.
2. FLÓREZ A. Geomorfología del área Manizales - Chinchiná Cordillera Central de Colombia. Bogotá, Instituto Geografico Agustín Codazzi. 1986. 158p.
3. GRAY D., H.; SOTIR R., B. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization. A Practical Guide For Erosion Control. New York United State. Edited by Jhon & Sons. INC. 1996. 377p.
4. GREENWAY, D.R. Vegetation and Slope Stability. In: ANDERSON, M.F.; RICHARDS, K.S. (eds.). Slope Stability. New York, Wiley. 1987. s.p.
5. RICE, R.M. Forest Management to minimize landslide risk. Guidelines for watershed management. FAO, Conservation Guide 1. 1977. s.p.
6. RIVERA P., H. Control de derrumbes y negativos en carreteras mediante tratamientos de tipo biológico. Chinchiná, Avances Técnicos Cenicafé No 264: 1-8.1999.
7. RIVERA P., H. Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos. Chinchiná, Avances Técnicos Cenicafé No 256: 1-8. 1998.
8. RIVERA P., J.H. El Selector de arvenses modificado. Chinchiná, Cenicafé, Avances Técnicos Cenicafé No 271: 1-4. 2000.
9. RIVERA P., H. Arvenses y su interferencia en el cultivo del café. Chinchiná, Avances Técnicos Cenicafé No 237: 1-8. 1997.
10. RIVERA P., H. Establezca coberturas nobles en su cafetal utilizando el selector de arvenses. Chinchiná, Avances Técnicos Cenicafé No 235: 1-8. 1997.
11. RIVERA P., H. Construya su equipo para aplicación racional de herbicidas y establezca coberturas nobles en su cafetal. Chinchiná, Avances Técnicos Cenicafé No 206: 1-8. 1994.
12. SCHIECHTL H.M. Bioengineering for land Reclamation and Conservation. Edmonton, Alberta. University of Alberta Press. 1980. 404 p.
13. SUÁREZ D., J. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. 1998. 548 p.
14. TER - STEPANIAN G. On the long-term stability of slope. Norway, Norwegian Geotechnical Institute.1963. pp 1-15 (Publication N° 52)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.



Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. 506550 Fax. 504723
A.A. 2427 Manizales
cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: José Horacio Rivera Posada
Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Carmenza Bacca Ramírez