



AVANCES TÉCNICOS

264

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Junio de 1999

CONTROL DE DERRUMBES Y NEGATIVOS EN CARRETERAS, MEDIANTE TRATAMIENTOS DE TIPO BIOLÓGICO

José Horacio Rivera Posada *

Los derrumbes se definen como aquellos movimientos en masa, de flujo rápido, en terrenos inclinados. Geomorfológicamente se refieren a fenómenos comunes en Colombia en los cuales intervienen a la vez, la gravedad y la saturación por agua. Se diferencian de los desprendimientos y deslizamientos por que en los primeros, juega un papel mayor la humedad y los segundos son más rápidos y casi instantáneos (1). Los derrumbes se pueden presentar en los taludes altos y bajos de las

carreteras y caminos de las zonas de ladera.

Los negativos de carretera se forman por procesos de socavamiento continuado de los taludes bajos de las vías principales y alternas durante los períodos invernales. Los negativos, por lo general, se inician luego de los derrumbes de los taludes bajos los cuales ocurren, con frecuencia, debido a diferentes causas:

- A la tala y las quemas generalizadas y la siembra posterior

de cultivos transitorios, tales como maíz, frijol, yuca y tomate, entre otros, manejados con desyerbas drásticas (4), que originan crecimientos máximos de caudales que se tornan incontrolables en épocas lluviosas, Rice 1977; Gray 1971 y Dyrnes 1967, citados por Florez (2)

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



- A la concentración de aguas de escorrentía que fluyen por un mismo sitio desprotegido de coberturas vegetales.
- Al sobrepastoreo y a la eliminación de la capa vegetal protectora del suelo.
- A la desprotección de desagües naturales
- A la unión de dos o más cauces que aumentan el caudal máximo durante la construcción de carreteras, en el punto donde se cambian con frecuencia las formas naturales de los drenajes.
- A trazos de carreteras por sitios no recomendables geológicamente, constituidos por rocas de tipo metamórfico, fracturadas y en estado avanzado de meteorización. En muchos casos, con buzamiento positivo, es decir, inclinación de las rocas en sentido de la pendiente lo que ocasiona desprendimientos permanentes de los taludes altos y bajos de las carreteras. Esta situación origina taponamientos permanentes de las vías, especialmente en las épocas lluviosas.
- A la ausencia de cunetas en las carreteras.
- A la ausencia de cajas colectoras de aguas de escorrentía provenientes de las cunetas.
- A la presencia de aguas subsuperficiales que saturan el terreno y propician movimientos masales.
- A la construcción de cunetas no revestidas en concreto o de coberturas vegetales densas, que eviten su profundización de cauce, socavamiento lateral de taludes, arrastre de suelo y

colmataciones sucesivas, infiltraciones altas y desbordamientos.

- A la falta de mantenimiento de cunetas y cajas colectoras de aguas de escorrentía, o sólo realizado cuando se aproxima las épocas lluviosas, dejándolas desprovistas de coberturas vegetales y expuestas a los procesos erosivos por el agua (Figura 1)
- Al socavamiento y saturación de las laderas debido a la caída permanente de agua sin

amortiguación y conducción segura de salida.

- A la saturación del terreno debido a la presencia de aguas subsuperficiales naturales, o provenientes de un tanque averiado, tuberías de acueducto y/o alcantarillado rotas.

La mayoría de las veces se busca controlar los derrumbes y negativos mediante muros de concreto o gaviones, lo que hace transitoria y costosa la solución e insuficientes los recursos asignados para tales fines.

Prevención de derrumbes y negativos de carreteras

Es importante evitar siempre los escarpes en los taludes altos de las carreteras y el vertimiento de aguas en los sitios potenciales donde se notan ya leves hundimientos, llevándolas hasta desagües naturales estables. También se debe evitar el

establecimiento de cultivos cerca de las carreteras y por consiguiente, propiciar y mantener una vegetación rastrera natural. Las siguientes son prácticas preventivas:

Figura 1. Socavamiento de cunetas por falta de mantenimiento periódico.



• **Establecimiento de franjas protectoras en carreteras.** Toda carretera debe tener en ambos lados y a lo largo de ella una franja amplia de terreno que sirva para generar coberturas vegetales densas o reforestar con árboles adecuados cuando sea factible técnicamente, con el fin de estabilizar los taludes y la banca. No deben sembrarse árboles de porte alto y pesados en los taludes altos; por el contrario, es importante podar periódicamente el dosel (copa) de ellos cuando están establecidos. Tampoco debe taparse la visibilidad para los conductores de los automotores.

Con estas prácticas se disminuye significativamente el costo de mantenimiento de la vía y se evitan las interrupciones constantes por los derrumbes y negativos.

Los cultivos no deben sembrarse hasta el borde de los terrenos, donde se encuentran los taludes, especialmente cuando se plantan cultivos de transición, ni hacer construcciones cerca de ellos, o propiciar en los mismos chorreaderos sin protección.

Los caminos y carreteras son vías de comunicación necesarias para el desarrollo de la agricultura. Estas obras, por construirse a nivel o suavemente inclinadas, se convierten en canales verdaderos de conducción de aguas de escorrentía ya que cortan el escurrimiento normal y difuso de las laderas y lo concentran en cunetas y desagües. También pueden alterar la estabilidad natural de los terrenos con socavamientos. Cuando no se construyen técnicamente o no tienen mantenimiento adecuado, estas vías son destruidas por la acción de las aguas y se

constituyen en foco de erosión en los terrenos adyacentes (cárcavas, derrumbes, negativos y sedimentación).

En el trazado de carreteras se debe seleccionar muy bien la ruta con base en el material geológico y su grado y tendencia a la meteorización.

Otros aspectos importantes son: la topografía, la estabilidad del suelo y la forma de escurrimiento de la ladera, ya que no deben trazarse caminos por zonas de solifluxión, de suelos muy sueltos o en laderas que por su intenso escurrimiento y fuerte pendiente conviertan estas obras en focos permanentes de derrumbes, en los cuales pueda llegar a ser más costoso el sostenimiento que su construcción.

La apertura de carreteras nuevas, hoy en día, puede hacerse con mayor eficacia tomando como base las fotografías aéreas (3). Mediante la utilización de un estereoscopio para estudiar pares de fotografías aéreas, quien planea, dispone de un modelo tridimensional en el que se distinguen rápida y fácilmente las crestas, los valles y otras características fisiográficas. Incluso, sin estereoscopio, la fotografía aérea orienta y simplifica la construcción de carreteras (3). También, es básico conocer el material geológico de la zona; éste, junto con el clima, orienta sobre el tipo y dinámica de la degradación física del suelo.

Lo primero que se debe tener en cuenta en la construcción de carreteras es el aprovechamiento, en lo posible, de las crestas o líneas "parte-aguas", ya que así se hace innecesario la construcción de drenajes. Una carretera sobre

una cresta no acumula agua y la escorrentía puede desviarse fácilmente hacia ambas orillas; no hacen falta puentes ni alcantarillados y el mantenimiento de la carretera es simple y menos frecuente.

Cuando no es posible construir la carretera por una línea parte-agua, lo mejor es seguir las curvas de nivel con pendiente suave. Pendientes del 0,2 al 1% no presentan dificultades para el tráfico ni para la instalación de los canales de drenaje necesarios a lo largo de la carretera. El control de la erosión en la orilla drenada puede plantear problemas.

La carretera que asciende diagonalmente por la ladera de una colina, con pendiente superior al 5%, es la peor alternativa. En este caso, es mejor trazarla en zig zag o combinar algunos tramos de pendiente fuerte con otros rectos, sin inclinación (3). En zonas de ladera, que poseen materiales parentales derivados de esquistos metamórficos, la carretera se debe trazar buscando la ladera con buzamiento negativo del material parental; con ello, se evitan problemas de remociones masales permanentes que conlleven a mantenimientos frecuentes y costosos de las vías. Estos problemas son comunes en las laderas con materiales geológicos metamórficos con buzamientos positivos.

• **Manejo de caminos.** Los caminos dentro de las fincas, cuando son paso obligado y permanente de los trabajadores y animales, se pueden convertir en cárcavas profundas. Para evitar la formación de éstas es necesario construir escalinatas con peldaños cada 20 a 40cm, para que sirvan



Figura 2. Escaleras hechas en guadua.

como disipadores de energía de las aguas de escorrentía y como punto de apoyo para la seguridad de los trabajadores. Las escalinatas se pueden hacer en guadua (*Guadua angustifolia*) (Figura 2) o con escombros de construcciones de las fincas (Figura 3).

Para conseguir una mayor duración, las guaduas utilizadas en la construcción de los peldaños deben quedar protegidas en ambos extremos con sus tabiques y enterradas, de tal modo que su parte superior quede a ras del



Figura 3. Escalinatas hechas con escombros de construcción.

suelo. Cada peldaño de guadua se sostiene con tres estacas enterradas a ras de suelo para evitar accidentes para las personas que por allí circulan. Dos estacas deben ir clavadas en cada extremo por la parte inferior y una tercera en el centro del peldaño, en el otro lado de la guadua.

- **Drenaje en carreteras.** En todos los suelos se reduce la resistencia a la deformación cuando se saturan de humedad. Por tanto, cuando se traza una carretera fuera o dentro de la finca, se deben evitar los trazos

por áreas pantanosas y permanentemente húmedas. El agua de la superficie de las carreteras se puede eliminar, cuando se construye una vía nueva, dándole un ligero pandeo (forma convexa) a la superficie; de lo contrario, se deben establecer obras de drenaje.

Cuando no se establecen previamente las obras de drenaje en lugares de confluencia de aguas subsuperficiales el suelo presenta niveles freáticos altos. La vida útil del pavimento es corta, los taludes se desploman con frecuencia y su control no se logra sólo con obras de concreto o coberturas vegetales si antes no se hacen las obras de drenaje necesarias (Figura 4).

- **Cunetas.** El escurrimiento paralelo a las carreteras y caminos puede causar cárcavas profundas, si no se construyen cunetas adecuadas. Las cunetas son canales de drenaje que se construyen a lado y lado de las carreteras, con el fin de evacuar rápidamente las aguas de escorrentía en épocas lluviosas.

Estas cunetas, por lo general, están revestidas de concreto en las carreteras pavimentadas y en las carreteras destapadas en



Figura 4. Obras de drenaje para evacuar aguas subsuperficiales.



Figura 5. Cuneta protegida con coberturas vegetales de porte bajo.

balasto. Las cunetas generalmente permanecen descubiertas lo cual las hace susceptibles a la erosión en cárcavas, debido a la profundización de fondo y socavamiento de sus taludes por efecto de la energía de las aguas de escorrentía incontroladas (Figura 1).

Lo ideal para proteger las cunetas, es mantener coberturas vegetales (arvenses) densas, de porte bajo como el pasto grama (*Paspalum notatum* y *Paspalum conjugatum*), y el maní forrajero (*Arachis pintoii*), entre otras (Figura 5).

Las cunetas requieren un mantenimiento periódico, que consiste en cortar las arvenses agresivas (5), cuya altura supere la cuneta o simplemente eliminarlas selectivamente mediante el uso del selector de coberturas diseñado para el Manejo Integrado de Arvenses como práctica sostenible del suelo (6). Cuando las cunetas están colmatadas por sedimentos se deben limpiar únicamente los sitios colmatados y no toda la cuneta.

La ausencia de cunetas, o el mal mantenimiento de ellas en carreteras destapadas, favorece la infiltración alta y la concentración del agua de escorrentía en el interior de la carretera que arrastra el material gravilloso (balasto), dificultando o impidiendo el rodamiento de los vehículos, ya que en épocas lluviosas se tornan rizadas y en ellas proliferan huecos grandes.

En cunetas construidas en sitios con pendientes menores del 5% y sin establecimiento de coberturas vegetales se deben hacer trinchos escalonados cada 1 a 2m, con un vertedero amplio. De la misma forma se debe proceder en zonas



Figura 6. Trinchos utilizados para evitar el socavamiento de cunetas.

de evacuación de aguas de escorrentía para recuperar cárcavas, donde el trincho debe quedar 20 a 40cm enterrado por debajo de la base del cauce.

La altura del trincho no debe superar la cuneta o zanja. En estos casos, la base del vertedero del trincho debe quedar a ras del fondo de la cuneta, ya que se busca en este caso evitar el socavamiento del fondo y de los taludes laterales, pero no la obstrucción del paso del agua ni la acumulación de sedimentos (Figura 6).

Los trinchos son transitorios, mientras la cuneta es colonizada por las coberturas vegetales densas, de porte bajo y nativas de la zona.

- **Cajas colectoras de aguas de escorrentía.** Son las obras de concreto que se construyen como complemento de las cunetas en ambos lados de la carretera, con el fin de recoger y evacuar las aguas de escorrentía provenientes de éstas y conducir las a un lugar bien protegido. La mayoría de las veces estas cajas no se construyen en las carreteras y las aguas de



Figura 8. Formación de negativo de carretera por obras inconclusas



Figura 7. Formación de negativo de carretera.

escorrentía incontroladas inician procesos erosivos como socavamientos y negativos en las carreteras (Figura 7).

A veces, cuando se hacen las cajas se dejan inconclusas, es decir, se evacúa el agua a media ladera y se crean problemas de formación de cárcavas remontantes (7), que aceleradas por las desyerbas drásticas en los cultivos con azadón o herbicidas, terminan formando “negativos” en las carreteras y las destruyen (Figura 8).

Es primordial informar a los agricultores sobre la importancia y la manera de mantener protegidos con coberturas vegetales aquellos sitios por donde son evacuadas las aguas de escorrentía provenientes de cajas colectoras de las carreteras; esta práctica protege la obra y el lote de la finca.

Cuando no se construyen las cunetas ni las cajas colectoras de aguas de escorrentía en las carreteras se pueden presentar grandes problemas de cárcavas y remociones masales en aquellos sitios por donde se desbordan las aguas de escorrentía, luego de un

aguacero intenso (mayor de 50mm/h) (Figura 9).

Dentro de las fincas las cajas colectoras pueden construirse también en madera (Figura 10).

- **Desagües.** Los desagües naturales (hondonadas, cañadas) que atraviesan las carreteras deben estar protegidos por vegetación y obras transversales (gaviones, empalizadas, diques de piedra), antes de llegar a la vía y aguas abajo.

Las aguas de escorrentía concentradas en desagües sin protección, ocasionan cárcavas, derrumbes y negativos. Cuando la

cantidad de agua de una cuneta es grande y es necesario evacuarla en un sitio donde no exista un desagüe natural, se debe construir un conducto hidráulico o deslizadero artificial provisto de disipadores de energía, para llevarla controlada hasta un cauce natural sin peligro de erosión. Otra alternativa es fraccionar el volumen en caudales pequeños haciendo mayor número de salidas.

Los conductos o deslizaderos hidráulicos también se construyen para canalizar las aguas concentradas en los drenajes naturales que lleguen a las vías.

Medidas de control de derrumbes y negativos

Cuando se presentan derrumbes y negativos en carreteras como consecuencia de no tener en cuenta las prácticas preventivas, se debe proceder a cortar las entradas de aguas de escorrentía

e impedir las infiltraciones altas.

Como práctica de control se debe utilizar el siguiente proceso:

- Sellar las grietas que se presenten y apisonarlas bien.

Figura 9. Cárcava remontante.



Figura 10. Caja colectorora de aguas de escorrentía.



- Suavizar las salientes para evitar desplomes y derrumbes potenciales.
- Contar con un drenaje natural apropiado, o construir uno artificial (deslizadero con disipadores de energía), para la evacuación rápida de las aguas del derrumbe y evitar saturaciones y "coladas de barro" en las partes inferiores.
- Canalizar las aguas centrales y laterales del derrumbe hasta el drenaje anterior.
- Propiciar la invasión vegetal tupida, rastrera y de porte medio, para evitar el arrastre del suelo y favorecer el amarre del mismo.
- Construir las obras de defensa necesarias en el derrumbe:

- empalizadas estratégicamente colocadas, trinchos, postes de concreto enterrados y trabados, diques o muros de contención en gaviones, mampostería o concreto reforzado, según el problema.
- Cimentar convenientemente estas obras teniendo en cuenta la presión, el peso de ellas y la sobrecarga. En caso de necesitar estructuras de concreto o rígidas (diques y muros) hacerlas con buenos drenajes (filtros), para evacuar el agua y evitar que el suelo sobresaturado rompa la estructura, al sobrepasar los coeficientes de seguridad del muro (tensiones).
- Rellenar la banca destruida con materiales adecuados

- (subsuelo) y seguirlo haciendo a medida que se asienta y compacta.
- El relleno debe estar libre de basuras, raíces, materia orgánica, o cualquier material que se considere inapropiado para soportar obras por construir. Se hace con subsuelo apropiado en capas de 30cm, sólidamente apisonadas mediante pisón de madera o mecánico.
- El suelo se debe mojar para apisonarlo con el fin de obtener la máxima compactación.
- Una vez se logre estabilizar el "negativo" y la banca no presente asentamientos, lo ideal es sellar la banca para evitar filtraciones.

Tratamiento biológico de un negativo en carretera: un caso exitoso

Para ello se utilizó la siguiente estrategia:

Se hizo un control inicial de las aguas de escorrentía y aguas sub-superficiales, mediante un canal de corona (Figura 11) y filtros (Figura 12). Se complementó el trabajo con sellamiento de grietas.

Como se había perdido parte de la banca, ésta se reconstruyó usando material del subsuelo (tierra amarilla), con el cual se hicieron terrazas escalonadas bien compactadas, empezando de abajo hacia arriba hasta alcanzar nuevamente el nivel de la carretera. Las terrazas se sostuvieron con guadua (*Guadua angustifolia*) y se reforzaron con

estacas de quiebrabarrigo o nacedero (*Trichanthera gigantea*) entre otras especies (Figura 13). Previo a la construcción de cada terraza se colocaron filtros de guadua en el sentido de la

pendiente, para evitar saturaciones del terreno y posterior movimiento de las terrazas. Terminadas las terrazas, se cubrió toda el área con vegetación multistrata de la región (Figura 14).

Figura 11. Canal de corona con cobertura de pasto grama (*Paspalum conjugatum*) para desviar flujo de agua por escorrentía en el control de negativo de carretera. (Cenicafé, Chinchiná, diciembre de 1993).





Figura 12. Filtros en guadua para evacuación de aguas dentro de una cárcava.



Figura 13. Trinchos reforzados con quebrabarrigo o nacedero.



Figura 14. Construcción de terrazas escalonadas en tierra, para conformar parte de la banca perdida como consecuencia de negativo de carretera. Cenicafé, Chinchiná, Caldas, septiembre de 1995.



Figura 15. Recuperación definitiva de negativo de carretera. Se observa el cubrimiento total de las terrazas con vegetación multistrata. Cenicafé, Chinchiná, Caldas, marzo de 1997.

De esta manera, se logró recuperar el área entre tres meses y un año, y reducir los costos de la construcción de estas obras en un 85% o 99%, en relación con los costos de las obras de concreto. Estas obras, además de

su bajo costo, están construidas en armonía con el medio ambiente, sin degradarlo y permitirán aumentar el número de soluciones de problemas similares por todo el país, lográndose así una mayor eficiencia en el gasto público del Estado y entidades

privadas, encargadas de estas funciones. De ahí la importancia de conformar grupos multidisciplinarios que permitan dar ideas y soluciones eficientes, persistentes y de bajo costo en problemas de erosión.

LITERATURA CITADA

1. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná, Cenicafe. 1975. 267 p.
2. FLOREZ, A. Geomorfología del área Manizales-Chinchiná, Cordillera Central, Colombia. Universidad Van Amsterdam. Amsterdam. 1986. 159 p (Tesis: Ph.D).
3. HUDSON, N. Conservación de suelos. Barcelona. Reverté S.A. 1982. 335p.
4. RIVERA P., J.H. Por qué no se debe usar el azadón como herramienta de desyerba en sus cafetales. Avances Técnicos Cenicafe No 233: 1-4. 1996.
5. RIVERA P., J.H. Arvenses y su interferencia en el cultivo del café. Avances Técnicos Cenicafe No 237: 1-8. 1997.
6. RIVERA P., J.H. Establezca coberturas nobles en su cafetal utilizando el selector de arvenses. Avances Técnicos Cenicafe No 235: 1-8. 1997.
7. RIVERA P., J.H. Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos. Avances Técnicos Cenicafe No. 256:1-8. 1998.

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.

Cenicafe
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
José Horacio Rivera P.
Diagramación: Gonzalo Gallego González

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
cenicafe@cafedecolombia.com