

RESTAURACION ECOLOGICA DE SUELOS DEGRADADOS POR EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN EL ENCLAVE XEROFÍTICO DE DAGUA, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

José Horacio Rivera P., Juan Armando Sinisterra R., Zoraida Calle D.

Área de Restauración Ecológica de CIPAV Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de
Producción Agropecuaria.
Carrera 2 Oeste # 11-54, Cali. cipav@cipav.org.co

RESUMEN

La cárcava Chicharronal, con un área de 7500 m² y una profundidad de 20 m, ponía en riesgo a la población del barrio La Gran Colombia del casco urbano de Dagua (Valle del Cauca) desde 1962. El objetivo de este trabajo de restauración ecológica fue estabilizar la cárcava para evitar un derrumbe de grandes proporciones y reducir las inundaciones y el arrastre de sedimentos hacia el interior de las viviendas durante las épocas lluviosas. Se aplicó un método integral de intervención, partiendo del estudio de las interrelaciones roca - suelo - topografía - clima - vegetación - animales - infraestructura – seres humanos, con el fin de identificar las relaciones causa - efecto de los procesos de degradación. Para la estabilización del terreno se emplearon estructuras vegetales con un enfoque de bioingeniería. El seguimiento de la intervención de restauración se llevó a cabo mediante visitas periódicas y registros fotográficos. En un período de un año se logró una reducción cercana al 100 % en el aporte de sedimentos y un cubrimiento del suelo de 90% con vegetación multiestrato. Estos resultados sugieren que es posible lograr la restauración de áreas afectadas por erosión severa mediante una estrategia integral basada en la participación activa de la comunidad afectada y el uso de vegetación propia de cada zona.

Palabras claves: Bioingeniería, erosión del suelo, control de erosión, erosión en cárcavas, restauración ecológica

INTRODUCCION

La erosión del suelo es una forma severa de degradación física. Se estima que cerca de 80% de la tierra agrícola en el mundo sufre erosión moderada a severa y 10 % erosión ligera a moderada (Lal y Stewart, 1995). El 40% del territorio colombiano presenta erosión de muy ligera a muy severa y la zona andina es la más afectada con 88% del área afectada por erosión hídrica (Olmos y Montenegro, 1987).

La erosión por cárcavas y los movimientos masales son procesos de degradación que avanzan en forma acelerada como resultado del desconocimiento por parte de la sociedad sobre las causas, consecuencias y soluciones de estos fenómenos.

Por lo general, los problemas ocasionados por la erosión y movimientos masales son controlados en forma puntual (no integral) mediante obras mecánicas de concreto propias de la ingeniería civil. Estas obras suelen tener un costo superior al valor comercial de la tierra, y generalmente no resuelven el problema en forma definitiva.

Gray y Sotir (1995) definen las cárcavas como canales formados por flujos intermitentes. Estos canales transportan agua durante e inmediatamente después de las lluvias, y a diferencia de los surcos, no pueden ser borradas por la labranza normal. Las cárcavas son zanjas más o menos profundas, originadas por erosión lineal y suelen evolucionar mediante desplomes laterales y hacia arriba, tomando el nombre de cárcavas remontantes (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Federacafé), 1975). La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de erosión, ya que por lo general éstas se forman después del arrastre masivo del suelo por erosión laminar (Anaya et al., 1977).

Generalmente, las cárcavas se asocian a entregas localizadas de agua en sitios susceptibles. El aumento en la energía de las aguas desencadena un proceso localizado de erosión (Suárez, 1998). Los cultivos limpios en ladera, los surcos en sentido de la pendiente, el sobrepastoreo y la desprotección de los desagües son los principales factores que favorecen la formación de cárcavas (Federacafé, 1975).

El control efectivo de cárcavas requiere la estabilización del fondo y de la cabecera de las mismas. Los métodos principales para corregir las cárcavas y evitar su crecimiento son: emparejamiento del terreno, suavización de taludes y construcción de defensas. En ocasiones es necesario cercar el área para evitar el paso de personas y ganado (Federacafé, 1975).

La revegetalización controla la erosión en cárcavas al incrementar la infiltración y reducir la escorrentía. La vegetación ofrece protección física al suelo frente al impacto de la lluvia y la escorrentía y reduce la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno; por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua. Si la velocidad se ha reducido lo suficiente, se sedimenta una parte de los materiales arrastrados. A partir de este momento, empieza a regenerar la vegetación natural (Hudson, 1982).). El crecimiento de gramíneas reduce la escorrentía entre 50 a 60 % y las pérdidas de suelo por erosión entre 60 a 80 % (Morgan 1986). El área alrededor de las cárcavas debe ser sembrada con una vegetación multiestrato de gramíneas, leguminosas, arbustos y árboles (Morgan, 1986). La forestación logra reducir la escorrentía en cárcavas entre un 65 a 90 % y las pérdidas de suelo por erosión entre 75 a 90 % (Morgan, 1986).

Cuando los taludes de las cárcavas son muy perfilados, es necesario suavizar las paredes abruptas para favorecer el desarrollo de vegetación densa capaz de retener el suelo. Tanto los taludes como el cauce de las cárcavas, deben sembrarse con coberturas naturales o cultivos densos, que amarren el suelo y frenen la velocidad del agua. También se acostumbra sembrar barreras vivas transversales a intervalos cortos (Federacafé, 1975).

Desde 1962, la cárcava Chicharronal, con un área de 7500 m² y una profundidad de 20 m, ocasionaba problemas en el barrio La Gran Colombia del municipio de Dagua. Las soluciones convencionales basadas en obras de concreto propuestas por la ingeniería civil no habían tenido éxito. Como resultado, la comunidad resultaba afectada por aportes crecientes de sedimentos desde la cárcava hacia las viviendas del barrio, y por inundaciones durante los periodos invernales. Después de cada aguacero, la población se veía obligada a evacuar los lodos y escombros de sus viviendas, generalmente por las noches. Algunos habitantes habían optado por abandonar el lugar.

Para estabilizar la cárcava, se aplicaron técnicas de bioingeniería basadas en estructuras de guadua que funcionan como filtros y drenajes hidráulicos. Las raíces y tallos de las plantas actúan como refuerzo mecánico para las estructuras de protección de las laderas y con el tiempo se transforman en estructuras cada vez más fuertes.

La estrategia integral aplicada basada en las obras de bioingeniería y la participación de la población civil de las áreas directamente afectadas y de influencia, logró estabilizar la cárcava con un presupuesto equivalente a 15% del requerido para obras de ingeniería civil convencional.

MÉTODO

Con la comunidad afectada se socializó el Proyecto y se llevó a cabo un proceso de sensibilización y capacitación sobre el manejo del suelo.

A continuación se resumen algunas características del sitio y los puntos más importantes del diagnóstico del problema erosivo.

Altitud: 865 m.s.n.m.

Material parental: Según Ingeominas (1984), los materiales predominantes en la zona corresponden a la formación Volcánica Kv, integrada por diabasas, lavas basálticas y lavas almohadilladas. Algunos rasgos comunes asociados con las zonas de fallas principales son brechamiento y venas de cuarzo y epidota. Las formaciones cretácicas están caracterizadas por la presencia de un complejo sistema regional de fallas interconectadas de orientación aproximada NE - SW. Entre las fallas reconocidas se pueden mencionar las de Dagua - Calima y la del Saladito, que van paralelas al cañón del río Dagua, en el sitio donde se encuentra la población.

Geomorfología: La zona posee un relieve de crestas ramificadas de origen fluvio-erosional, con disección profunda que ha generado grandes cañones. El proceso morfodinámico más importante en las cercanías de Dagua es el escurrimiento superficial, que puede originar surcos y cárcavas.

Suelos: Arcillosos, con ausencia del horizonte orgánico, donde aflora el material rigolítico, es decir, materiales gruesos en proceso de meteorización, altamente susceptibles a la erosión.

Pendiente del terreno: Mayor al 100%, pendiente muy larga (mayor de 800 m).

Capa orgánica: Inexistente

Lluvias: Períodos secos muy prolongados, con lluvias de intensidad muy alta (mayor de 70 mm h⁻¹).

Vegetación: *Leucaena leucocephala*, matarratón *Gliricidia sepium*, chiminango *Pithecellobium dulce*, tachuelo *Zanthoxylum* sp., cañabrava *Gynerium sagittatum*, guayaba *Psidium guajava*, cordoncillo *Piper* spp., fique *Furcroea cabuya* y piña en monocultivo.

Dimensiones de la cárcava: 7500 m² aproximadamente (500 m de longitud, 15 m de ancho) y un área de influencia de 100 ha (Figura 1). Presenta la profundidad mayor en el centro (20 m aproximadamente).

Uso de la tierra: En la zona aledaña a la cárcava predominan los cultivos de piña y la ganadería intensiva con una alta proporción de suelo desnudo en ambos sistemas (Figura 2). Hay sobrepastoreo con pérdida total de la cubierta vegetal.

Manejo del suelo: No se aplica ninguna práctica de conservación de suelos. Las desyerbas drásticas con azadón y herbicidas dejan el suelo totalmente desnudo, lo cual favorece el arranque y transporte de sedimentos por efecto de las lluvias y las aguas de escorrentía respectivamente en los períodos lluviosos (Figura 2). Las quemadas antes de las siembras son una práctica generalizada.



FIGURA 1. Cárcava Chicharronal, noviembre 5 de 2005. En la cabecera, se observa la carretera que conduce a la vereda Santa María, aportante de aguas de escorrentía a la cárcava. En la parte baja se observa el barrio La Gran Colombia.



FIGURA 2. Monocultivo de piña en Dagua, septiembre 24 de 2003. Suelo desnudo, desyerbado con azadón y expuesto a la erosión por las lluvias.

Impactos de vías: La carretera que conduce a la vereda de Santa María pasa sobre la cabecera de la cárcava, y no presenta obras de arte para evacuar las aguas de escorrentía, por lo cual en invierno se convierte en un canal colector de grandes caudales y con arrastre masivo de sedimentos. Esto causa colmatación y desbordamientos aguas abajo. Las cunetas de la carretera se han transformado en cárcavas profundas debido a la falta de manejo de las aguas de escorrentía con dissipadores de energía y coberturas densas. Los taludes de la carretera están totalmente desnudos (Figura 3).



FIGURA 3. Carretera que bordea la cárcava Chicharronal, septiembre 24 de 2003. Se observan las zanjas profundas (cárcavas) formadas en las cunetas y la banca.

Viviendas: Se sitúan en el cono de deyección de la cárcava, con alto riesgo de aludes. El riesgo amerita la reubicación preventiva de la población, en cada período invernal para evitar tragedias humanas, y pérdidas materiales (Figura 4).



FIGURA 4. Cabeza de la cárcava Chicharronal, septiembre 24 de 2003. Los lodos se dirigen hacia el Barrio La Gran Colombia situado en la parte baja.

Intervención en la cárcava

Todos los puntos de entrada de aguas de escorrentía hacia la cabecera de la cárcava Chicharronal provenientes de la vía que conduce a la vereda Santa María se manejaron con obras de bioingeniería. Se fraccionó el caudal de aguas de escorrentía mediante ventanas de evacuación que consisten en zanjas de 50 cm de ancho cubiertas con pasto, cada 5 a 10 m aproximadamente (Figura 5).



FIGURA 5 Ventanas cada 5-10 m, protegidas con gramíneas para fraccionar los caudales de escorrentía. Febrero 11 de 2004.

En algunas ventanas se establecieron disipadores de energía, que consisten en guadua y ramas colocadas a través de la pendiente del terreno, a diferentes distancias dependiendo de la inclinación (Rivera, 1998, 2002a; Anaya et al., 1977).

Se controlaron las entradas de agua a la cárcava especialmente en los sitios críticos, mediante un caballón de tierra sembrado con vegetación nativa (Figura 7).



FIGURA 6. Ventana con disipadores de energía de aguas de escorrentía, construidos con guadua



FIGURA 7. Caballón revegetalizado bordeando la cabeza de la cárcava Chicharronal y disipadores de energía dentro de ella. Octubre 24 de 2004 (fotos: Mauricio Carvajal).

Se hicieron disipadores transversales de energía de las aguas de escorrentía, con guadua, a través de la carretera para llevar las aguas de escorrentía de una cuneta a la otra y evitar la concentración de éstas en un solo sitio (Figura.8).

FIGURA 8. Disipadores de energía de aguas de escorrentía a través de la banca de la carretera.



El fondo y los taludes verticales de la cárcava se sembraron con pastos, matarratón *Gliricidia sepium* y leucaena *Leucaena leucocephala*, como disipadores de energía y para estimular la regeneración natural de la vegetación. Se bordeó la cárcava con una barrera continua de cactus gris *Cereus griseus*, piñuela *Bromelia plumieri* y cabuya *Furcraea cabuya*. Estas especies cumplen el papel de barrera piroresistente para evitar la quema de la vegetación establecida dentro de la cárcava. Finalmente se cercó el área alrededor de la cárcava, para evitar la entrada de animales al sitio y favorecer el crecimiento de la vegetación nativa (Figura 9).



FIGURA 9. Cerco vivo de cactus como barrera piro-resistente alrededor de la cárcava Chicharronal. Agosto 9 de 2004 (foto: Mauricio Carvajal).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El diagnóstico del área de estudio permitió establecer que el proceso de degradación en la cárcava Chicharronal, estaba ligado al manejo inadecuado de cultivo de piña (con quemas y desyerbas con azadón y herbicidas), el sobrepastoreo y el mal manejo de las aguas de escorrentía provenientes de la carretera.

La solución definitiva del problema exige erradicar las quemas generalizadas y desyerbas drásticas, y propiciar un manejo integrado de coberturas para los cultivos transitorios (Berrocal y Rivera, 2003; Gómez y Rivera, 1994; Rivera, 2004, 2002b; 2000; 1999b; 1997). Así mismo, es necesario promover usos de la tierra que integren árboles.

A pesar de ser un enclave seco, esta zona tiene lluvias muy intensas durante un periodo del año. Por esta razón requiere coberturas permanentes que atenúen el impacto directo de las lluvias y reduzcan la energía cinética del avance de las aguas de escorrentía.

Uno de los indicadores más importantes de restauración en la cárcava Chicharronal fue la regeneración natural inmediata de las coberturas vegetales como respuesta a la estabilización del terreno, una vez se suspendió la entrada de aguas de escorrentía a la cárcava.

Las estructuras de hormigón o concreto se deterioran con el tiempo, lo que las hace menos eficaces. La vegetación por el contrario, al multiplicarse, prospera y mejora a través de los años, tal como se observó en el presente proyecto, con una regeneración natural vigorosa en 90% del área, alrededor y en el interior de la cárcava (Figura 10).

Los trabajos de campo se llevaron a cabo en su totalidad con mano de obra local y recursos vegetales propios de la zona. Esto permitió reducir los costos de estabilización en 85 %,

resultados similares a los encontrados por Rivera (2002c, 2002d, 2002e, 2001, 1999a, 1998) y Rivera y Sinisterra (2007) en control de cárcavas y derrumbes en suelos de ladera.

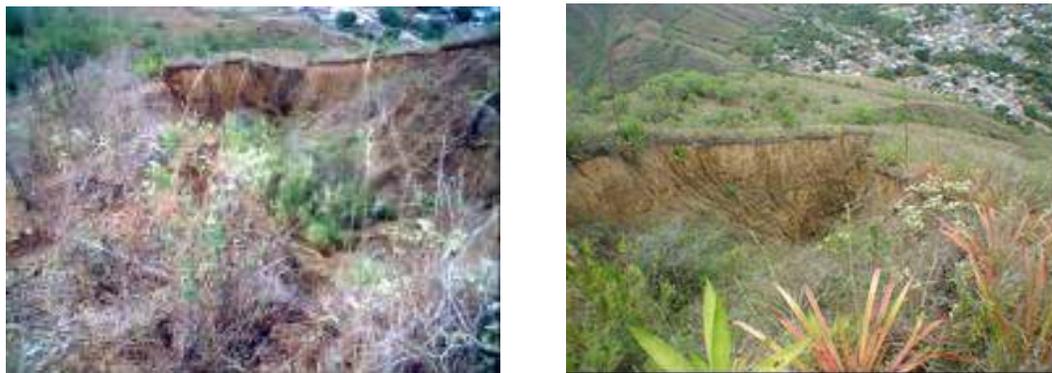


FIGURA 10. Estado inicial del suelo desnudo (izquierda) de la cárcava Chicharronal antes del proceso de estabilización, por cubrimiento de la vegetación natural luego del manejo de las aguas de escorrentía (derecha). (Abril de 2004 a Marzo de 2006).

Al comparar las imágenes tomadas con una diferencia de 11 meses (figura 10), se observa un mayor desarrollo de la vegetación en el fondo o cauce de la cárcava que en los taludes laterales, donde la alta pendiente dificulta el establecimiento de las plantas. Sin embargo, el establecimiento de plantas en el cauce o fondo de la cárcava, es un indicador importante de estabilización. La vegetación impide la profundización del cauce, el desplome de los taludes laterales y el avance remontante, siempre y cuando no penetren las aguas de escorrentía ni afloren las aguas subterráneas. Esto indica que la prioridad en la estabilización de cárcavas, debe ser prevenir el socavamiento del fondo, lo que facilita el cubrimiento posterior mediante siembra o regeneración natural de los taludes laterales ya estabilizados. Esta cobertura vegetal, es la que detiene el arrastre de sedimentos.

En la Figura 11 se observa, la recuperación natural de la vegetación en el cono de deyección en un período de 22 meses (enero de 2004 a marzo de 2006) como resultado de los trabajos realizados en la parte alta de la cárcava. El problema de las inundaciones en las viviendas del barrio La Gran Colombia, se resolvió tres meses después de iniciados los trabajos de manejo de aguas en la parte alta de la cárcava.



FIGURA 11. Izquierda (enero de 2004), cono de deyección de la cárcava Chicharronal. Se observa el aporte y depósito de materiales, que inundaban las viviendas del barrio La Gran Colombia. Derecha (marzo, 2006), cubrimiento rápido del sitio con plantas de cobertura.

BIBLIOGRAFIA

- ANAYA G.,M.; MARTINEZ M., MR.; TRUEBA C.,A.; FIGUEROA S., B.; FERNANDEZ M., O. 1977. Manual de Conservación de suelos y del agua. Chapingo (México), Colegio de Postgraduados. 581 p.
- BERROCAL M., A., M.; RIVERA P., J.H. 2003. Rotación de cultivos intercalados con café, utilizando el Manejo Integrado de Arvenses. . Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 2003. 8 p. (Avances Técnicos CENICAFE N° 307)
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FEDERACAFÉ). 1975. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná (Colombia). Manual de conservación de suelos de ladera. 1ª edición. Chinchiná Colombia), Cenicafé. 267 p.
- GOMEZ A., A.; RIVERA P., J.H. 1994. Recomendaciones para establecer el manejo integrado de malezas. Chinchiná (Colombia), CENICAFE 1994 4 p. (Avances Técnicos CENICAFE N° 204).
- GRAY, D. H.; SOTIR, R.B. 1996. Biotechnical and soil bioengineering: Slope Stabilization, a practical guide for erosion control. John Wiley and Sons. 378 p.
- LAL, R.; STEWART B., A. 1995. Soil Management, Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality. CRC Press, Inc. 555 p.
- MORGAN R.P.C. 1986. Soil Erosion and conservation. New York United State. Edited by John Wiley & Sons INC. 605 Third Avenue. 298 p.
- OLMOS, E. y MONTENEGRO, H. Inventario de los problemas de la erosión y degradación de los suelos de Colombia. En: Resúmenes del Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 4 y Coloquio “La degradación de los suelos en Colombia”, Neiva (Colombia), 18-21 de agosto de 1987, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1987. p.23.
- RIVERA P., J.H. 2004. Manejo Integrado de Arvenses con criterios de Sostenibilidad In: XI Congreso Venezolano de Malezas. Manejo de Malezas con Visión Ecológica, 2004. San Cristóbal. Memorias XI Congreso Venezolano de Malezas, San Cristóbal. Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela. P 9 – 41.
- RIVERA P, J.H. 2002b. Manejo Integrado de Arvenses en cultivos de ladera de la región cafetera colombiana como práctica sostenible de los recursos suelo y agua. In: Memorias XXXII Congreso Anual Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal – COMALFI. Conferencia Magistral. COMALFI, Santa Marta, Marzo 20 a 22 de 2002. 2002. pp 104 –126
- RIVERA P., J.H. 2000. Manejo integrado de arvenses y control de problemas de erosión en suelos de ladera de la zona cafetera colombiana. In: Curso para Caficultores “como mejorar la rentabilidad de las fincas cafeteras”. Julio 4-7, 2000. Chinchiná (Colombia), Cenicafé 2000. 7p. 21 refs. Esp
- RIVERA P., H. 1999b. El Manejo Integrado de Arvenses en Cafetales Aumenta los Ingresos y Evita la Erosión. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1999. 4 p. (Avances Técnicos CENICAFE N° 259).
- RIVERA P., H. 1997. Establezca Coberturas Nobles en su Cafetal utilizando el Selector de Arvenses. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1997. 8 p. (Avances Técnicos CENICAFE N° 235).