

471

Septiembre de 2016
Gerencia Técnica /
Programa de Investigación Científica
Fondo Nacional del Café



Conservación del suelo en épocas de altas precipitaciones

En la región cafetera colombiana la distribución de lluvias durante el año es variada y se asocia con dos períodos de mayor precipitación en la zona central y un solo período para las zonas norte y sur. En la zona cafetera central norte estos períodos van de mayo a junio y de septiembre a noviembre; en la zona central sur de marzo a mayo y de septiembre a diciembre; en la zona norte de mayo a noviembre y en la zona sur de octubre a mayo (8).

Los períodos de altas precipitaciones pueden afectar negativamente los suelos, bien sea de forma superficial o profunda. La afectación superficial se caracteriza por **procesos de erosión hídrica** que incluyen la pérdida de las partículas de suelo de tamaño medio y fino, pertenecientes a los primeros diez centímetros del perfil. La afectación profunda se relaciona con los **movimientos en masa** y consta de procesos de pérdida rápida de grandes volúmenes de suelo (sin distinción de tamaño de partículas) y subsuelo, que alcanzan varios metros de amplitud y profundidad.

Avances Técnicos
Cenicafé





Cenicafé
Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Luz Adriana Lince Salazar
Investigador Científico I

Wadi Andrey Castaño Castaño
Asistente de Investigación

Andrés Felipe Castro Quintero
Asistente de Investigación

Fabio Alexis Torres Angarita
Asistente de Investigación

Disciplina de Suelos
Centro Nacional de Investigaciones
de Café - Cenicafé
Manizales, Caldas, Colombia

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé

Diagramación

Luz Adriana Álvarez Monsalve

Imprenta

ISSN - 0120 - 0178

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.

Manizales, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

Dada la importancia de estos dos procesos en la zona cafetera colombiana, en este Avance Técnico se presenta información acerca de sus orígenes y las prácticas de manejo.

Erosión hídrica

De forma general, la erosión hídrica puede dividirse en cuatro fases (Figura 1):

1. Impacto de la gota de lluvia al suelo

Genera un desprendimiento de las partículas más finas como son limos y arcillas.

2. Erosión laminar

Proporciona un arrastre de las partículas finas a lo largo de la ladera por efecto de la lluvia.

3. Canales preferenciales (surcos)

Tienen una profundidad de hasta 10 cm, con arrastre de partículas del suelo finas y medias.

4. Cárcavas

Corresponde a la fase más avanzada y se considera como el estado más severo de erosión, se evidencian concavidades mayores a 10 cm de profundidad y 50 cm de ancho (4).

La severidad de la erosión hídrica en la zona cafetera colombiana se resume en tres factores: erosividad, erodabilidad y manejo del suelo.

1. Factor erosividad

Hace referencia a la cantidad de lluvia que dinamiza la erosión hídrica. Los procesos de este tipo son generados por la fuerza que alcanza la gota de lluvia, que al impactar en el suelo ocasiona un desprendimiento de partículas, las cuales posteriormente son arrastradas por el agua de escorrentía. Los expertos indican que es la forma más acelerada de degradación del suelo.

Una de las formas más comunes y menos rígidas para evaluar la erosividad es el método modificado de Fournier (MMF), el cual consiste en relacionar las precipitaciones totales mensuales con las precipitaciones totales anuales para cada mes, en una serie de tiempo, que generalmente es superior a 5 años.

Los resultados encontrados para la zona central cafetera colombiana indican que la erosividad es de alta a muy alta (Tabla 1).



Figura 1. Fases de erosión hídrica.

Tabla 1. Valores promedio del índice de erosividad (5).

Departamento	Municipio	Estación climática	Erosividad (MJ. mm.ha ⁻¹)	Clasificación
Risaralda	Balboa	La Tribuna	10.882,74	Muy alta
Risaralda	Belén de Umbría	La Elvira	10.437,13	Muy alta
Risaralda	Pereira	Planta de Tto.	11.206,53	Muy alta
Risaralda	Quinchía	El Diamante	9.135,34	Alta
Risaralda	Quinchía	La Oriental	9.223,85	Alta
Quindío	Calarcá	Quebradanegra	11.365,76	Muy alta
Quindío	Montenegro	Sorrento	9.453,81	Alta
Quindío	Armenia	Tucumán	9.963,63	Alta
Quindío	Quimbaça	Vivero	10.069,77	Muy alta

2. Factor erodabilidad

Se relaciona con la resistencia del suelo a la agresividad de la lluvia. Este factor está determinado tanto por las condiciones naturales del suelo como por las condiciones de manejo. Por esta razón, un suelo cuyo porcentaje de materiales finos es alto tiende a ser menos resistente a la acción del agua, porque sus partículas se oponen menos al movimiento que un material grueso; incluso la abundancia de material fino también puede limitar la infiltración del agua en el perfil de suelo, lo que conlleva a una mayor escorrentía con partículas en suspensión, que favorece la fuerza de rozamiento y con ello, una mayor erosión.

La alta susceptibilidad generada por la abundancia de partículas de tamaño fino, puede ser mejorada gracias a los contenidos de materia orgánica y elementos como el calcio, debido a que éstos favorecen la agregación entre partículas y aumentan la atracción iónica, haciendo que los materiales finos respondan frente a la agresividad de la lluvia como si fueran materiales gruesos (Figura 2).

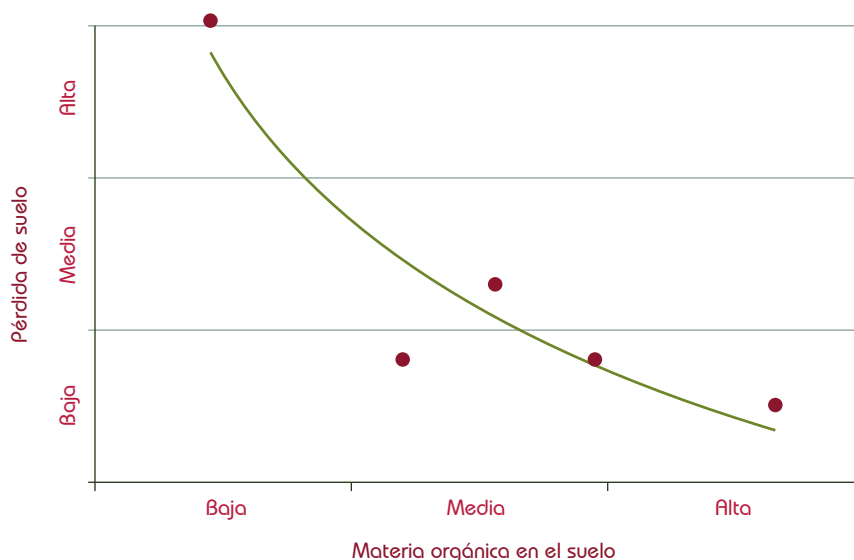


Figura 2. Pérdida de suelo en función de los contenidos de la materia orgánica del suelo.

Los resultados de la zonificación de los suelos de la zona cafetera colombiana muestran que más del 80 % del área cartografiada presenta grado de erosión de moderado a severo (Tabla 2).

Tabla 2. Grado de erosión de las Unidades Cartográficas de la región cafetera colombiana.

Erosión	Unidad cartográfica	Área de las unidades cartografiadas frente al área total (%)	Departamento
Muy baja a baja	Montenegro, Pedrero, Quindío, Filandia	2,3	Valle del Cauca, Quindío
Ligera	Saladoblanco, La Cristalina, Sargento, Laboyos, San Agustín, Timaná, Asia, La Cabaña, El Tablazo, Suaza, Isnos, Doña Juana, Tambo, Río Lejos, La Concha, Sandoná, La Vega, La Plata, San Adolfo, El Rosario, El Mortiño, Elías, Mayo, El Vergel	6,9	Cundinamarca, Huila, Caldas, Quindío, Nariño, Tolima
Ligera a moderada	Chinchiná, Veinte	8,0	Antioquia, Risaralda, Cundinamarca, Caldas, Valle del Cauca, Quindío

Erosión	Unidad cartográfica	Área de las unidades cartografiadas frente al área total (%)	Departamento
Moderada	Mendarco, Oriente, Llano de Palmas, Suroeste, El Recreo, Fresno, Guadalupe, Líbano, Malabar, La Frisolina, Puracé, Aures, Dovio, Fondesa, Cajibío, Junín, Río Manso, Pubenza, Purnio, La Miel, Génova, Amagá, Siberia, Titiribí, La Espiga, Veracruz, Cartagenita, Cincho, Santa Bárbara, El Carmelo, Letras, Peñol, San Diego, San Francisco, El Tambillo, Sonsón, Los Robles, Tareas, Iberia, Buenavista, Sucre, Llana Fría, Colón, Tablazo, El Salado, Patiobonito, Suroeste, Belén, El Socorro, Monterredondo, Villanueva, Sincerín, Cantarranas, Cedral, La Pradera, Las Colonias, Oiba, Pácora, Tarapacá	30,3	Tolima, Antioquia, Santander, Huila, Caldas, Cundinamarca, Risaralda, Valle del Cauca, Quindío, Cauca, Norte de Santander, Nariño
Moderada a severa	Guamal, La Montaña, Manaure, El Encanto, Puente Umbría, Ospirma, Chuscal, Parnaso, Perijá, Manila, El Palmar, Balboa	2,5	Risaralda, Valle del Cauca, Caldas, Cesar
Severa	Villeta, Pensilvania, San Simón, Salgar, Campoalegre, Lengupá, Doscientos, El Ropero, Venecia, Mondomo, Gualí, Chanchón, Piendamó, Timbío, Miraflores, Seguengue, Florencia, Anaime, La Victoria, La Mutis, Cáqueza, Villapaz, Norte, Paujil, Catarina, La Laguna, Armenia, Tacueyó, Garzón, Güengüé, Ancuya, Puerto Caldas, La Estrella, Cínera, Maiba, Santa Cruz, La Primavera, La Loma, Pulpito, Alaska, Combeima, San Calixto, Balboa, Cascarero, Tobo, Abejorral, La Laja, La Herradura, Rionegro, Minas, Limones, La Palma, Buriá, La Quiña, Guaduas	49,4	Cundinamarca, Tolima, Huila, Caldas, Antioquia, Boyacá, Santander, Cauca, Norte de Santander, Risaralda, Valle del Cauca, Nariño
Extrema	Salinas, Río Hondo, Pueblito, Calandaimo	0,6	Antioquia, Cauca

3. Manejo del suelo

Este aspecto es determinante para minimizar el efecto de la erosividad y disminuir la erodabilidad. Como se mencionó anteriormente, la erosividad se explica por la altura de la caída de la gota y por el peso de la misma, es decir, entre más alto caiga la gota y entre más gruesa sea, más fuerte será el desprendimiento de las partículas de suelo (10).

Una de las mejores prácticas para disminuir la erosión es tener sistemas multiestrato en el lote, con la altura de la planta de café como punto medio, es decir, árboles por encima del café y coberturas nobles a nivel del suelo.

Generalmente, las especies arbóreas que se establecen son nogal cafetero, guamo santaferoño, guamo macheto, cedro negro, gualanday, quiebrabarrigo, guayacán y arboloco, entre otros, según las condiciones de cada zona (3). La condición natural es que la gota gane tamaño y peso al deslizarse por las hojas de los árboles, pero puede ser perjudicial si sólo se tienen árboles de gran altura, condición que puede manejarse con un sistema multiestrato.

Otras de las prácticas que pueden realizarse son aquellas tendientes a disminuir la velocidad del agua de escorrentía y los retenedores de partículas de suelo, como las barreras vivas de vetiver, citronela, limoncillo, tefrosia, crotalaria y guandul, así como las siembras en contorno y las fajas o bloques.

La práctica más efectiva para disminuir la erosión hídrica es mantener el suelo con coberturas nobles (Tabla 3), lo cual se logra con el manejo integrado de arvenses.

Tabla 3. Eficiencia de algunas prácticas de conservación de suelos para el control de la erosión. Tomado de Gómez *et al.* (4).

Prácticas de conservación de suelos	Máxima eficiencia (%)
Siembra en contorno	30
Barreras vivas	60
Cultivo en fajas	60
Sombrío de guamo	95
Coberturas nobles	97

Movimientos en masa

Los movimientos o remociones en masa son un fenómeno natural atribuido al desplazamiento de grandes volúmenes de suelo o desprendimiento de roca, sin distinción de tamaño de partículas. Estos movimientos se generan sobre una superficie de debilidad (superficie de falla) y son favorecidos por la acción de la gravedad (1), lo que ocasiona pérdida de área productiva y transformación del paisaje (Figura 3).

Los movimientos en masa se originan por la presencia de uno o varios factores categorizados como cuasi-estáticos y dinámicos, así:

Factores cuasi-estáticos

Litológicos. Concernientes a las capas de materiales del suelo de diferente permeabilidad, grado de meteorización y disposición de los planos de estratificación de la roca.

Topográficos. Relacionados con el porcentaje de inclinación de la pendiente del terreno.

Factores dinámicos

Climáticos. Precipitaciones fuertes o continuas.

Tectónicos. Sismos (movimiento profundo de la litosfera).

De estos factores, el clima es el principal activador de movimientos en masa en períodos de altas precipitaciones (9). Sin embargo, además de los factores ya mencionados, es importante considerar los factores antrópicos, como los tanques con fugas, mangueras rotas, disposición inadecuada de aguas domésticas, falta de mantenimiento de los canales para conducción de aguas lluvias, mal trazado de las vías y líneas de conducción de acueductos en mal estado, entre otros (2).



Figura 3. Movimiento en masa que afecta el área productiva.

En la región cafetera colombiana, los suelos derivados de ceniza volcánica presentan alta susceptibilidad a los movimientos en masa en época de altas precipitaciones, debido a que los depósitos de ceniza formadores del suelo reposan sobre materiales de permeabilidad inferior, lo que crea una interrupción en el flujo hídrico a nivel de subsuelo, hecho que produce una acumulación de agua que actúa como detonante para desplazamiento de grandes volúmenes de suelo y subsuelo.

En el campo pueden visualizarse algunos indicios de desplazamientos del terreno (6), como:

- ▶ **Líneas de postes o árboles inclinados en una misma dirección.**
- ▶ **Presencia de grietas en zonas con pendientes fuertes.**
- ▶ **Raíces de vegetación reventadas.**
- ▶ **Desprendimiento de pequeñas cantidades de roca y suelo en los taludes.**
- ▶ **Saturación de agua en el terreno, evidenciada por afloramiento de puntos de agua, superficie del suelo con apariencia lodosa y encharcamientos, tonos grisáceos, azulosos y olores fétidos.**

Para reducir la posibilidad de ocurrencia de un movimiento en masa se tienen estrategias de uso adecuado del suelo y obras de bioingeniería.

Uso adecuado del suelo

Contempla el establecimiento de diferentes sistemas de producción como los agroforestales (asociación de árboles y cultivos), los silvopastoriles (la asociación de árboles con ganadería) y los agrosilvopastoriles (árboles

con cultivos y ganadería). Además, en dichas áreas deben tomarse medidas preventivas como la conducción oportuna de las aguas lluvias hasta el drenaje natural, implementación de prácticas de conservación y sellamiento de grietas con suelo del mismo lugar.

Bioingeniería o restauración ecológica

Se aplica en los casos en donde se encuentren evidencias de desplazamiento del suelo, para lo cual se realiza un diagnóstico que comprende un monitoreo exhaustivo de las posibles causas que indujeron a la remoción en masa, haciendo énfasis en la distribución del agua en el lote, ya que las lluvias son el principal causante de la saturación del suelo. Una vez identificado el origen del problema se procede a decidir la viabilidad para intervenir el sitio afectado y, posteriormente, proceder a su restauración ecológica.

En la restauración ecológica se contempla la utilización de materia vegetal, tanto para siembra como para construcción de estructuras. Para la siembra se identifica el material que se acople a las condiciones climáticas y edáficas de la zona, con el fin de asegurar su desarrollo y permanencia, ya que su función es la de favorecer la cohesión del suelo, disminuir la erosión y mejorar la infiltración.

Las estructuras se diferencian según su función, bien sea de **estabilización**, **conducción** y **drenaje**, existiendo algunas que cumplen más de un propósito, como es el caso de los trinchos con vertedero, que además de estabilizar conducen el agua y retienen sedimentos. Como ejemplo de las estructuras de estabilización se tienen trinchos intercalados, trinchos escalonados y árboles de apuntalamiento. Para conducir y drenar las aguas a nivel superficial y subsuperficial se utilizan los canales en forma de “U”, disipadores y filtros vivos en guadua o de otras especies que sean de fácil rebrote por nudos y conserven su mismo diámetro.

Recomendaciones

De manera general, en las Tablas 4, 5 y 6, y en las Figuras 4 y 5 se presentan algunas prácticas de monitoreo e intervención para el manejo de la erosión y los movimientos en masa, teniendo en cuenta la distribución de las precipitaciones para cada una de las zonas cafeteras definidas por Jaramillo y Ramírez (8). Las prácticas donde se recomiendan siembras en contorno y fajas deben realizarse teniendo en cuenta las épocas recomendadas en la Tabla 5.

Tabla 4. Recomendaciones para el manejo de la erosión según la distribución de las precipitaciones y la inclinación del terreno.

Mes	Inclinación del terreno (%)				
	0 % - 5%	5% - 10%	10% - 20%	20% - 40%	> 40%
Zona Cafetera Norte					
Enero, febrero, marzo	A	A	A	A	ACD
Abril, mayo, noviembre y diciembre		AD	ACD	ABC	AED
Junio a octubre			AC	ACD	ACDF
Zona Cafetera Central Norte					
Enero, febrero, marzo, julio y agosto	A	A	A	AB	ABD
Abril, noviembre, diciembre		AD	ACD	ABC	AED
Mayo, Junio, septiembre y octubre			ABC	ABCD	ACDEF
Zona Cafetera Central Sur					
Enero, febrero, junio, julio, agosto	A	A	A	A	AD
Marzo, septiembre, diciembre		AD	ACD	ABC	AED
Abril, mayo, octubre, noviembre			ABC	ABCD	ACDEF
Zona Cafetera Sur					
Julio, agosto	A	A	A	A	AD
Junio, septiembre		AD	ACD	AC	AD
Enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre, diciembre			ABC	ABCD	ACDEF

A: Mantener el lote con coberturas vivas y/o muertas; B: Sembrar en contorno; C: Establecer barreras vivas; D: Plantar árboles de conservación; E: Sembrar en bloques o fajas; F: Realizar acequias.

Tabla 5. Épocas recomendadas para la siembra del café en Colombia (7).

Zona Cafetera	Mes recomendado para siembra
Norte	Entre abril y mayo
Central Norte	Entre marzo y abril y entre septiembre y octubre
Central Sur	En marzo y en octubre
Sur	En octubre



Figura 4. Prácticas recomendadas en conservación de suelos.

Tabla 6. Recomendaciones para el monitoreo e intervención de sitios susceptibles a movimientos en masa, según la distribución de las precipitaciones.

Mes	Indicador de afectación					
	Sin evidencia	Grietas	Afloramiento de agua sub-superficial	Zona encharcada	Inclinación de postes y cercas	Movimiento del terreno
Zona Cafetera Norte						
Enero, febrero, marzo	AB	AE	AB	AB	AB	ABF
Abril, mayo, noviembre y diciembre	AB	AE	AB	ABD	ABDF	ABCDF
Junio a octubre		F	F	F	F	F
Zona Cafetera Central Norte						
Enero, febrero, marzo, julio y agosto	AB	AE	AB	AB	AB	ABF
Abril, noviembre, diciembre	AB	AE	AB	ABD	ABDF	ABCDF
Mayo, Junio, septiembre y octubre		F	F	F	F	F
Zona Cafetera Central Sur						
Enero, febrero, junio, julio, agosto	AB	AE	AB	AB	AB	ABF
Marzo, septiembre, diciembre	AB	AE	AB	ABD	ABDF	ABCDF
Abril, mayo, octubre, noviembre		F	F	F	F	F
Zona Cafetera Sur						
Julio, agosto	AB	AE	AB	AB	AB	ABF
Junio, septiembre	AB	AE	AB	ABD	ABDF	ABCDF
Enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre, diciembre		F	F	F	F	F

A: Mantenimiento de manguera y tanques; B: Mantenimiento a los canales para conducción de aguas lluvias, domésticas y de beneficio; C: Construcción de obras de retención (trinchos, terrazas, árboles de apuntalamiento); D: Construcción de obras de drenaje (canales, zanjas, filtros); E: Sellamiento de grietas; F: Aislamiento de la zona.



Figura 5. Prácticas recomendadas en prevención de movimientos en masa.



Literatura citada

1. CRUDEN, D.M. A simple definition of a landslide. Bulletin of the international association of engineering geology 43(1):27-29. 1991.
2. CORNFORTH, D.H. Landslides in practice investigation analysis and remedial preventative options in soils. New Jersey : John Wiley & Sons, 2005. 596 p.
3. FARFÁN V., F.F. Agroforestería y sistemas agroforestales con café. Manizales : Cenicafé : FNC, 2016. 342 p.
4. GÓMEZ, A.A.; ALARCÓN, C.H.; GRISALES, G.A. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná : Cenicafé, 1975. 65 p.
5. LINCE S., L.A.; CASTRO Q., A.F. Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío Colombia. Cenicafé 66(1):25-31. 2015.
6. LINCE S., L.A.; OROZCO C., A.M. Estudio de susceptibilidad por movimientos en masa y caracterización geotécnica de los materiales en el área de influencia de la conducción del acueducto de Filadelfia. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de ciencias exactas y naturales, 2001. 191 p. Tesis: Geóloga.
7. JARAMILLO R., A. Épocas recomendadas para la siembra del café en Colombia. Manizales : Cenicafé, 2016. 12 p. (Avances Técnicos No. 465).
8. JARAMILLO R., A.; RAMÍREZ B., V.H. Gestión del riesgo agroclimático fuentes de amenaza climática para el café en Colombia. p. 74-87. En: CENICAFÉ. Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná : FNC : Cenicafé, 2013. 3 vols.
9. RAHARDJO, H.; LIM, T.T.; CHANG, M.F.; FREDLUND, D.G. Shear-strength characteristics of a residual soil. Canadian geotechnical journal 32(1):60-77. 1995.
10. WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil science society of America journal 23(3):246-249. 1959.

