



## Reconozca los factores que pueden causar deslizamientos en su finca y establezca acciones para su prevención

Los movimientos en masa o deslizamientos se definen como el desplazamiento de porciones de suelo, roca o de ambos materiales a lo largo y ancho de una pendiente (Sassa, 2007). Aunque se trata de procesos naturales, en regiones de montaña habitadas por el hombre son más recurrentes y generan mayor impacto debido a la intervención de las laderas por la acción humana (Figura 1). El impacto social y económico causado por los movimientos en masa es severo y se refleja en la pérdida de vidas humanas, reducción de la productividad, obstrucción de carreteras y caminos, afectación de viviendas, acueductos rurales y plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros.

Una forma simple de saber si un terreno es susceptible a deslizamientos de tierra es observar si en el pasado se han presentado con frecuencia, es decir, entender si hay antecedentes de ocurrencia recientes o antiguos que los pobladores recuerden. Lo anterior, se justifica debido a que la interacción de las condiciones ambientales específicas de cada sitio permanece en el tiempo (Guzzetti et al., 2005) y, por lo tanto, si en el pasado reciente ocurrieron movimientos en masa, puede inferirse que el terreno es susceptible a este tipo de fenómenos. Por ejemplo, si la finca cafetera se encuentra cerca o en un área donde los deslizamientos históricamente han sido frecuentes, existe mayor posibilidad de que el terreno de esta finca sea más susceptible a este problema, si las condiciones ambientales son similares. Es así como en regiones cafeteras de Colombia surge la necesidad de conocer los factores que pueden causar remociones en masa para tomar medidas en el uso y manejo del suelo.





Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

#### Autores

**Luis Fernando Salazar Gutiérrez**  
Investigador Científico II  
<https://orcid.org/0000-0003-2302-4825>

Disciplina de Suelos  
Centro Nacional de Investigaciones  
de Café, Cenicafe  
Manizales, Caldas, Colombia

**Juan Carlos Menjivar Flores**  
Universidad Nacional de Colombia  
<https://orcid.org/0000-0002-0985-7778>

**Hernán Eduardo Martínez-Carvajal**  
Universidad Nacional de Colombia  
<https://orcid.org/0000-0001-7966-1466>

DOI (Digital Object Identifier)  
<https://doi.org/10.38141/10779/0559>

#### Edición

Sandra Milena Marín López

#### Fotografías

Archivo Cenicafe

#### Diagramación

Luz Adriana Álvarez Monsalve

#### Imprenta

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

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) 8500707  
A.A. 2427 Manizales  
[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)



**Figura 1.** Deslizamiento de tierra en el municipio de Manizales (Caldas).

El objetivo del presente Avance Técnico es presentar los factores de susceptibilidad a movimientos en masa, al tomar como ejemplo, un estudio de caso en una **cuenca hidrográfica**<sup>1</sup> de la región Noroccidental del departamento de Caldas, para contribuir a la comprensión de la susceptibilidad a los deslizamientos en regiones cafeteras con condiciones afines y proponer acciones para su prevención.

## Área de estudio

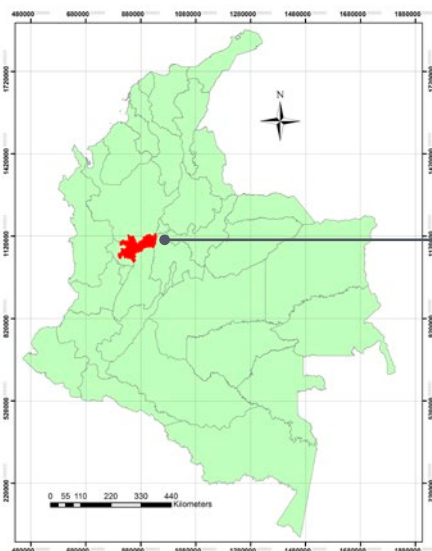
La investigación se realizó en el municipio de Pácora (Caldas), en la cuenca hidrográfica La Mica (Figuras 2 y 3), afluente del río Pácora, y del río Cauca. La cuenca hidrográfica La Mica se ubica en la vertiente Occidental de la cordillera Central, con altitudes que oscilan desde 1.175 m hasta 2.400 m, precipitación anual de 2.874 mm, un área de 12,6 km<sup>2</sup> y está cubierta por bosques y cultivos de pasto, frutales, café y plátano.

## Inventario de deslizamientos

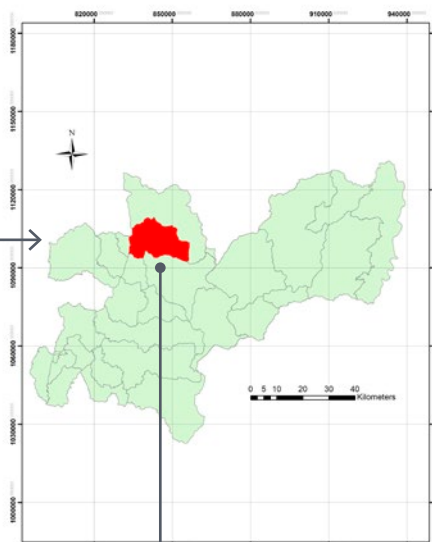
Este inventario consiste en la ubicación y dibujo en un mapa, del contorno o cicatriz del terreno que evidencia la ocurrencia anterior o actual de movimientos en masa, que puede realizarse al nivel de finca, cuenca hidrográfica, vereda y municipio, entre otros, y sirve para su estudio en diferentes escalas geográficas a través del tiempo. Por medio de imágenes aéreas y con verificación en el campo, en el año 2018, se identificaron y ubicaron en un mapa 356 movimientos en masa actuales e históricos, que cubrían el 4% del área de la cuenca hidrográfica, condición que evidencia su alta susceptibilidad a los deslizamientos, razón por la cual fue seleccionada para el estudio (Figura 4).

<sup>1</sup> Una cuenca hidrográfica, es un territorio delimitado por líneas divisorias de aguas, donde el agua fluye en forma natural hacia un mismo río, quebrada o corriente principal.

República de Colombia  
Departamento de Caldas



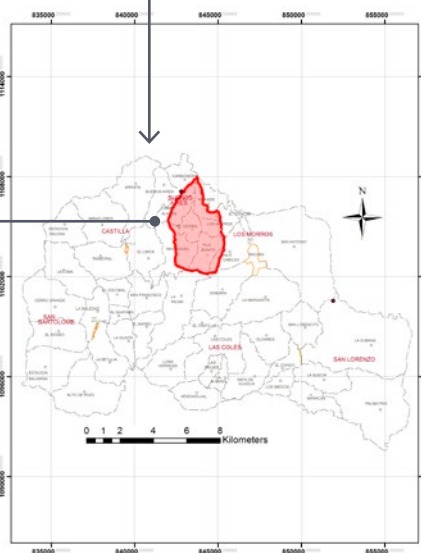
Departamento de Caldas  
Municipio de Pácora



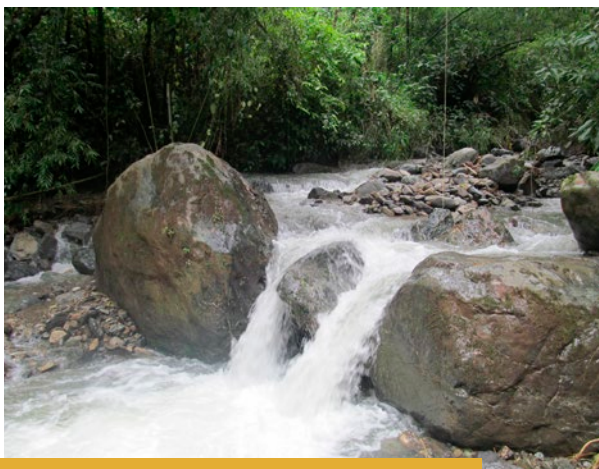
Corregimientos y veredas  
Cuenca La Mica



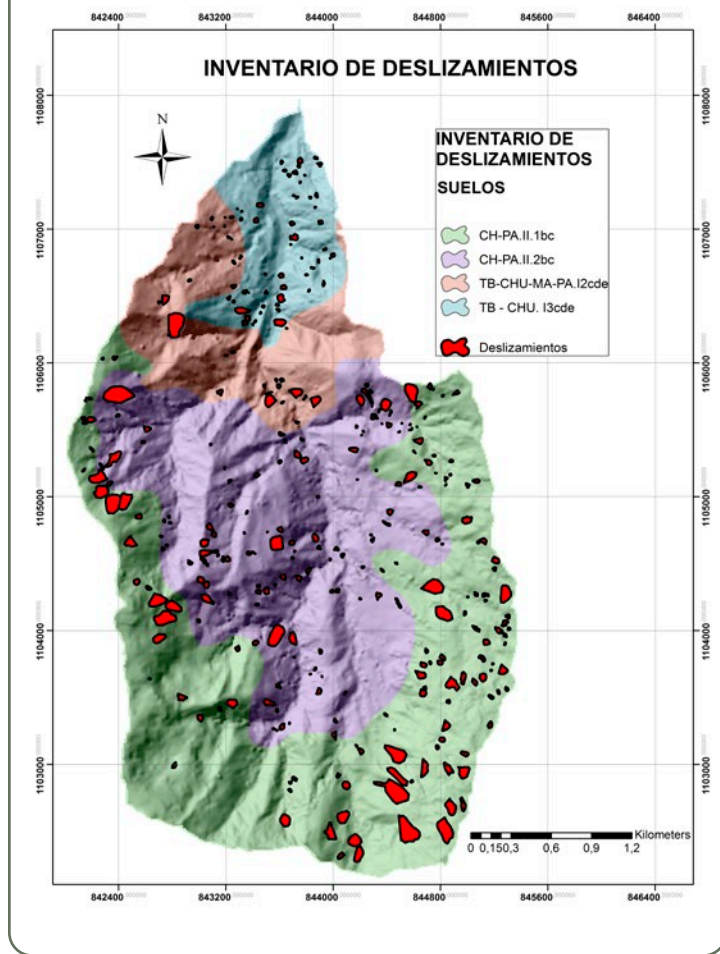
Municipio de Pácora  
Cuenca Hidrográfica La Mica



**Figura 2.** Ubicación de la cuenca hidrográfica La Mica (Pácora, Caldas).



**Figura 3.** Panorámica de la zona media y baja de la cuenca hidrográfica La Mica (Pácora, Caldas).



**Figura 4.** Inventario de deslizamientos en la cuenca. Notas: Unidades o complejos de suelo: Chinchiná-Pácora 1 (CH-PA II 1bc), Chinchiná-Pácora 2 (CH-PA II 2bc), Tablazo-Chuscal-Maiba-Pácora (TB-CHU-MA-PA I2cde), Tablazo-Chuscal (TB-CHU I3 cde).

## Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos

Se evaluó la susceptibilidad a deslizamientos mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) (Salazar et al., 2021). La calificación de la susceptibilidad en la escala, nula, muy baja, baja, media, alta o muy alta, fue obtenida a partir del **índice de susceptibilidad IS<sup>2</sup>** (van Westen et al., 1997). Cuando el IS es superior a cero significa que el factor tiene mayor relación con los movimientos en masa. Además, por medio del método estadístico de regresión

logística se determinó la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos mediante la intervención de diferentes factores; la probabilidad se refiere a la mayor o menor oportunidad de ocurrencia de movimiento en masa en la presencia del factor estudiado (Park et al., 2013).

## Factores relacionados con los deslizamientos

Con base en las metodologías expuestas, se presentan los factores que explican la susceptibilidad a deslizamientos en la cuenca hidrográfica cafetera La Mica. La Tabla 1 presenta la relación de las variables analizadas y sus respectivas calificaciones en términos de su aporte a la susceptibilidad a movimiento en masa del terreno en la zona estudiada.

### 1) Material parental y tipo de suelo

La presencia de rocas de origen metamórfico y basaltos débiles constituyó uno de los factores principales que permitieron explicar los deslizamientos en el área del estudio. La naturaleza de las rocas metamórficas, caracterizadas por presentar caras lisas, dispuestas en láminas, y las de los basaltos débiles, fácilmente deleznable, tienden a generar partículas que ejercen muy baja resistencia al movimiento. Como resultado, se presentan suelos sueltos y cascajosos. Las condiciones mencionadas son comunes en algunas regiones cafeteras de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Quindío, Caldas y Antioquia (Álvarez, 1995).

Sumado a lo anterior, las capas de cenizas volcánicas con espesores entre 3,0 m y 6,0 m, depositadas sobre material rocoso antes descrito, así como en las rocas metamórficas, dieron lugar a suelos con alta susceptibilidad a los movimientos en masa (suelos del complejo Chinchiná-Pácora 1) (Figura 4). Fenómeno que puede explicarse, debido a que el horizonte superficial derivado de las cenizas volcánicas, y con alto contenido de materia orgánica, por lo general es más permeable al agua que los horizontes subyacentes, esto conduce a que en condiciones de alta pluviosidad el subsuelo se sature por el agua y, por consiguiente, causa debilitamiento del terreno y mayor susceptibilidad al deslizamiento (Terlien, 1996).

<sup>2</sup> Es una medida numérica que permite entender el efecto de los factores ambientales en la susceptibilidad a deslizamientos. El índice IS se calculó a partir del Sistema de Información Geográfica (SIG), como el logaritmo natural de la relación entre las áreas de movimiento en masa y el área total para cada factor estudiado.

## 2) Pendiente

Los mayores grados de pendiente en la cuenca hidrográfica de estudio (26,6° a 36,9° y 36,9° a 65,0°) obtuvieron calificación de susceptibilidad media y alta, respectivamente. En condiciones similares al estudio, en zona cafetera Central, se ha encontrado que gran proporción de los deslizamientos ocurren en pendientes mayores a 25° equivalente a una pendiente del 55% (Terlien, 1996).

**Tabla 1.** Calificación de la susceptibilidad a deslizamientos por diferentes factores del terreno por el método de relación de frecuencias.

Factor	Clase	Calificación del índice de susceptibilidad (IS)
Pendiente (°)	0-4	Muy bajo
	4-6,8	Muy bajo
	6,8-14	Muy bajo
	14-26,6	Medio
	26,6-36,9	Medio
	36,9-65,05	Alto
Distancia a los drenajes naturales (m)	0	Medio
	0 a 20	Medio
	21 a 40	Medio
	41 a 60	Medio
	61 a 80	Medio
	81 a 110	Medio
	111 a 140	Bajo
	141 a 170	Bajo
	171 a 210	Muy bajo
	211 a 305	Nulo
Profundidad del perfil de suelo (m)	0-0,3	Bajo
	0,3 a 1,26	Bajo
	1,26 a 2,22	Medio
	2,22 a 3,20	Muy alto
	3,20 a 4,05	Alto
	4,05 a 4,81	Medio
	4,81 a 5,98	Medio

Factor	Clase	Calificación del índice de susceptibilidad (IS)
Unidad de suelo	CH-PA II 1bc	Alto
	CH-PA II 2bc	Bajo
	TB-CHU-MA-PA I2cde	Bajo
	TB-CHU I3 cde	Bajo
Unidad geológica	Kqs	Bajo
	Kob	Muy alto
	Kog	Alto
	Kqv	Medio
Distancia a fallas o lineamientos geológicos (m)	< 25	Medio
	25 -50	Medio
	50-100	Medio
	100-200	Medio
	200-400	Medio
	400-810	Bajo
	Distancia a las vías (m)	10
20		Medio
30		Medio
40		Medio
50		Medio
100		Medio
200		Medio
400		Medio
816		Muy bajo

**Notas:** Unidades o complejos de suelo: Chinchiná-Pácora 1 (CH-PA II 1bc), Chinchiná-Pácora 2 (CH-PA II 2bc), Tablazo-Chuscal-Maiba-Pácora (TB-CHU-MA-PA I2cde), Tablazo-Chuscal (TB-CHU I3 cde). Unidades geológicas: Complejo quebradagrande sedimentario (Kqs), complejo quebradagrande volcánico (Kqv), basaltos (Kob), gabros (Kog).

### 3) Fallas geológicas

Hacen referencia a zonas de fractura natural de la corteza terrestre, a lo largo de la cual ha habido un desplazamiento relativo de los bloques resultantes. Las fallas geológicas constituyeron otro de los factores determinantes en la manifestación de los deslizamientos. En la cuenca hidrográfica La Mica la susceptibilidad a los deslizamientos con relación a las fallas geológicas se clasificó entre media a baja. De esta forma, fue evidente que la frecuencia de los movimientos en masa disminuyó cuando el terreno se encontraba a una distancia mayor de 400 m de las fallas geológicas y aumentó a distancias entre menos de 25 m a 400 m de las fallas geológicas. Fenómeno que puede explicarse debido a que, por lo general, la debilidad de las rocas aumenta cerca de estas estructuras geológicas y como resultado, puede promoverse la ocurrencia de deslizamientos (Álvarez, 1995).



**Figura 5.** Protección de drenajes naturales con vegetación arbórea y arbustiva en la cuenca hidrográfica La Mica.

### 4) Drenajes naturales

Son cauces por donde fluye el agua en forma permanente o esporádica (ríos, quebradas y pequeños cauces afluentes). En la cuenca hidrográfica del estudio, la calificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con respecto de los drenajes naturales estuvo entre media a nula, la mayor cercanía con los drenajes naturales (0–110 m) se relacionó con la mayor susceptibilidad a los deslizamientos. Mientras que entre 111 a 305 m disminuyó la susceptibilidad. Estas áreas pueden estar asociadas a zonas de debilidad de los materiales geológicos (Álvarez, 1995). Lo anterior sustenta la recomendación que por varias décadas ha realizado la Federación Nacional de Cafeteros sobre la protección de drenajes naturales con vegetación arbórea natural, bosques de galería o bosque ripario, la cual es una práctica fundamental para la prevención de los movimientos en masa. El bosque ripario o de galería conforma ecosistemas que se encuentran aledaños a ríos, quebradas, nacimientos de agua, humedales y zonas de inundación, los cuales protegen el cauce en épocas de crecientes o inundaciones (Figura 5).

### 5) Vías o carreteras

La susceptibilidad a los deslizamientos de la cuenca La Mica según la distancia a las vías o carreteras fue de media a muy baja, a mayor distancia de las vías o carreteras disminuye la susceptibilidad a los deslizamientos. Lo anterior puede explicarse porque los caminos o carreteras modifican el curso natural del

agua de la ladera y conllevan a la concentración de aguas sobre porciones inestables de los taludes. Por otro lado, los cortes realizados para la construcción de los caminos o carreteras afectan la estabilidad del terreno, porque se remueve el soporte de la ladera y se causa sobrecarga de los taludes inferiores por el depósito con el material extraído en su construcción (Sidle, 2019).

## Acciones para la prevención de deslizamientos

Con base en los factores encontrados, más relacionados con los deslizamientos de tierra, se presentan las siguientes recomendaciones generales para la prevención de movimientos en masa en las fincas cafeteras, que se fundamentan en los resultados de investigación de Cenicafé (Cenicafé, 1975; Gómez & Rivera, 1993; Lince et al., 2018; Salazar & Hincapié, 2013).

### Material parental, tipo de suelo y fallas geológicas.

Cuando el sistema de producción de café se ubica en regiones con historial de deslizamientos o en zonas geológicamente inestables, deben ejecutarse al máximo las medidas de conservación de suelos, manejo del agua e implementar áreas de conservación, protección forestal y sistemas agroforestales con café.

En suelos derivados de cenizas volcánicas, con espesores profundos y que presenten disminución abrupta de permeabilidad a través del perfil, localizados en pendiente superior al 40% o 20°, en las partes

bajas y medias de las laderas deben sembrarse árboles adaptados a las condiciones ambientales de la zona, como nogal cafetero, cedro, guamo, balso, chachafruto, arboloco, ficus, sauce, guayacán, chaquiro o romerón, yarumo, nacedero y matarratón, entre otros, que ayudan a extraer el exceso de agua del terreno y mejoran el anclaje y soporte de la ladera. También deben implementarse sistemas de drenaje del suelo en sitios de alta acumulación de agua en épocas de lluvia. Los suelos de los diferentes lotes no deben permanecer encharcados ni saturados por el agua, por ello es necesario drenar y conducir el agua del suelo para brindar la estabilidad de la ladera.

**Pendiente.** En condiciones de alto grado de la pendiente, superior al 40% o 20°, deben tomarse mayores medidas de prevención a los deslizamientos, como la siembra de árboles de conservación que acompañen el cultivo del café, arvenses nobles, barreras vivas de vetiver o limoncillo, barreras muertas de rocas o ramas, dispuestas conforme a las curvas a nivel o a través de la pendiente para disminuir la velocidad del agua de escorrentía y evitar la erosión de los suelos. Además, en condiciones de la pendiente mayor al 30% o 15°, evitar la siembra de cultivos que conlleven al mayor disturbio del suelo como monocultivos de yuca, piña, frijol y hortalizas, entre otros.

**Drenajes naturales.** Es necesario reconocer y ubicar en un mapa de la finca, los sitios de afloramiento o nacimiento de agua en medio de los lotes, para hacer seguimiento y manejo de los mismos. En el mapa también deben ubicarse las líneas de drenaje natural principales de los lotes y de la finca, y los sitios que correspondan a deslizamientos antiguos o actuales.

Las franjas de drenaje natural de los lotes y de la finca deben protegerse, dejándolas libres de cultivos y potreros. Aislar estas líneas o drenajes, entre 6 m a 20 m a lado y lado, sin cultivo, para que en estas franjas se regenere vegetación de protección espontánea del área, preferiblemente vegetación arbórea y arbustiva. Su protección además disminuye la vulnerabilidad a inundaciones y avenidas torrenciales (avalanchas), mitiga la erosión y socavamiento de los cauces y favorece el equilibrio ecológico e hidrológico. Los deslizamientos antiguos, que al pasar el tiempo se han estabilizado, deben permanecer retirados de actividades agropecuarias, protegidos con vegetación natural propia de la zona, y en épocas lluviosas del año debe hacerse monitoreo de los mismos, principalmente del estado del drenaje del agua en los mismos.

**Vías, carreteras e infraestructura.** Antes y durante las épocas de lluvia debe realizarse el mantenimiento de las vías o caminos de la finca y vereda. Estas vías deben contar con obras de manejo del agua, cunetas a ambos lados de la vía, cajas colectoras de agua cada 50 m a 100 m y ventanas de evacuación y disipación del agua cada 10 m a 20 m, que eviten concentrar altos caudales de agua por un mismo sitio. Las obras de drenaje de las carreteras de acceso a las fincas deben mantenerse en buen estado. Una supervisión periódica de los descoles de las cunetas es necesaria para detectar a tiempo cualquier problema de erosión o deslizamiento que puedan causar. Los taludes de las carreteras deben cubrirse con arvenses nobles, maní forrajero o vegetación natural de la región, deben mantenerse permanentemente cubiertos con vegetación, la corona de estos taludes debe estar sembrada con barreras vivas como limoncillo, pasto vetiver o guaduilla.

**En las áreas alrededor de las viviendas y escuelas, en zonas de montaña, y con base en lo recomendado por Walker et al. (2007), deben mantenerse buenas prácticas constructivas tal como las que se indican a continuación:**

- ▶ Sistemas de drenaje y conducción de agua superficial que controlen adecuadamente las aguas de escorrentía que escurren desde la parte alta de las laderas. De esta manera se impide que el agua invada en forma descontrolada el terreno alrededor de la casa y genere empozamiento, erosiones e inestabilidades.
- ▶ Evite las excavaciones (banqueos) para no generar problemas de deslizamientos. Busque orientación técnica para identificar los mejores materiales, sistemas constructivos y cumplimiento de las condiciones de sismo-resistencia necesarias, en lo posible con estructuras livianas y flexibles.
- ▶ Las aguas de drenaje pluvial, procedente de techos, deben encaminarse adecuadamente en canales para impedir que escurran sin control por la ladera. De esa manera, evite problemas de erosión concentrada y eventualmente deslizamientos en zonas cercanas a la vivienda.
- ▶ Los tanques de almacenamiento de agua y pozos sépticos deben estar adecuadamente ubicados y cimentados, teniendo en cuenta el impacto de posibles fugas.

## Agradecimientos

Al Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, a la Universidad Nacional de Colombia, a la Universidad de Brasilia. Al Proyecto Gestión Inteligente del Agua de la Federación Nacional de Cafeteros. Al equipo de investigadores y colaboradores de la Disciplina de Suelos de Cenicafé. A Minciencias - Convocatoria 617-2013.

## Literatura citada

- Álvarez, J. (1995). Geología del Complejo Ofiolítico de Pácora y secuencias relacionadas de Arco de Islas (Complejo quebrada Grande), Colombia. *Boletín Geológico*, 35(1), 5–49. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/bolgeol35.1.1995.87>
- Gómez, A., Grisales, A., & Suarez, J. (1975). *Manual de conservación de suelos de ladera*. Cenicafé.
- Gómez, A., & Rivera, H. (1993). La conservación de los suelos y la sostenibilidad de la productividad en la zona cafetera. *Avances Técnicos Cenicafé*, 190, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0190>
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M., & Ardizzone, F. (2005). Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. *Geomorphology*, 72(1–4), 272–299. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.002>
- Lince, L. A., Castro, W. A., Castaño, W. A., & Bedoya, M. M. (2018). *Conservación de suelos y aguas*. Cenicafé.
- Park, S., Choi, C., Kim, B., & Kim, J. (2013). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, analytic hierarchy process, logistic regression, and artificial neural network methods at the Inje area, Korea. *Environmental Earth Sciences*, 68(5), 1443–1464. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1842-5>
- Salazar, L., & Hincapié, E. (2013). *Conservación de suelos y aguas*. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 1, pp. 285–320). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_13](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_13)
- Salazar, L. F., Menjivar, J. C., & Martínez, H. E. (2021). Susceptibility factors of drainage basins to shallow landslides in coffee-growing areas in the Department of Caldas, Colombia. *Environmental Earth Sciences*, 80(4), 145. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09428-6>
- Sassa, K. (2007). Landslide Science as a New Scientific Discipline. En K. Sassa, H. Fukuoka, F. Wang, & G. Wang (Eds.), *Progress in Landslide Science* (pp. 3–11). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-70965-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70965-7_1)
- Sidle, R. C. (2019). Deslizamientos a lo largo de carreteras, caminos y autopistas en zonas montañosas. En M. Casamitjana & R. C. Sidle (Eds.), *Movimientos en Masa* (pp. 265–274). Fondo Editorial EIA.
- Terlien, M. T. J. (1996). *Modelling spatial and temporal variations in rainfall-triggered landslides: The integration of hydrologic models, slope stability models and geographic information systems for the hazard zonation of rainfall-triggered landslides with examples from Manizales, Columbia* [Tesis de Doctorado, Utrecht University]. <https://research.utwente.nl/en/publications/modelling-spatial-and-temporal-variations-in-rainfall-triggered-l>
- Westen, C. J. V., Rengers, N., Terlien, M. T. J., & Soeters, R. (1997). Prediction of the occurrence of slope instability phenomenal through GIS-based hazard zonation. *Geologische Rundschau*, 86(2), 404–414. <https://doi.org/10.1007/s005310050149>
- Walker, B., Davies, W., & Wilson, G. (2007). Practice Note guidelines for landslide risk management. *Australian Geomechanics*, 42(1), 63–114. <https://australiangeomechanics.org/papers/practice-note-guidelines-for-landslide-risk-management/>



## Familias caficultoras

La implementación de las prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas en su finca, la protección de los drenajes naturales, el correcto y oportuno manejo de caminos y la siembra de árboles son útiles en la prevención de movimientos en masa.

