



# AVANCES TÉCNICOS

# 400

# Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Octubre de 2010  
Fondo Nacional del Café

## RIESGO A LA EROSIÓN EN SUELOS DE LADERA DE LA ZONA CAFETERA

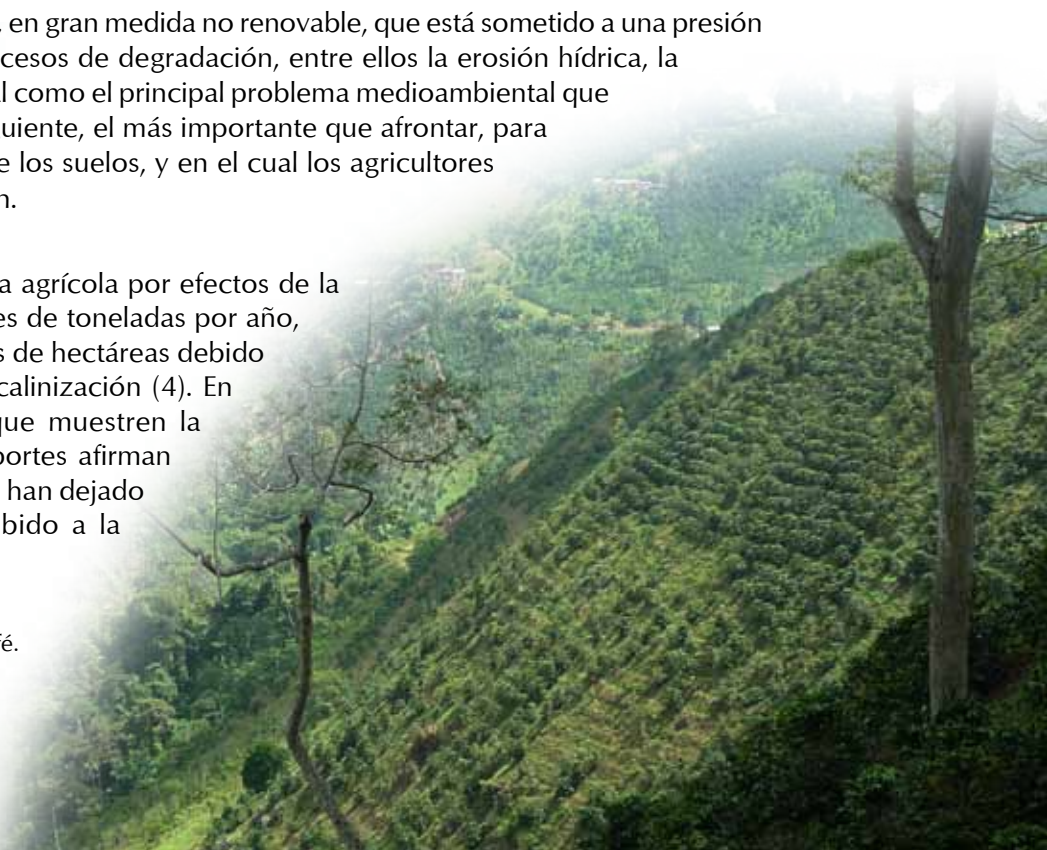
Édgar Hincapié Gómez\*; Fernando Andrés Ramírez Ortiz\*\*

**E**l suelo es un recurso natural vital, en gran medida no renovable, que está sometido a una presión de uso cada vez mayor y a procesos de degradación, entre ellos la erosión hídrica, la cual se considera a nivel mundial como el principal problema medioambiental que ocurre en la agricultura y, por consiguiente, el más importante que afrontar, para mantener la capacidad productiva de los suelos, y en el cual los agricultores tienen el mayor margen de actuación.

A escala mundial, la pérdida de tierra agrícola por efectos de la erosión se estima entre 6 y 7 millones de toneladas por año, con pérdida adicional de 1,5 millones de hectáreas debido a las inundaciones, salinización o alcalinización (4). En Colombia, no hay cifras actuales que muestren la magnitud del problema, algunos reportes afirman que más de 2,3 millones de hectáreas han dejado de ser aptas para la agricultura debido a la erosión.

\* Investigador Científico I. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\* Ingeniero Forestal, Universidad del Tolima.



En la zona cafetera colombiana, se estima que las pérdidas de suelo por erosión en el cultivo de café son del orden de 6 a 30 t/ha/año, y de este suelo se calcula una pérdida de 0,6 a 3 t/ha/año de materia orgánica (1). La gravedad de la erosión es aún más preocupante, una vez que para reponer los nutrimentos se aplican cerca de 1 a 1,5 t/ha/año de fertilizantes. Estas cifras son alarmantes, pero en realidad sólo son una medida indirecta de los daños causados en el sitio y no muestran las consecuencias de las pérdidas de suelo sobre la productividad de los cultivos y sobre la calidad de los mismos.

La erosión se origina por la combinación de factores tales como el clima (por ejemplo, la acción de las lluvias fuertes o períodos prolongados de sequía seguidos de fuertes lluvias), pendientes largas y pronunciadas, inadecuada utilización del suelo, escasa o ninguna cobertura vegetal, y en algunos casos, debido a los desastres naturales. Además, ciertas características propias del suelo pueden hacerlo más propenso a la erosión, por ejemplo, el escaso desarrollo de los horizontes superficiales, bajo contenido de materia orgánica o presencia de suelos muy deleznable (se rompen fácilmente).

Si bien la erosión es un fenómeno geológico natural, causado por el desprendimiento de partículas de suelo por agentes erosivos como la acción del agua o el viento, en gran medida es acelerada por el hombre, cuando hace un manejo inadecuado de los recursos suelo, agua, plantas, lo cual puede obedecer a distintas causas de orden tecnológico, económico, socio-cultural, ético, legal y político.

En la zona cafetera colombiana, la erosión hídrica ha sido en gran medida acelerada por varias causas entre ellas: localización inapropiada de los cultivos, suelos totalmente desnudos por el uso generalizado y reiterado de herbicidas o por efecto de las quemadas, laboreo excesivo del suelo y manejo inadecuado de las aguas de escorrentía, entre otras (8).

La capacidad productiva de los suelos erosionados es menor que la capacidad de los no erosionados, debido a que la erosión reduce la fertilidad y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, por lo tanto "perder suelo es perder agua". Cuando se pierde la estructura, se reduce la tasa de infiltración, la escorrentía aumenta y la capacidad de almacenamiento de agua disminuye (2).

En muchos casos, el problema de la erosión tiende a ser ignorado, ya que sus efectos en la calidad y productividad de los suelos pueden ocultarse por el uso de variedades altamente productivas o por la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas, pero a su vez originan problemas adicionales de contaminación, contribuyen a la

destrucción de hábitats naturales y aumentan los costos de producción (2).

El riesgo a la erosión se define como la posibilidad de que una amenaza cause un daño, en un determinado período de tiempo. El riesgo está relacionado directamente con la vulnerabilidad, la cual se refiere a la susceptibilidad de que el suelo sea afectado por un fenómeno dañino, en este caso la erosión.

Los riesgos pueden reducirse o manejarse, si se toman medidas preventivas para el manejo de nuestros recursos; si se conocen las debilidades y vulnerabilidades frente a las amenazas, podemos tomar medidas para que las amenazas no se conviertan en problemas.

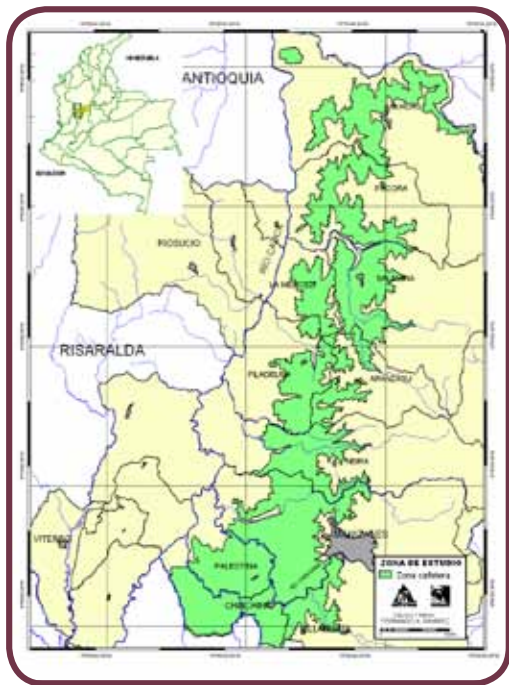
Existe la necesidad que cada zona o distrito cuente con el inventario de sus recursos naturales, su vulnerabilidad, riesgos, potencialidades; además, se deben detectar las áreas afectadas por procesos de degradación, las causas y las razones por las cuales se da mal uso a los recursos naturales, sin este análisis las verdaderas causas de la erosión, podrían pasar desapercibidas.

## **Riesgo a la erosión en la zona cafetera central del departamento de Caldas**

---

Se estimó el riesgo a la erosión hídrica en la zona cafetera central del departamento de Caldas, localizada entre los 4°55' a 5°42' LN y 75°45' a 75°20' LO, con altitud entre 1.000 y 2.000 m (Figura 1). La zona está delimitada al Sur por

el río San Francisco, al Norte por el río Arma, al Occidente por el río Cauca y al Oriente, con una cota aproximada a los 2.100 - 2.200 m.s.n.m. Comprende los municipios de Manizales, Chinchiná, Palestina, Neira, Villamaría, Filadelfia, Pácora,



**Figura 1.** Área con potencial para el cultivo de café en la zona central del departamento de Caldas.

La Merced, Aranzazu, Aguadas y Salamina, y un área total de 88.748 hectáreas. Los principales afluentes son los ríos Cauca, Chinchiná, Arma, Pácora, Maiba y Guacaica.

El riesgo por erosión potencial se representó por la combinación de varios factores: La amenaza generada por la acción erosiva de las lluvias, la vulnerabilidad dada por la resistencia del suelo a la erosión y un factor de capacidad de respuesta del suelo, dado por la profundidad del primer horizonte o capa superficial del suelo.

La vulnerabilidad o las amenazas por separado no presentan un peligro, pero si se juntan se convierten en un riesgo, el cual puede valorarse cualitativa o cuantitativamente. Para valorar cuantitativamente el riesgo a la erosión en la zona de estudio, se determinaron las pérdidas potenciales de suelo por erosión y se midió la profundidad del primer horizonte del suelo. Las pérdidas potenciales de suelo por erosión se estimaron mediante el modelo de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS), la cual tiene en cuenta los factores que determinan el proceso de erosión así: Capacidad erosiva de las lluvias, susceptibilidad del suelo a ser erosionado y la longitud e inclinación de

la pendiente. La ecuación tiene en cuenta además los factores que hacen referencia a la protección por las coberturas y por prácticas de conservación (7).

**Capacidad erosiva de las lluvias.** Para estimar este factor, se utilizaron registros diarios de lluvia de 34 estaciones de la red climática de Cenicafé, las cuales están georeferenciadas. Se estimó un Índice de Fournier Modificado (IFM) para cada año y para cada estación; luego, a partir de este índice, se estimó el factor erosivo de las lluvias para el modelo de la EUPS (Tabla 1) y se clasificó de acuerdo con la escala reportada por Rivera y Gómez (6).

Se encontró que las lluvias tienen muy alta capacidad de ocasionar erosión en un 8% del área de estudio, principalmente en el municipio de Chinchiná, y alta capacidad en el resto del área de estudio, es decir, en los municipios de Manizales, Palestina, Villamaría, Neira, Salamina, Aranzazu, Filadelfia, La Merced, Pácora y Aguadas. Estos resultados indican que es necesario adoptar medidas preventivas para evitar que las lluvias generen problemas de erosión. Estas medidas deben estar enfocadas en mantener los suelos con una cobertura protectora y hacer un manejo adecuado de las aguas de escorrentía que se generan por excesos de aguas lluvias. En períodos de mayor precipitación, como el caso del Fenómeno de La Niña, la capacidad erosiva de las lluvias aumenta, lo cual indica que durante la ocurrencia de este fenómeno es indispensable adoptar las medidas de prevención para evitar la degradación de los suelos.

**Susceptibilidad del suelo a la erosión.** Este factor se determinó en forma directa en el laboratorio con un simulador de lluvias. Para ello, se tomaron 72 muestras de 14 unidades de suelo mapeadas dentro del área de estudio.

Cada sitio seleccionado se georeferenció con GPS y en éste se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 10 kg, de los primeros 10 cm de profundidad del suelo. Las muestras se tamizaron y empacaron en bandejas, se colocaron en un soporte con pendiente del 70% y se sometieron a la acción de una lluvia simulada de 86 mm/h, por 1 hora. Durante la lluvia, se recolectó el suelo perdido por acción de la lluvia y se determinó la susceptibilidad de cada suelo a ser erosionado, luego se clasificaron según la escala reportada por Rivera y Gómez (6) (Tabla 2).

**Tabla 1.** Estaciones climáticas de la red de Cenicafé, utilizadas para el cálculo del factor de erosividad de las lluvias.

Estación climatológica	Localización					Erosividad de las lluvias (MJ.ha/mm.h)	Calificación de la erosividad
	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Precipitación (mm/año)		
Guaymaral	Aguadas	5° 39'	75° 27'	1.600	1.867	7.870	Alta
Cuatro Esquinas	Aguadas	5° 40'	75° 25'	1.900	1.708	7.552	Alta
La Tribuna	Balboa	4° 57'	75° 58'	1.580	2.288	9.260	Alta
La Elvira	Belén de Umbría	5° 11'	75° 52'	1.540	2.174	8.892	Alta
Los Pomos	Chinchiná	4° 58'	75° 35'	1.583	2.473	9.446	Alta
Naranjal	Chinchiná	4° 58'	75° 39'	1.381	2.695	10.389	Muy Alta
La Sierra	Chinchiná	4° 59'	75° 38'	1.440	2.572	9.891	Alta
La Divisa	Chinchiná	4° 59'	75° 36'	1.590	2.687	10.325	Muy Alta
La Francia	Chinchiná	4° 59'	75° 41'	1.267	2.549	10.341	Muy Alta
Cenicafé	Chinchiná	5° 0'	75° 36'	1.310	2.520	9.854	Alta
El Mirador	Filadelfia	5° 14'	75° 34'	1.650	2.069	8.637	Alta
La Julia	Filadelfia	5° 18'	75° 34'	1.650	1.965	8.345	Alta
Ospirma	Guática	5° 20'	75° 49'	1.661	1.720	7.017	Moderada
Java	Manizales	5° 1'	75° 32'	1.778	1.883	8.013	Alta
Agronomía	Manizales	5° 3'	75° 30'	2.088	1.867	7.953	Alta
El Algarrobo	Manizales	5° 4'	75° 35'	1.202	2.085	8.667	Alta
Santa Teresita	Manizales	5° 4'	75° 37'	1.172	2.371	9.488	Alta
La Selva	Manizales	5° 5'	75° 36'	1.312	2.292	9.361	Alta
Las Colinas	Manizales	5° 6'	75° 34'	1.450	2.040	8.444	Alta
Santa Teresa	Manizales	5° 7'	75° 32'	1.698	2.039	8.507	Alta
La Juliana	Manizales	5° 8'	75° 29'	1.785	1.874	7.931	Alta
El Descanso	Marmato	5° 30'	75° 37'	1.803	1.825	7.753	Alta
El Refugio	Neira	5° 10'	75° 35'	1.398	1.874	7.855	Alta
La Cascada	Pácora	5° 28'	75° 33'	1.961	2.003	8.196	Alta
La Linda	Pácora	5° 33'	75° 32'	1.738	2.158	8.994	Alta
Santa Ana	Palestina	5° 1'	75° 41'	1.278	2.430	9.618	Alta
La Palma	Palestina	5° 1'	75° 41'	1.165	2.641	10.625	Muy Alta
La Argentina	Palestina	5° 2'	75° 41'	1.354	2.473	9.741	Alta
Santágueda	Palestina	5° 4'	75° 40'	1.026	2.222	8.942	Alta
Granja Luker	Palestina	5° 4'	75° 41'	1.031	2.225	8.952	Alta
El Diamante	Quinchía	5° 19'	75° 42'	1.550	1.968	8.308	Alta
La Oriental	Quinchía	5° 22'	75° 43'	1.730	2.136	9.046	Alta
La Argentina	Riosucio	5° 28'	75° 42'	1.420	2.417	9.894	Alta
Rafael Escobar	Supía	5° 27'	75° 38'	1.307	1.941	7.977	Alta

Los valores de la resistencia del suelo a la erosión oscilaron entre 0,0008 y 0,0086 t.ha/MJ.mm.ha, clasificada según la escala reportada por Rivera y Gómez (6) como natural en todos los suelos evaluados, lo cual indica que en general estos suelos son altamente resistentes a los procesos erosivos y que la mayor amenaza está representada por otros factores, como la alta capacidad erosiva de las lluvias, las fuertes pendientes de los suelos donde se cultiva el café y la realización de algunas prácticas agronómicas de manera inadecuada.

**Longitud e inclinación de la pendiente.** A partir de la información de cartografía digital (mapas), se construyó un Modelo de Elevación Digital (MDE) que permitió conocer la inclinación y longitud de las laderas y clasificarlas según la escala propuesta para la zona cafetera colombiana (5). Posteriormente, se construyó el mapa con estas variables para el área de estudio (Tabla 3, Figura 2).

La longitud e inclinación de la pendiente están directamente relacionadas con la vulnerabilidad de los suelos a la erosión, a medida que se incrementa la inclinación y la longitud de la pendiente, mayor es la cantidad de agua que fluye por escorrentía y mayor su capacidad erosiva. La espacialización de estos factores presentó los valores más bajos al sur de la región estudiada, en los municipios de Chinchiná, Palestina y en parte del municipio de Manizales, donde predominan suelos originados de cenizas volcánicas; los valores altos se concentraron al norte de la región, en los municipios de Aguadas y Pácora, además en esta zona se encuentran los mayores

**Tabla 2.** Número de muestras tomadas por unidad de suelo y por ecotopo.

Unidad de suelo	Material de origen	Número de muestras	Erodabilidad del suelo (t.ha/MJ.mm.ha)	Calificación de la resistencia a la erosión
Veinte	Cenizas volcánicas	2	0,00356	Natural
Doscientos	Cenizas volcánicas	4	0,00813	Natural
Cascarero	Cenizas volcánicas	5	0,00292	Natural
Chinchiná	Cenizas volcánicas	21	0,00360	Natural
Chuscal	Ígneo	2	0,00082	Natural
Depósitos	Ígneo	2	0,00864	Natural
Guacaica	Ígneo	20	0,00556	Natural
Letras	Metamórfico	1	0,00202	Natural
Maiba	Metamórfico	5	0,00282	Natural
Manila	Metamórfico	1	0,00437	Natural
Sincerín	Metamórfico	1	0,00153	Natural
Tareas	Sedimentario	3	0,00809	Natural
Tablazo	Sedimentario	4	0,00607	Natural
Violeta	Mezcla	1	0,00409	Natural
Total		72		

**Tabla 3.** Clasificación propuesta para la zona cafetera del factor longitud e inclinación de la pendiente.

Clase	Valor del factor	Clasificación	Área	
			Hectáreas	Porcentaje
1	Menor de 1,5	Muy Bajo	24.681	27,2
2	1,6 a 3,0	Bajo	25.249	27,8
3	3,1 a 5,0	Moderado	22.514	24,8
4	5,1 a 7,0	Alto	11.180	12,3
5	Mayor de 7,0	Muy Alto	7.124	7,8

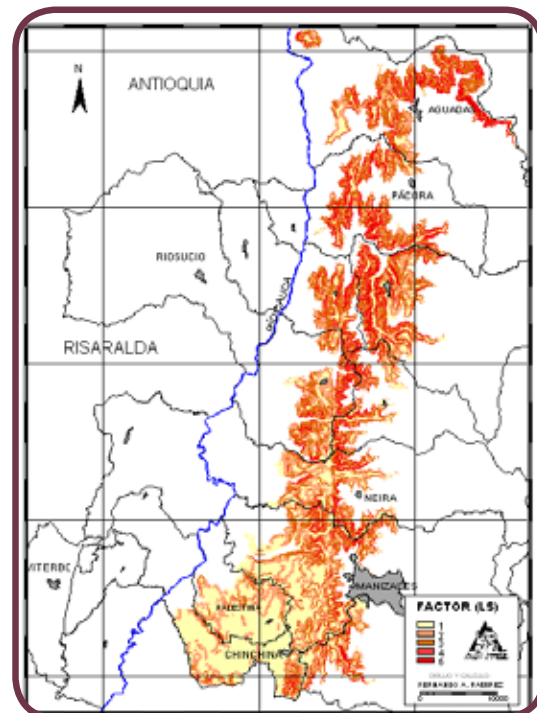
gradientes de pendiente y longitudes más largas, lo cual implica que estos municipios son más vulnerables a la erosión desde el punto de vista de su topografía.

Los factores de longitud e inclinación de la pendiente mostraron estar ligados al material de origen de los suelos (7); los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por presentar pendientes suaves de

longitudes cortas, mientras que en los suelos originados a partir de rocas metamórficas e ígneas predominan las longitudes largas y pendientes fuertes, con valores altos de esos factores (Figura 3).

**Pérdidas potenciales de suelo.** Son aquellas que pueden ocurrir cuando se tienen suelos descubiertos y no se hacen prácticas de conservación de suelos. Las pérdidas potenciales de suelo se obtuvieron mediante el producto de los factores, capacidad erosiva de las lluvias, susceptibilidad del suelo a ser erosionado y longitud y gradiente de la pendiente. Con esta información se construyó el mapa de erosión potencial para la zona de estudio (Figura 4), en el cual el color rojo intenso muestra las zonas donde se presentarían las mayores pérdidas de suelo por erosión, mientras que los colores amarillo claro y amarillo intenso muestran las zonas con menor potencial de pérdida de suelo.

En la Tabla 4 se presentan las pérdidas potenciales de suelo por erosión, las cuales pueden alcanzar valores de 100 t/ha/año y afectar 28.188 ha, mientras que solamente en 936 ha las pérdidas serían menores de



**Figura 2.** Mapa del factor longitud y gradiente de la pendiente en la zona potencial cafetera central del departamento de Caldas.

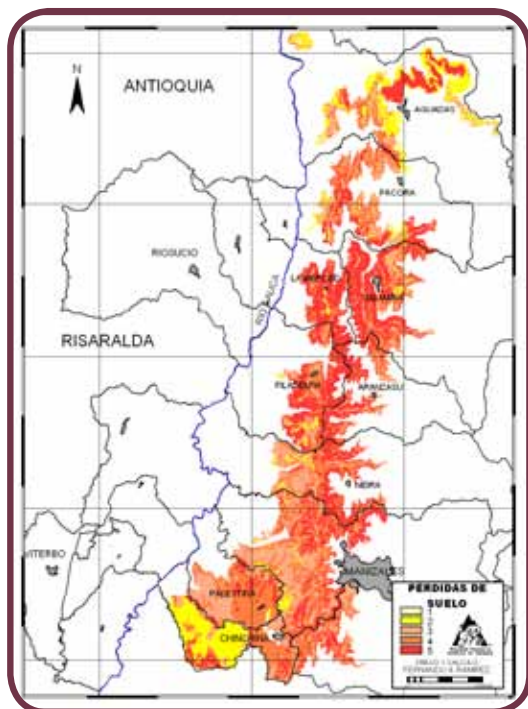


a.



b.

**Figura 3.** Topografía típica de un suelo derivado de cenizas volcánicas (a), y de un suelo derivado de rocas metamórficas (b).



**Figura 4.** Mapa de pérdidas de suelo en la zona cafetera central del departamento de Caldas.

10 t/ha/año. En el resto del área estudiada, 60.000 ha aprox., se pueden perder entre 10 y 100 t/ha/año.

Perder 100 t de suelo por hectárea, equivale a perder una capa de suelo de 1,25 cm de espesor (con una densidad aparente de 0,8 g/cm<sup>3</sup>), lo que quiere decir, que en los casos donde las pérdidas potenciales de suelo son altas y no se toman las medidas necesarias para controlar la erosión, en 10 años se podrían perder entre 6 y 12 cm de suelo, que en muchos casos equivale al primer horizonte del suelo.

En la Tabla 5 se presentan las pérdidas potenciales de suelo por municipio. Se puede observar que en el municipio de La Merced, de las 4.178 ha de suelo, aptas para el cultivo de café, en 2.875 ha se podrían presentar pérdidas de suelo superiores a 100 t/ha/año, si no se implementan las prácticas preventivas para la conservación de suelos y aguas; en los municipios de Filadelfia, Salamina y Aranzazu, se presenta una condición similar, con altas pérdidas de suelo en el 50,9%, 52,7% y 51,6%, respectivamente, de su área con potencial para el cultivo de café.

Los municipios de Chinchiná y Aguadas presentan áreas considerables donde las pérdidas potenciales de suelo son bajas (entre 10 y 25 t/ha/año), y en Aguadas, en un 6,8% del área, equivalente a 736 ha, se presentarían las menores pérdidas potenciales de suelo (menos de 10 t/ha/año); no obstante, en estas áreas también es necesario implementar prácticas de conservación de suelos y aguas para lograr reducir la erosión a valores mínimos.

**Tabla 4.** Clasificación de pérdidas de suelo propuesta para Colombia (3).

Clase	Pérdidas potenciales de suelo (t/ha/año)	Calificación	Área potencialmente afectada	
			Hectáreas	Porcentaje
1	Menores de 10	Ligera	936	1,0
2	10 a 25	Baja	10.237	11,5
3	26 a 50	Moderada	20.493	23,0
4	51 a 100	Alta	29.102	32,7
5	Mayores de 100	Muy alta	28.188	31,7

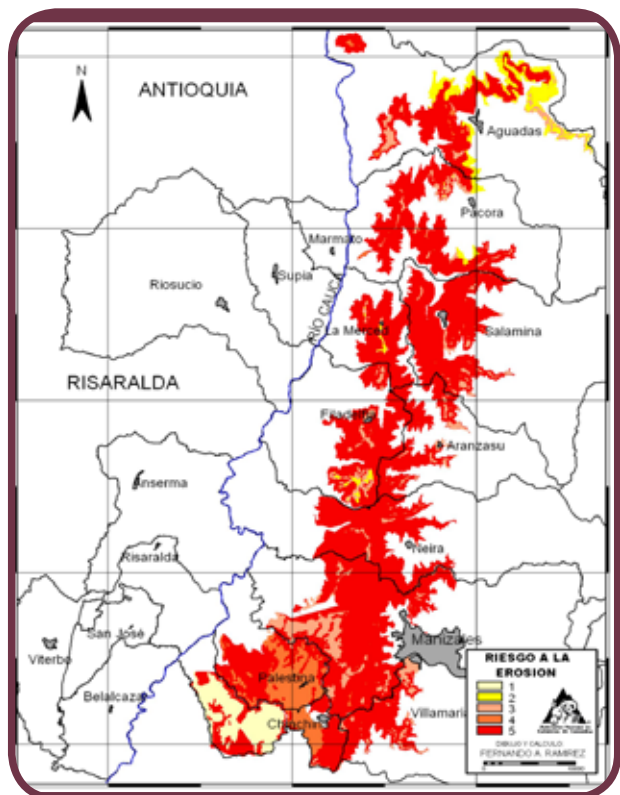
**Tabla 5.** Área en hectáreas, por municipio, con pérdidas potenciales de suelo por erosión de diferentes grados.

Municipio	Pérdidas potenciales de suelo (t/ha/MJ.mm.ha)					Área total con potencial para el cultivo de café (ha)
	> 100	50 - 100	25 - 50	10 - 25	< 10	
Aguadas	2.434	1.437	2.163	4.034	736	10.805
Aranzazu	2.326	1.563	622	-	-	4.511
Chinchiná	1.003	2.538	1.328	3.980	-	8.848
Filadelfia	3.644	2.160	1.088	265	-	7.156
La Merced	2.875	1.015	204	84	-	4.178
Manizales	4.078	5.722	5.486	547	-	15.832
Neira	2.563	2.683	2.169	345	-	7.760
Pácora	2.276	3.018	2.420	681	161	8.556
Palestina	943	4.188	2.375	87	39	7.631
Salamina	4.909	2.847	1.379	173	-	9.308
Villamaría	1.090	1.861	1.203	8	-	4.162
TOTAL	28.142	29.031	20.436	10.204	936	88.748

**Estimación del riesgo a la erosión.**

Para obtener el mapa de riesgo se relacionaron las pérdidas potenciales de suelo, que en este caso representa la amenaza, con la vulnerabilidad del suelo, determinada por la profundidad del primer horizonte o capa superficial. A medida que la primera capa del suelo es más delgada, la vulnerabilidad aumenta y viceversa, mientras que a mayores pérdidas potenciales de suelo es mayor la amenaza y viceversa. De esta manera, se generó el mapa de riesgo a la erosión para la zona cafetera central del departamento de Caldas (Figura 5); igual que para el caso anterior, el color rojo intenso indica las áreas que presentan el mayor riesgo, mientras que los colores claros, muestran las zonas con el menor riesgo a la erosión.

En la Tabla 6 se observa que gran parte del área de estudio (77,7%), equivalente a 69.100 ha, presenta alto riesgo a la erosión, ya sea porque las pérdidas potenciales de suelo son altas o porque el primer horizonte es muy delgado (10 cm o menos). El 4,3% del área de estudio, correspondiente a 3.869 hectáreas, localizadas en el municipio de Chinchiná, presentan



**Figura 5.** Mapa de riesgo a la erosión en la zona cafetera central del departamento de Caldas

**Tabla 6.** Clasificación de riesgo a la erosión del área estudiada, obtenida a partir de la relación entre pérdidas de suelo y profundidad del horizonte A.

Clase	Riesgo a la erosión	Área	
		Hectáreas	Porcentaje
1	Bajo	3.869	4,3
2	Moderadamente bajo	3.665	4,1
3	Moderado	7.521	8,4
4	Moderadamente alto	4.795	5,4
5	Alto	69.106	77,7

riesgo bajo a la erosión, dado que allí predominan suelos derivados de cenizas volcánicas con un primer horizonte muy profundo (50 cm o más) y con las menores pendientes. Ciertas áreas puntuales de los municipios de Aguadas, Pácora, La Merced y Filadelfia, las cuales suman 3.665 ha, presentan riesgo moderadamente bajo, asociado a suelos con depósitos de cenizas volcánicas y pendientes moderadas. Gran parte de la zona cafetera del municipio de Palestina y parte de Manizales, presentan riesgo moderadamente alto, aunque en esta zona se encuentran suelos derivados de cenizas volcánicas, las pendientes fuertes y largas, sumadas con las altas precipitaciones, determinan el alto riesgo a la erosión que tiene esta zona.

## Recomendaciones

- Es necesario identificar el nivel de riesgo a la erosión que presentan los suelos de cada departamento cafetero y determinar cuál es el factor determinante de las pérdidas potenciales de suelo y de la vulnerabilidad de los suelos de la finca (profundidad del primer horizonte).
- Los suelos con riesgo de erosión alto y muy alto requieren prácticas de conservación más intensivas, como: coberturas vegetales densas, cultivos permanentes o bajo sombrío, y control de la

escorrentía. Cuando el riesgo es muy alto no se recomiendan cultivos de ciclo corto.

- En suelos con riesgo bajo se recomiendan prácticas de conservación dirigidas principalmente a mejorar la infiltración del agua en el suelo, como: manejo de coberturas vivas y muertas, siembras con altas densidades y cultivos asociados o de rotación.
- En suelos con pendientes fuertes y largas se deben implementar las barreras vivas para reducir la acción erosiva de la escorrentía.

## LITERATURA CITADA

1. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. 1982. Cuarenta años de investigación de Cenicafé. Suelos. Vol 1. Chinchiná, Cenicafé. 74 p.
2. LAL, R. 1998. Agronomic consequences of soil erosion. *In*: PENNING DE VRIES, F.W.T.; AGUS, F.; KERR, J. Eds. Soil erosion at multiple scales. Principles and methods for assessing causes and impacts. CABI Publishing and IBSRAM. p 149-160.
3. PÉREZ G., S. 2001. Modelo para evaluar la erosión hídrica en Colombia utilizando sistemas de información geográfica. Bogotá, D. C. Universidad Industrial de Santander. (Tesis especialización Ingeniería ambiental). 65p.
4. PIMENTEL, D.; ALLEN, J.; BEERS, A.; GUINAND, L.; HAWKINS, A.; LINDER, R.; McLAUGHLIN, P.; MEER, B.; MUSONDA, D.; PERDUE, D.; POISSON, S.; SALAZAR, R.; SIEBERT, S.; STONER, K. 1993. Soil erosion and agricultural productivity. *In*: PIMENTEL, D. Ed. World soil erosion and conservation. Cambridge University Press. USA. p:277-292.
5. RIVERA P., J. H. 1997. Predicción, prevención y control de diferentes procesos de erosión en suelos de ladera de la zona cafetera de Colombia para lograr un desarrollo sostenible. Chinchiná. Cenicafé. p. 14
6. RIVERA P., H.; GÓMEZ A., A. 1991. Erosividad de las lluvias de la zona cafetera central colombiana (Caldas, Quindío, Risaralda). Cenicafé 42(2):37-52.
7. RAMÍREZ O., F.A.; HINCAPIÉ G., E. 2009. Riesgo a la erosión en la zona cafetera central del departamento de Caldas. Cenicafé 60(2):173-189.
8. SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. 2006. Causas de los movimientos masales y erosión avanzada en la zona cafetera colombiana. Avances Técnicos Cenicafé No. 348:1-8.

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.

**Cenicafé**  
Centro Nacional de Investigaciones de Café  
"Pedro Uribe Mejía"

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

Edición: Sandra Milena Marín L.  
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar  
Édgar Hincapie Gómez  
Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.  
Imprenta: