

Suelos del Eje Cafetero de Colombia

Por: Gonzalo Duque-Escobar*

Los suelos de la región del Eje Cafetero colombiano (comprendida principalmente por los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y zonas adyacentes de Tolima y Valle del Cauca) constituyen uno de los activos edáficos y ecológicos más valiosos y productivos de la franja tropical. Formados en su mayoría a partir de mantos de cenizas y material piroclástico expulsado por la cadena volcánica del Parque Nacional Natural Los Nevados (Nevado del Ruiz, Santa Isabel, Tolima y Paramillo del Quindío), estos suelos han cimentado el desarrollo económico, social y ambiental de la caficultura colombiana.

La Génesis y Marco Geológico

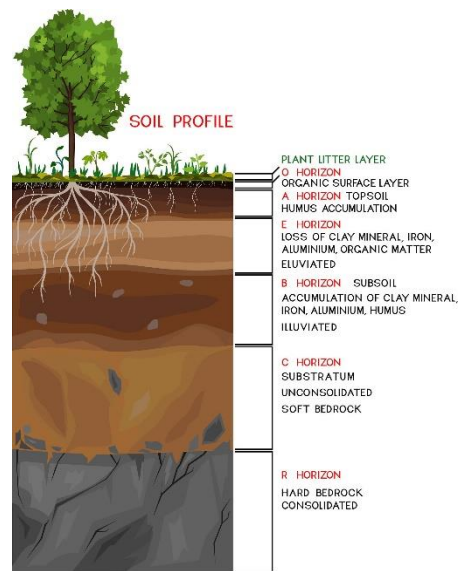


Imagen: Horizontes del perfil del suelo. Fuente: mariaflaya / Getty Images

La formación del recurso suelo en el Eje Cafetero es el resultado de la interacción entre la geología tectónica de la Cordillera Central y la actividad volcánica cuaternaria.

Factores Formadores

1. **Material Parental (Litología):** Los depósitos piroclásticos (cenizas, pómez y lapilli) cubren las laderas andinas con espesores variables que van desde pocos centímetros hasta varios metros. En zonas con menor presencia de ceniza o donde esta se ha erosionado, emergen suelos derivados de rocas metamórficas (esquistos y neises) e ígneas intrusivas (dioritas y granodioritas del Batolito de Antioquia/El Bosque).
2. **Clima y Altimetría:** La franja cafetera se ubica predominantemente entre los 1.200 y 1.800 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas medias entre 17 °C y 23 °C y precipitaciones anuales distribuidas de manera bimodal que oscilan entre 1.800 y 2.800 mm. Este régimen hídrico (úrico) y térmico favorece la rápida alteración de los vidrios volcánicos.
3. **Relieve:** Terrenos fuertemente ondulados a escarpados con pendientes entre el 25% y más del 70%. La inclinación condiciona la infiltración, la escorrentía superficial y la tasa de renovación del perfil del suelo.
4. **Organismos:** La vegetación nativa del bosque andino aportó grandes volúmenes de biomasa, lo que, sumado a la estabilización de los complejos materia orgánica-aluminio, dio origen a un horizonte superficial muy oscuro y rico en carbono orgánico.

Clasificación Taxonómica: El Orden Andisol



Imagen: Perfil típico de un Andisol volcánico. Fuente: Wikipedia

De acuerdo con el sistema *Soil Taxonomy* de la USDA, la mayor parte de los suelos de la zona alta y media de la región cafetera pertenecen al orden **Andisol**. Estos suelos presentan las denominadas **propiedades ándicas**:

- **Presencia de minerales de orden corto:** La rápida alteración química de los vidrios volcánicos amorfos bajo clima húmedo produce minerales no cristalinos o criptocristalinos como el **alofano**, la **imogolita** y la **ferrihidrita**.
- **Complejos Humo-Alumínicos:** La combinación de la materia orgánica de origen vegetal con los iones de aluminio (Al^{3+}) retenidos en los materiales amorfos ralentiza la biodegradación por microflora, favoreciendo la acumulación de humos oscuros y estables (epipedión melánico o fúlvico).

En zonas de transición o en vertientes con erosión continuada, también se encuentran **Inceptisoles** (suelos de desarrollo incipiente con horizontes alterados Bw) y, en partes bajas de valles interandinos, **Entisoles** o **Mollisoles**.

Propiedades Físicas y Químicas

Los suelos volcánicos de la región poseen atributos físico-químicos excepcionales, aunque también imponen retos técnicos específicos para la nutrición vegetal.

Propiedades Físicas

- **Baja Densidad Aparente (D_a):** Frecuentemente inferior a $1,8 \text{ g/cm}^3$ (en comparación con $1,3\text{--}1,5 \text{ g/cm}^3$ de suelos minerales convencionales). Esto genera una estructura extremadamente esponjosa y friable.
- **Porosidad Elevada:** Exhiben porosidades totales superiores al 60–70%, lo que garantiza una aireación óptima para el sistema radicular de *Coffea arabica*.
- **Retención Hídrica:** Alta capacidad de retención de humedad a tensiones bajas sin perder drenaje, evitando la asfixia radicular en épocas de alta pluviosidad.
- **Tixotropía:** En estado húmedo, algunos horizontes pierden cohesión al ser manipulados o presionados, comportándose de manera fluida temporalmente.

Propiedades Químicas

- **pH y Acidez:** El pH oscila de moderadamente ácido a fuertemente ácido (5,0 a 5,8). A pesar de la presencia de aluminio activo, la toxicidad por Al^{3+} libre suele ser menor que en otros suelos debido a que se encuentra acomplejado por la materia orgánica.
- **Fijación de Fósforo (P):** Es el principal cuello de botella químico. El alofano y los hidróxidos amorfos de hierro y aluminio fijan irreversiblemente los ortofosfatos aplicados mediante fertilización, transformándolo en formas insolubles no disponibles para las raíces.

- **Relación Catiónica Intercambiable:** Cenicafé ha determinado que la relación catiónica ideal para la zona cafetera es la relación $\text{\$Ca : Mg : K} = 6 : 2 : 1\text{\$}$. Un desequilibrio en estos tres elementos afecta directamente el llenado del grano y el vigor celular de los cafetos.

Principales Unidades Cartográficas y Series de Suelos (Cenicafé)

El Centro Nacional de Investigaciones de Café (**Cenicafé**) ha caracterizado y delimitado la región en unidades cartográficas para el manejo agronómico específico.

Unidad Serie Suelo / de	Material de Origen	Características Principales	Ubicación Típica
Chinchiná	Ceniza volcánica profunda	Texturas francas a franco-arenosas, profundo, excelente drenaje, baja densidad aparente.	Caldas, Risaralda, Quindío.
Quindío	Ceniza volcánica sobre depósitos de vertiente	Horizontes oscuros gruesos, alta fertilidad natural, vulnerables a resecaimiento estacional en veranos prolongados.	Calarcá, Armenia, Circasia, Montenegro.
Fresno	Ceniza volcánica sobre rocas ígneas/metamórficas	Menor profundidad efectiva en laderas, retención hídrica media, propenso a erosión en alta pendiente.	Tolima, oriente de Caldas.
Malabar	Ceniza volcánica delgada sobre basalto / roca ígnea	Presencia de materiales micas y feldespatos en horizonte subsuperficial, textura más arcillosa.	Valle del Cauca, Risaralda, Caldas.
Tablazo / La Cristalina	Sedimentos / Granito alterado	Suelos de origen no puramente volcánico, mayor contenido de arcilla y presencia de cuarzos o mica.	Manizales, Neira, Aranzazu, Salamina.

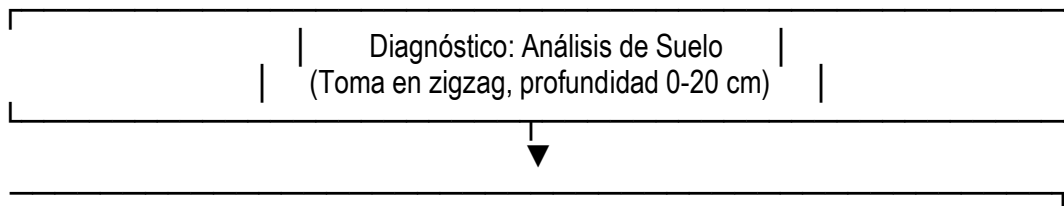
El Concepto de Terroir: Impacto del Suelo en la Taza de Café

El perfil organoléptico que caracteriza al café del Eje Cafetero (notas cítricas, cuerpo medio-alto, acidez brillante y dulzor residual) está directamente ligado a la edafología de los Andisoles:

1. **Absorción de Potasio (\$K\$) y Azúcares:** La disponibilidad balanceada de potasio en la matriz de la ceniza volcánica estimula la traslocación de carbohidratos hacia el fruto durante la etapa de maduración, incrementando la concentración de azúcares solubles en el grano.
2. **Regulación Térmica e Hídrica:** La porosidad del suelo amortigua los shocks hídricos en épocas secas o de intensas lluvias, permitiendo un llenado de grano continuo sin interrupciones fisiológicas.
3. **Acidez Malica y Cítrica:** La interacción de la materia orgánica compleja y la asimilación de micronutrientes (Boro, Zinc, Manganeseo) influye en las rutas biosintéticas de los ácidos orgánicos en la almendra verde.

Prácticas de Manejo, Nutrición y Conservación

El cultivo en pendientes pronunciadas exige un manejo agronómico riguroso para evitar la pérdida del horizonte \$A\$ (la capa fértil superficial) por erosión hídrica.



Manejo Agronómico Sostenible

Nutrición Integrada • Aplicación basada en análisis • Fraccionamiento de dosis • Balance Ca:Mg:K (6:2:1)	Conservación del Suelo • Coberturas nobles (Desyerbe) • Siembra en contorno • Barreras vivas y sombrío
---	---

Principios Fundamentales de Manejo

El **manejo agrológico del suelo** es el conjunto de prácticas planificadas que articulan las propiedades físicas, químicas, biológicas y topográficas del terreno para optimizar la producción agrícola sin degradar el recurso a mediano y largo plazo.

A diferencia del manejo fertilizante tradicional, el enfoque agrológico parte del diagnóstico del **perfil del suelo** para comprender su capacidad de uso y sus limitaciones naturales.

- **Muestreo Periódico:** Realizar análisis químico de suelos cada 2 a 3 años. Las submuestras deben tomarse en el "plato" del árbol (zona de goteo), a una profundidad de 0–20 cm, evitando zonas de deposición de cal o fertilizantes previos.
- **Manejo Integrado de Coberturas Nobles:** Mantener plantas rastreras de porte bajo (*Commelina*, *Oxalis*, etc.) que protejan la superficie del impacto directo de las gotas de lluvia, reduciendo la escorrentía superficial sin competir severamente por nutrientes con el café.
- **Fraccionamiento de la Fertilización:** Debido a la alta capacidad de lixiviación de elementos móviles como el nitrógeno y el potasio en periodos de lluvia intensa, Cenicafé recomienda fraccionar la dosis anual en dos o tres aplicaciones coincidentes con las curvas de mayor requerimiento nutricional (floración y llenado del fruto).
- **Encalado Racional:** Aplicar enmiendas calcáreas o dolomíticas únicamente cuando el análisis de laboratorio confirme niveles de aluminio intercambiable que pongan en riesgo el sistema radicular o cuando el pH caiga por debajo de 4,8.

Retos Frente al Cambio Climático y Degradación

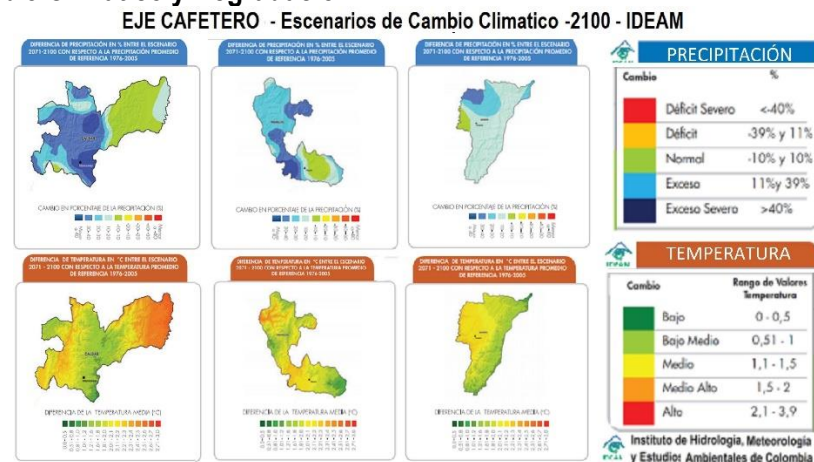


Imagen: Escenarios de Cambio Climático al 2100. IDEAM 2015

1. **Erosión en Laderas:** La intensificación de eventos climáticos extremos (como el fenómeno de La Niña) incrementa el riesgo de desprendimientos en masa y erosión en surcos en pendientes superiores al 50%.

2. **Pérdida de Materia Orgánica:** El aumento en las temperaturas promedio acelerará la tasa de mineralización de la materia orgánica, lo que podría reducir la capacidad de retención de humedad estructural de los Andisoles.
3. **Acidificación por Uso Indiscriminado de Insumos:** El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados de síntesis química sin balance de enmiendas acelera la pérdida de bases (\$Ca, Mg, K\$) por lavado profundo.

...

*Profesor Especial de la Universidad Nacional de Colombia, Ingeniero Civil con estudios de posgrado en Geotecnia, Geofísica y Economía. Web: <https://sites.google.com/unal.edu.co/godues1>

Documento del Museo Interactivo Samoga de la U.N. de Colombia; Manizales, enero 12 de 2025.

...

Fuentes Bibliográficas:

- A extender el Parque Natural Nacional de Los Nevados. Por: Gonzalo Duque-Escobar; La Patria. Manizales, mayo 6 de 2024.
- A recuperar la cuenca del Risaralda. Por: Gonzalo Duque-Escobar; Contexto de CT&S de la U.N. de Colombia-Manizales, 2023.
- Agricultura sostenible: reconversión productiva en la cuenca del río San Francisco. Aguirre D. Carlos Mario, Ortiz O. Doralice, Duque E. Gonzalo. (2014). Corporación Aldea Global.
- Cambio Climático en Colombia: La Amenaza. Antecedentes. Gonzalo Duque Escobar y Ricardo Álvarez León, 2022. U.N. de Colombia, y Fundación Nuevos Horizontes, Manizales.
- Caracterización de la fertilidad de los suelos de la zona cafetera de Colombia. Sadeghian Khalajabadi, S., Lince Salazar, L. A., Medina Rivera, R. D., & Imbachí Quinchoa, L. C. (2020). Chinchiná: Cenicafé.
- Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Caldas. IGAC. (2004). Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Evaluación de modelos para estimar la erosividad de la lluvia en el Valle del Cauca, Colombia. Daniela Calero; Carolina Martínez López; Juan Carlos Menjivar Flores. November 2021.
- Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Sadeghian Khalajabadi, S. (2008). Chinchiná: Cenicafé.
- Geomecánica. Duque Escobar, Gonzalo and Escobar Potes, Carlos Enrique (2016) Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. Manizales, Colombia.
- Geotecnia para el trópico andino. Escobar Potes, Carlos Enrique and Duque Escobar, Gonzalo (2016) Book. U.N. de Colombia, Sede Manizales, Colombia.
- La conservación de los suelos y la sostenibilidad de la productividad en la zona cafetera. Gómez-Aristizábal, Álvaro de J., & Rivera-Posada, J. H. (1993), Avances Técnicos Cenicafé
- Manejo integral de malezas y conservación de suelos en la zona cafetera de Colombia. Gómez, A., & Rivera, J. H. (1993). Chinchiná: Cenicafé.
- Manual de geología para ingenieros. Duque Escobar, Gonzalo (2003. Act 2022) Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Mecánica de los suelos. Duque Escobar, Gonzalo and Escobar Potes, Carlos Enrique (2002) Universidad Nacional De Colombia.
- Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. IGAC. (1995). Bogotá: Subdirección Agrológica.
- Suelos del Eje Cafetero. JM Calle, 2001; Proyecto U.T.P. - GTZ Facultad de Ciencias Ambientales.
- Taxonomía de suelos. Consideraciones para la zona cafetera de Colombia. Luz Adriana Lince-Salazar & Siavosh Sadeghian (2001). Boletín Técnico de Cenicafé.