

# 443

Mayo de 2014  
Gerencia Técnica /  
Programa de Investigación Científica  
Fondo Nacional del Café



## Vulnerabilidad de algunos suelos de la zona cafetera a la pérdida de bases intercambiables por exceso hídrico

En la zona cafetera colombiana la variabilidad climática asociada a los eventos de La Niña está altamente relacionada con incrementos en los valores de lluvia acumulada, los cuales pueden llegar a ser hasta de un 40%, con respecto a las condiciones normales (1). De acuerdo con Ramírez y Jaramillo (4), el efecto incremental de la lluvia durante episodios La Niña es marcado durante los meses históricamente secos (diciembre a marzo y de junio a septiembre). Dentro del cultivo del café estos incrementos se convierten en mayor **escorrentía** y **percolación**. El movimiento del agua dentro de la zona de raíces por **percolación**, después de un evento de precipitación, viene acompañado del transporte de nutrientes disponibles para las plantas en la solución del suelo como bases intercambiables y otros cationes y aniones, dependiendo del tipo de suelo.



Avances Técnicos  
Cenicafé



**Cenicafe**  
Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

#### Autores

##### **Víctor Hugo Ramírez Builes**

Investigador Científico II

Disciplina de Fitotecnia

##### **Hernán González Osorio**

Investigador Científico I

Disciplina de Suelos

##### **Gustavo Bedoya Correa**

Asistente de Investigación (Hasta junio de 2013)

Disciplina de Fitotecnia

##### **Beatriz Mejía Mejía**

Asistente de Investigación (Hasta marzo de 2014)

Disciplina de Suelos

##### **Andrés Javier Peña Quiñonez**

Investigador Científico II

Disciplina de Agroclimatología

##### **Nelson Duque Rincón**

Auxiliar

Disciplina de Agroclimatología

Centro Nacional de Investigaciones

de Café - Cenicafe

Manizales, Caldas, Colombia

#### Edición

Sandra Milena Marín López

#### Fotografías

Archivo Cenicafe

#### Diagramación

Luz Adriana Álvarez Monsalve

#### Imprenta

<https://doi.org/10.38141/10779/0443>

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](http://www.cenicafe.org)

En cafetales a libre exposición solar, el 6% de la lluvia registrada se pierde por **escorrentía** y entre el 46% y el 60% por **percolación** (2, 3), mientras que en sistemas agroforestales las pérdidas por percolación oscilan entre un 36% y un 41% (2), lo que indica que la percolación es el segundo componente, después de la lluvia, en el ciclo hidrológico de sistemas de producción de café de mayor magnitud.

El movimiento de nutrientes por percolación afecta la fertilidad natural del suelo y la disponibilidad de los nutrientes de la solución del suelo que ingresan al sistema por la fertilización, la mineralización de la materia orgánica o la meteorización de los materiales que la originan, afectando de manera negativa la productividad del sistema y la efectividad de la fertilización.

En este Avance Técnico se evalúa la pérdida potencial de bases intercambiables como potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), en diferentes unidades de suelo de la zona cafetera colombiana para desarrollar un indicador de vulnerabilidad al exceso hídrico y categorizar los suelos estudiados en función de éste.

**Determinación de la pérdida de bases por exceso hídrico.** Durante los años 2011 y 2012, se muestrearon 20 unidades de suelos de la zona cafetera de Colombia de los departamentos de Caldas, Tolima, Santander, Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda y Antioquia (Tabla 1).

**Tabla 1.** Unidades de suelo muestreadas y analizadas.

Unidad	Sitio de Muestreo
Fresno (FRN)	Marquetalia - Caldas
San Simón (SN)	Ibagué - Tolima
Llano de Palmas (LLA)	Socorro - Santander
El Roperero (ROP)	Socorro - Santander
Doña Juana (DNS)	La Unión - Nariño
Timbío (TMB)	El Tambo - Cauca
Palacé (PL)	Piendamó - Cauca
200 (JMD)	Jamundí - Valle
Líbano (LIB)	Líbano - Tolima
Quindío (QUIN)	Buenavista - Quindío
Chinchiná (CH)	Chinchiná - Caldas
Montenegro (MON)	Montenegro - Quindío
Malabar (MAL)	Alcalá - Valle
Catarina (CAT)	Apía y Santuario - Risaralda
Suroeste (SUR)	Fredonia - Antioquia
Venecia (VEN)	Venecia - Antioquia
Salgar (SAL)	Salgar - Antioquia
Tablazo (TAB)	Manizales - Caldas
Chuscal (CHU)	Chinchiná - Caldas
Chinchiná 2 (CH2)	Pereira - Risaralda

El muestreo se realizó en lotes sembrados en café, a una profundidad entre 0 y de 30 cm, dependiendo del espesor que tuviera el suelo u horizonte A; de cada uno de los lotes seleccionados se tomaron diferentes sub-muestras entre las calles del cultivo, posteriormente las sub-muestras fueron homogeneizadas y llevadas al laboratorio de suelos de Cenicafé.

El suelo previamente secado al aire se pasó por un tamiz de malla 4 y se montó en columnas de PVC de 5,5 cm de diámetro y 30 cm de longitud, se humedeció el suelo por capilaridad con agua desionizada con el fin de asegurar la saturación, posteriormente se dejó drenar por 24 horas. Luego, se aplicaron las bases intercambiables empleando dosis y fuentes comerciales (Tabla 2).

El día de la aplicación del fertilizante se referenció como día cero y se aplicó una lámina de riego equivalente a 23 mm, durante 3 días más se aplicaron tres niveles de exceso hídrico, correspondientes a lluvias intensas, comúnmente registradas en la zona cafetera colombiana durante eventos La Niña (Tabla 3). Cada nivel de exceso hídrico se replicó 15 veces.

Al final del tercer día y una vez terminó la percolación, se recolectó y cuantificó la cantidad total de lixiviado para cada columna y nivel de exceso, y se tomaron alícuotas para análisis en el laboratorio. Se analizó la concentración de  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$  de cada alícuota a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica.

**Desarrollo del indicador de vulnerabilidad al exceso hídrico.** Partiendo del principio que las arenas tienen la menor fracción de arcillas, que son las encargadas de la retención de iones en el suelo y altas tasas de percolación, se tomó la arena de río lavada como referente de pérdida de bases, ésta fue sometida a los mismos tratamientos de las unidades de suelo. La inclusión de la arena permitió desarrollar un indicador de vulnerabilidad de los suelos a la pérdida de bases intercambiables, el cual se denominó pérdida relativa de bases (PRB), calculado de la siguiente manera (Ecuación <1>):

$$PRB = \frac{\sum(\Delta Ca + \Delta Mg + \Delta K)_{suelo}}{\sum(\Delta Ca + \Delta Mg + \Delta K)_{arena}} \times 100 <1>$$

Donde,  $\Delta Ca$ ,  $\Delta Mg$ ,  $\Delta K$  son las tasas de pérdida de calcio, magnesio y potasio, en miligramos por metro cuadrado, por cada milímetro de agua percolada ( $mg \cdot m^{-2} \cdot mm^{-1}$ ).

**Pérdida de bases por exceso hídrico.** De las 20 unidades de suelo analizadas en este estudio, se puede observar que en todas hubo pérdida de bases intercambiables (Ca, Mg y K) por percolación, pero con tasas variables (Figura 1).

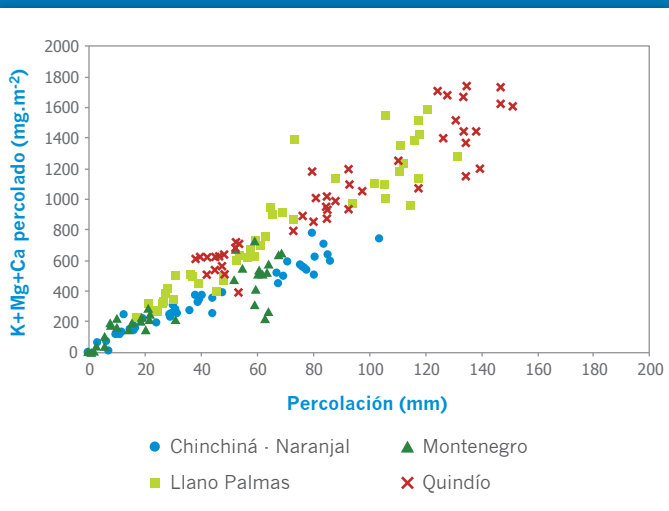
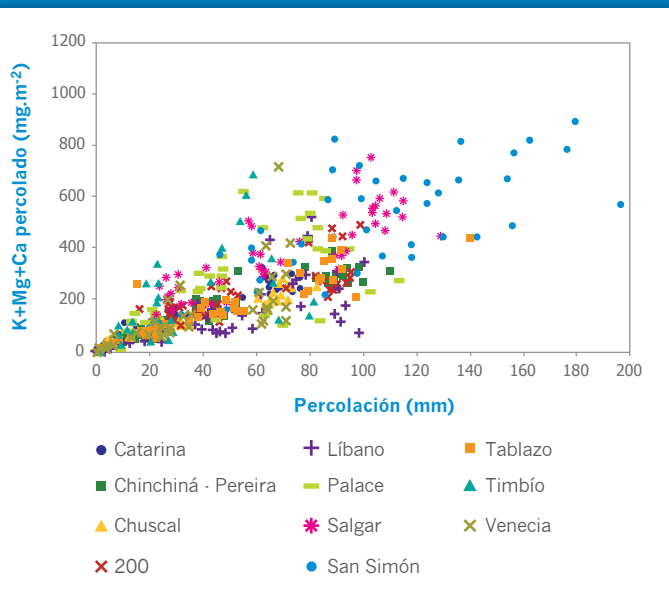
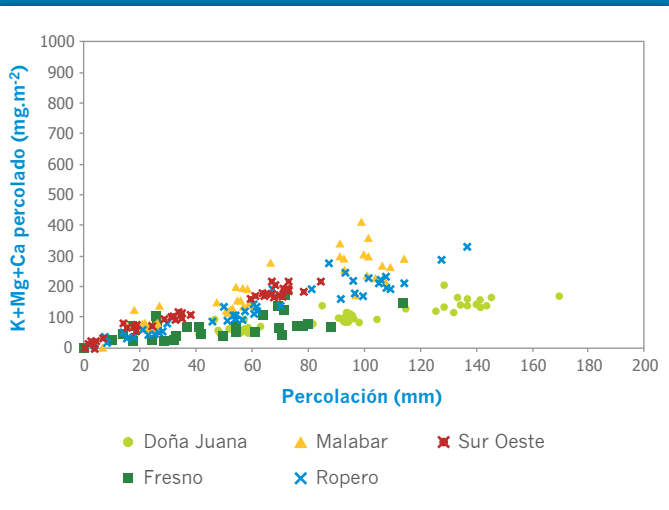
Las unidades de suelo que presentaron las mayores tasas de percolación fueron: Quindío, Llano Palmas, Montenegro, San Simón, Salgar, Doña Juana, Malabar y Roperó.

**Tabla 2.** Fuentes comerciales y dosis aplicadas de bases intercambiables.

Base	Fuente	Dosis equivalente	Porcentaje (%)
Calcio (Ca)	Calcinit	318 kg.ha <sup>-1</sup>	26% CaO
Magnesio (Mg)	Óxido de Mg	45 kg.ha <sup>-1</sup>	88% MgO
Potasio (K)	Cloruro de K	163,5 kg.ha <sup>-1</sup>	60% K <sub>2</sub> O

**Tabla 3.** Niveles de exceso hídrico aplicado a cada unidad de suelo una vez suministradas las bases intercambiables.

Día	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
0	23 mm	23 mm	23 mm
1	14 mm	23 mm	32 mm
2	41 mm	59 mm	82 mm
3	0 mm	14 mm	27 mm
Total	78 mm	119 mm	164 mm



**Figura 1.** Pérdida de bases intercambiables (K+Mg+Ca) por percolación o exceso hídrico, en 20 unidades de suelo de la zona cafetera de Colombia.

Las unidades con las menores tasas de pérdida de bases por percolación fueron: Doña Juana  $0,97 \text{ mg.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$  y Fresno  $1,17 \text{ mg.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$  (Figura 1 A).

Las unidades de suelos que presentaron las mayores tasas de pérdida de bases por percolación en su orden fueron: Unidad Llano Palmas con una tasa de pérdida de  $10,74 \text{ mg.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ , unidad Quindío con  $9,98 \text{ mg.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ , unidad Montenegro con  $6,92 \text{ mg.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$  y unidad Chinchiná con  $6,71 \text{ mg.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$  (Figura 1 C).

Las tasas de pérdida de bases equivalentes por hectárea, para cada una de las unidades de suelo consideradas en el estudio, se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Tasa de pérdida de bases intercambiables (Ca+Mg+K) por exceso hídrico para 20 unidades de suelo de la zona cafetera colombiana.

Unidad de suelo	Tasa de pérdida	D.€	C.V.
	kg.ha <sup>-1</sup> /100mm		%
Doña Juana	0,97	0,07	6,96
Fresno	1,17	0,21	18,01
Ropero	2,08	0,26	12,32
Sur Oeste	2,42	0,03	1,39
Malabar	2,54	0,44	17,39
Líbano	2,76	0,50	18,16
Chuscal	2,93	0,20	6,94
200	3,03	1,10	36,46
Chinchiná-Pereira	3,18	0,42	13,06
Tablazo	3,28	0,51	15,52
Catarina	3,46	0,11	3,06
San Simón	3,76	0,80	21,24
Timbío	3,98	0,98	24,74
Salgar	4,02	0,27	6,78
Venecia	4,32	1,90	44,02
Palacé	4,66	2,10	45,10
Chinchiná-Naranjal	6,71	0,42	6,29
Montenegro	6,92	1,26	18,22
Quindío	9,98	0,76	7,63
Llano Palmas	10,74	0,28	2,60

**Indicador de vulnerabilidad- Pérdida Relativa de Bases (PRB).** Con los resultados anteriores y tomando como punto de referencia la arena de río, secada al aire, pasada por el Tamiz No. 4 y sometida a las mismas aplicaciones de bases y de exceso hídrico que las unidades de suelo, se observa que es posible estimar un indicador de vulnerabilidad a la pérdida de bases por exceso hídrico, denominado pérdida relativa de bases (PRB), el cual indica la cantidad de bases de Ca, Mg y K que se pierden respecto a la arena. Si la pérdida relativa de bases es inferior al 10% se califica como vulnerabilidad baja, entre 10% y 20% se califica de vulnerabilidad media, entre 20% y 40% de vulnerabilidad alta y mayor al 40% de PRB de vulnerabilidad muy alta.

De las 20 unidades de suelos muestreadas, dos de ellas se categorizan como de vulnerabilidad **baja** (Doña Juana y Fresno), diez de ellas como de vulnerabilidad **media** (Ropero, Suroeste, Malabar, Líbano, Chuscal, 200, Chinchiná-Pereira, Tablazo, Catarina y San Simón), seis de las unidades se categorizaron como de vulnerabilidad **alta** (Timbío, Salgar, Venecia, Palacé, Chinchiná-Naranjal y Montenegro), y dos de ellas como de vulnerabilidad **muy alta** (Quindío y Llano Palmas) (Tabla 5).

**Áreas cubiertas por cada unidad.** Las 20 unidades de suelo consideradas en el estudio, cubren 513.216 hectáreas de la zona cafetera de Colombia, de las cuales se puede afirmar que 50.979 hectáreas tienen vulnerabilidad baja a la pérdida de bases por exceso hídrico, que corresponde a las unidades de suelo Doña Juana y Fresno (Tabla 4 y Figura 2); 388.370 hectáreas presentan vulnerabilidad media, correspondiente a las unidades Ropero, Suroeste, Malabar, Líbano, Chuscal, 200, Chinchiná, Tablazo, Catarina y San Simón; 56.306 hectáreas presentan vulnerabilidad alta, correspondiente a las unidades de suelo Timbío, Salgar, Venecia, Palacé y Montenegro; y 17.652 hectáreas presentan vulnerabilidad muy alta a la pérdida de bases por exceso hídrico correspondiente a las unidades Quindío y Llano Palmas (Tabla 3, Figuras 2 y 3).

**Tabla 5.** Vulnerabilidad de algunas unidades de suelos de la zona cafetera Colombiana a la pérdida de bases intercambiables (Ca+Mg+K) por exceso hídrico.

Unidad de suelo	Pérdida relativa de bases (PRB) (%)	Vulnerabilidad	Área (ha)
Doña Juana	5,1	Baja	3.500
Fresno	6,1	Baja	47.479
Subtotal			50.979
Ropero	10,9	Media	41.964
Suroeste	12,6	Media	823
Malabar	13,3	Media	21.252
Líbano	14,4	Media	24.769
Chuscal	15,3	Media	609
200	15,8	Media	45.261
Chinchiná	16,6	Media	134.481
Tablazo	17,2	Media	1.286
Catarina	18,1	Media	4.642
San Simón	19,6	Media	113.282
Subtotal			388.370
Timbío	20,8	Alta	28.440
Salgar	21,0	Alta	2.417
Venecia	22,6	Alta	149
Palacé	24,3	Alta	
Montenegro	36,1	Alta	25.299
Subtotal			56.306
Quindío	52,1	Muy alta	11.064
Llano de Palmas	56,1	Muy alta	6.499
Subtotal			17.562
Total			513.216

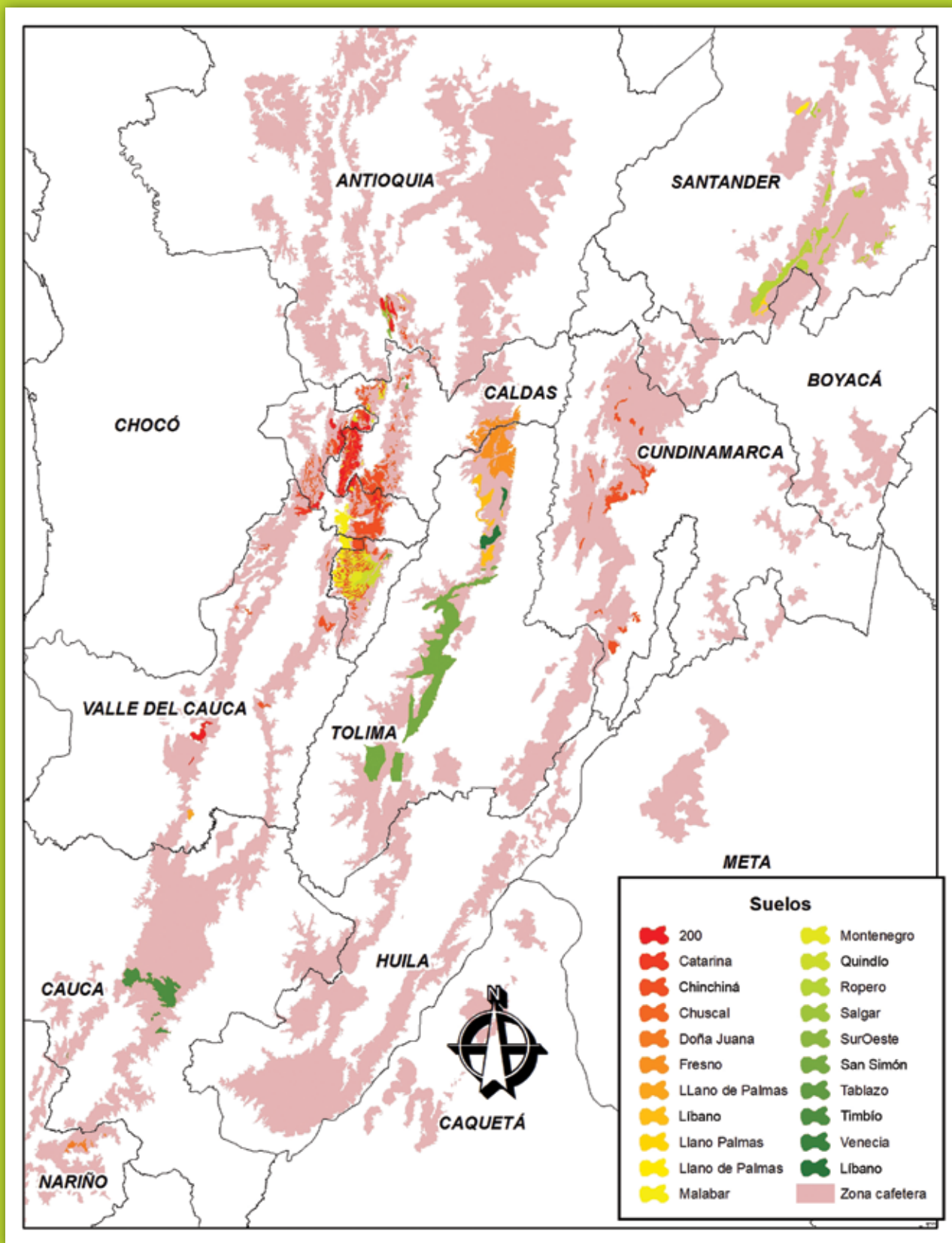


Figura 2. Ubicación de las unidades de suelo consideradas en el estudio.

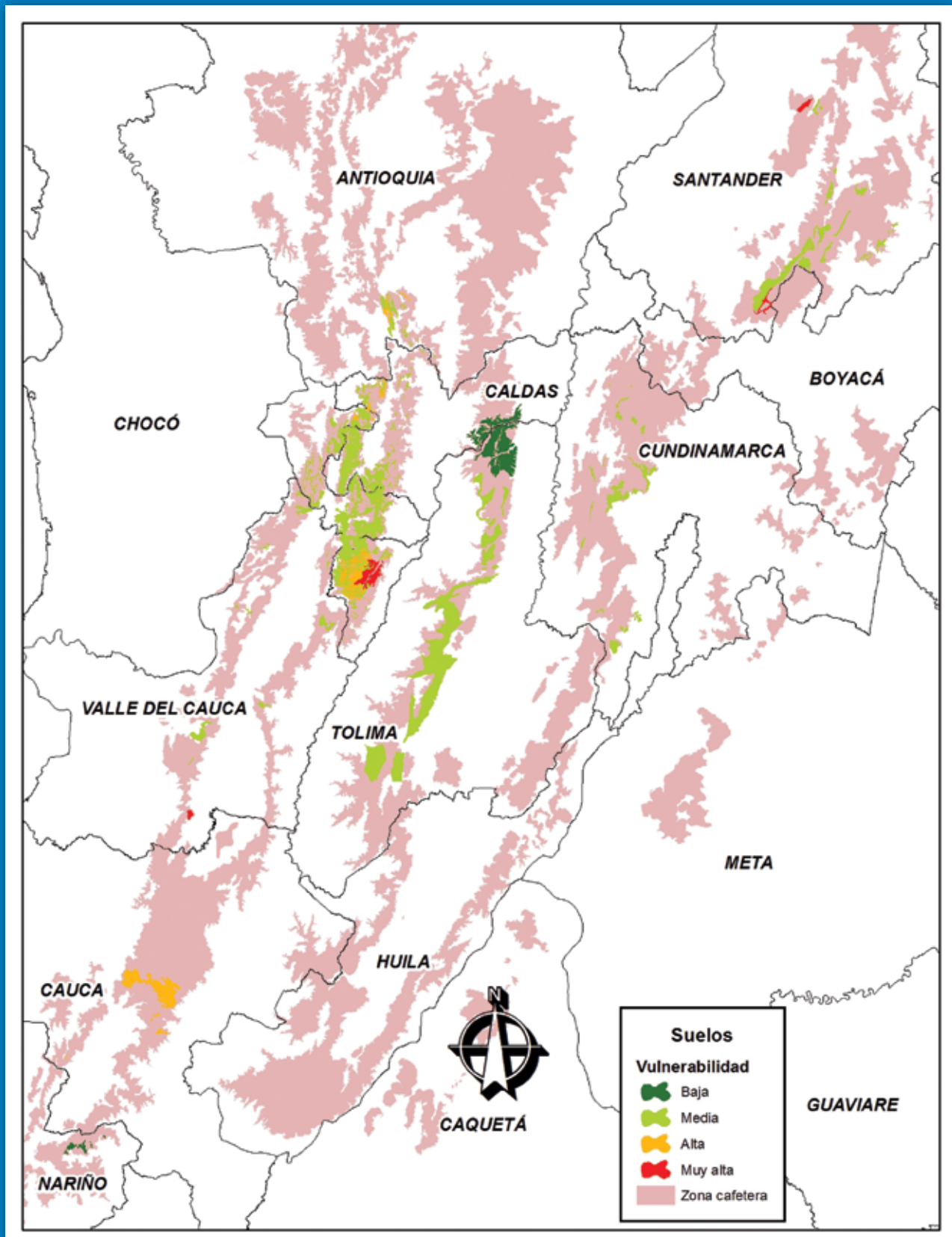


Figura 3. Vulnerabilidad de algunos suelos de la zona cafetera colombiana a la pérdida de bases intercambiables por exceso hídrico.

## ¿Cómo reducir la vulnerabilidad a la pérdida de bases por exceso hídrico?

- ➔ La pérdida de bases intercambiables del suelo por exceso hídrico regularmente trae como consecuencia el aumento en la acidez del suelo, por lo tanto, como primera medida para reducir la vulnerabilidad a la pérdida de bases es recomendable hacer monitoreo permanente, por lo menos una vez cada 2 años, de la evolución de la acidez del suelo y la concentración de bases del mismo por medio del análisis de suelo.
- ➔ En aquellos suelos que son vulnerables a la pérdida de bases por exceso hídrico, se aconseja fraccionar la fertilización ante la ocurrencia de un evento de La Niña, tres veces al año.
- ➔ En suelos de vulnerabilidad alta se aconseja realizar periódicamente análisis de suelos con el objetivo de monitorear la evolución del pH y las bases intercambiables y hacer las correcciones del caso.
- ➔ Se aconseja manejar coberturas vivas de interferencia media en las calles y muertas tipo mulch en los platos de los árboles, y por ningún motivo tener el suelo completamente desnudo (sin cobertura).
- ➔ Aquellos suelos de vulnerabilidad alta y ubicados en zonas de altas precipitaciones, se aconseja tener sistemas agroforestales, con los niveles de cobertura recomendados para cada zona, ya que los sistemas agroforestales interceptan parte de la lluvia y ayudan en el ciclaje de nutrientes.
- ➔ Al momento de hacer la renovación de los lotes o zoqueo se recomienda dejar siempre una cobertura muerta en el suelo, y establecer cultivos intercalados que permitan una cobertura en el suelo mientras se establece el cafetal de nuevo.
- ➔ El cultivo intercalado se debe manejar como un cultivo independiente, incluida su fertilización.

### Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) que por medio del proyecto "Preparando tecnológicamente la caficultura para condiciones de clima variable" cofinanció el desarrollo de esta investigación.

### Literatura citada

1. IDEAM. Atlas climatológico de Colombia. Bogotá : El Instituto, 2005. 218 p.
2. JARAMILLO R., A. La lluvia y el transporte de nutrimentos dentro del ecosistema de bosque y cafetales. Cenicafé 54(2):134-144.
3. RAMÍREZ B., V.H.; JARAMILLO R., A. Distribución de la lluvia en cuatro coberturas vegetales de la zona andina. Boletín Investigaciones de Unisarc 5(1):19-33. 2006
4. RAMÍREZ B., V.H.; JARAMILLO R., A. Relación entre el índice oceánico de El Niño (ONI) y la lluvia en la región andina central de Colombia. Cenicafé 60(2):162-173. 2009

