

# CARACTERIZACIÓN DE UN ANDISOL DE LA CUENCA ALTA DE LA QUEBRADA SANTA ELENA, ORIENTE ANTIOQUEÑO, COLOMBIA<sup>a</sup>

## CHARACTERIZATION OF AN ANDISOL OF THE SANTA ELENA UPPER BASIN, EASTERN ANTIOQUIA, COLOMBIA

NICOLÁS PÉREZ ECHAVARRÍA<sup>b</sup>, DANIEL JARAMILLO JARAMILLO<sup>c</sup>, ORLANDO RUÍZ  
VILLADIEGO<sup>d</sup>, LUIS PARRA SÁNCHEZ<sup>e</sup>

Recibido 20-10-2016, aceptado 07-02-2017, versión final 22-02-2017.  
Artículo Investigación

**RESUMEN:** Se caracterizó detalladamente un Andisol derivado de ceniza volcánica de la cuenca alta de la quebrada Santa Elena, Oriente Antioqueño (Colombia), con el fin de realizar en él otros estudios más detallados de pedogénesis. El suelo estudiado presentó un bajo contenido de bases y de fósforo disponible y una alta acidez, lo que indica un bajo nivel de fertilidad natural. El alto contenido de materia orgánica superficial está en concordancia con el clima frío húmedo de la zona y con la formación de complejos organometálicos que la protegen de la mineralización. Los horizontes superficiales del perfil estudiado se clasificaron como no alofánicos mientras que los horizontes subsuperficiales se clasificaron como alofánicos. El suelo estudiado mostró evidencias de ser poligenético, así como de fenómenos de erosión asociados a cambios climáticos drásticos y fue clasificado como un Acrudoxic Fulvudand, medial, mezclado, isotérmico.

**PALABRAS CLAVE:** andisol; materia orgánica; pedogénesis.

**ABSTRACT:** A volcanic ash derived Andisol in Eastern Antioquia (Colombia) was studied in order to establish farther pedological aspects. The soil presents low bases status, low available phosphorus contents and high acidity, indicating a low level of natural fertility. The high content of surface organic matter is in accordance with the damp cold climate of the area and with the formation of organometallic complexes that protects it again mineralization. The surface horizons were classified as non allophanic while the subsurface horizons were classified as allophanic. The studied soil was poligenetic and show evidence of erosion phenomena associated with drastic climate changes. The soil was classified as medial, mixed, isothermic Acrudoxic

<sup>a</sup>Pérez Echavarría, N., Jaramillo Jaramillo, D., Ruíz Villadiego, O. & Parra Sánchez, L. (2017). Caracterización de un andisol de la cuenca alta de la quebrada Santa Elena, Oriente Antioqueño, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 6 (1), 24–38. DOI: 10.15446/rev.fac.cienc.v6n1.60628

<sup>b</sup>Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, npereze@unal.edu.co.

<sup>c</sup>Profesor Titular y Maestro Universitario, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, djaramal@unal.edu.co.

<sup>d</sup>Profesor asociado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, osruiz@unal.edu.co.

<sup>e</sup>Profesor asociado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, lnparra@unal.edu.co.

Fulvudand.

**KEYWORDS:** andisol; organic matter; pedogenesis.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Andisoles son suelos que se desarrollan a partir de materiales provenientes de eyecciones volcánicas (ceniza, pumita, lava) y/o materiales volcanoclásticos, cuya fracción coloidal está dominada por minerales de bajo rango de ordenamiento o por complejos Al-humus (Soil Survey Staff (SSS), 1999).

El sistema de clasificación taxonómica de suelos del USDA (Soil Survey Staff, SSS, 1999, 2014), establece que la tierra fina de los suelos que poseen propiedades ándicas debe cumplir con los siguientes requerimientos: contenido de carbono orgánico menor al 25 % (en peso), densidad aparente con humedad retenida a 33 kPa menor de  $0.9 \text{ Mg/m}^3$ , retención de fosfatos mayor o igual a 85 % y contenido de Al y Fe extractables con oxalato ácido de amonio ( $\text{Al}_0 + 1/2 \text{ Fe}_0$ ) mayor o igual a 2 %. Aparte de los requerimientos anteriores, Jaramillo (2009) considera que hay algunas propiedades químicas de los Andisoles que se pueden relacionar con las propiedades ándicas, como los contenidos de Al, Fe y Si extractables con pirofosfato de sodio, el pH medido en NaF y la CIC variable.

Shoji *et al.* (1996), proponen la relación entre el Al extraído con pirofosfato de sodio y el extraído con oxalato ácido de amonio para separar horizontes ándicos dominados por complejos Al-humus de los dominados por materiales alofánicos. Según Van Breemen & Buurman (1998), el oxalato debe extraer todo el aluminio y el hierro asociados a compuestos amorfos inorgánicos (incluyendo aluminosilicatos) y a compuestos orgánicos, mientras que el pirofosfato debe extraer únicamente el aluminio y el hierro ligado a compuestos orgánicos.

Flórez *et al.* (2006) y Jaramillo *et al.* (2006), realizaron varias investigaciones sobre génesis de Andisoles de la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas, en el Oriente Antioqueño, y definieron que los suelos predominantes en esta zona pertenecían a los grandes grupos Melanudands, Fulvudands y Hapludands. Son suelos profundos a moderadamente profundos, bien o moderadamente bien drenados en las laderas y con drenaje imperfecto en las depresiones, tienen texturas medias y son bien estructurados, presentan altos contenidos de materia orgánica y de aluminio intercambiable, bajo contenido de bases y de fósforo disponible y son de bajo nivel de fertilidad natural.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar, de manera detallada, un Andisol de la cuenca alta de la quebrada Santa Elena, en el Oriente Antioqueño, el cual se utilizará para otros estudios, aún más detallados sobre pedogénesis de estos suelos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Caracterización del sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en el Centro Agropecuario Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia, ubicado en el corregimiento de Santa Elena, a una distancia de 18 km al oriente de la ciudad de Medellín (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son  $6^{\circ} 12' 37''$  de latitud norte y  $75^{\circ} 30' 11''$  de longitud oeste. Su área se estima en 139.3 ha. Ecológicamente, se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh - MB), con una precipitación media anual de 2500 mm, con distribución bimodal, y una temperatura media anual de  $14.7^{\circ}C$  (De los Ríos *et al.*, 2004).

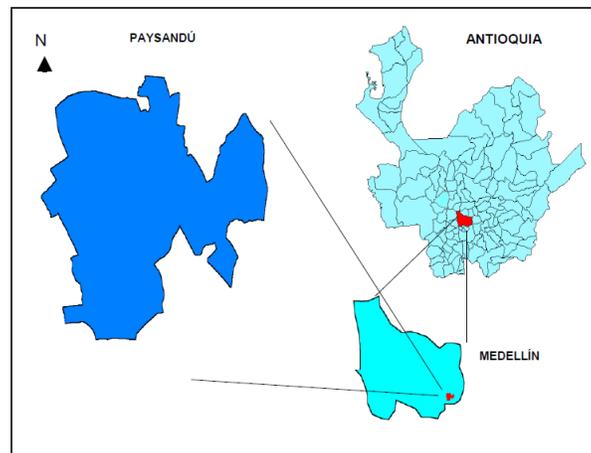


Figura 1: Localización del Centro Agropecuario Paysandú, Medellín, Colombia. Fuente: De los Ríos *et al.*, 2004.

Según el Departamento Administrativo de Planeación de la Alcaldía de Medellín (2008), el corregimiento de Santa Elena se encuentra conformado por la parte alta de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, las partes alta y media alta de la cuenca de la quebrada Santa Elena, donde se ubica el Centro Agropecuario Paysandú, y la parte alta de las cuencas de la zona sur oriental y de algunas cuencas de la zona nororiental del Valle de Aburrá.

Según Jaramillo *et al.* (2006), en la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas, se presentan anfíbolitas y serpentinitas como los materiales litológicos de mayor cobertura, con algunos depósitos aluviales y de vertiente de edad cuaternaria. Sin embargo, desde el punto de vista del material parental de los suelos, estos autores definen que la ceniza volcánica es el más importante en toda la cuenca, ya que ella recubre los paisajes de colinas bajas desarrolladas en saprolitos espesos de rocas y los depósitos de vertiente. Además, recubre aluviones y/o forma parte de ellos como material retransportado y depositado por las corrientes de agua.

## 2.2. Muestreo del suelo

Se hicieron recorridos exploratorios por las partes altas de las cuencas de las quebradas Piedras Blancas y Santa Elena observando en los taludes y cortes que se encontraban en ellas los suelos existentes. En varios de los sitios visitados se realizaron observaciones detalladas del perfil del suelo, siguiendo las pautas que para tal efecto recomienda el Soil Survey Division Staff (Soil Survey Staff (SSS), 1999). Después de analizar la información recolectada en los recorridos de campo, se seleccionó un perfil bajo cobertura natural que representaba la mayoría de los perfiles observados (Perfil Paysandú). En ese sitio se preparó una calicata de 2 m de largo por 2 m de ancho por 1.5 m de profundidad y se hizo una descripción detallada del suelo con base en la guía que para el efecto tiene el USDA (Schoeneberger *et al.*, 2002).

De cada uno de los horizontes descritos se tomó una muestra de suelo disturbada de aproximadamente 1 kg que se empacó en una bolsa plástica hermética para realizar los análisis de laboratorio respectivos: caracterización de la fertilidad y de las propiedades ándicas del suelo. Además se tomó una muestra sin disturbar con un cilindro metálico de 92.57 cm<sup>3</sup> para determinar la Densidad aparente (Da) de los horizontes.

## 2.3. Caracterización de la fertilidad

Para caracterizar la fertilidad del suelo se realizaron las siguientes determinaciones: pH en agua 1:1 volumen: volumen (método potenciométrico), contenido de materia orgánica (M.O., %) mediante oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio (método de Walkley-Black), contenidos de bases intercambiables (Ca, Mg, K y Na, cmol (+)/kg de suelo) mediante extracción con acetato de amonio 1 N a pH 7, fósforo disponible (P, mg/kg de suelo) por el método de Bray II, aluminio intercambiable (Al, cmol (+)/kg de suelo) extraído con KCl 1 N, contenido de elementos menores (Fe, Mn, Cu, Zn, mg/kg de suelo) por el método Olsen-EDTA y contenido de boro (B en mg/kg de suelo) extraído con agua caliente y cuantificado por espectrofotometría UV-VIS con el método de Azometina-H. Además, se midió la capacidad de intercambio catiónico del suelo a pH 7 (CIC7, cmol (+)/kg de suelo) por el método del acetato de amonio 1 N y se estimó la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE, cmol (+)/kg de suelo) mediante la suma de las bases más el aluminio intercambiable (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, 2006). También se calculó el porcentaje de saturación con bases como la sumatoria de las bases sobre la CICE del suelo  $[(Ca + Mg + K + Na)/CICE] \times 100$  y el porcentaje de saturación con aluminio como el contenido de aluminio intercambiable sobre la CICE del suelo  $(Al/CICE) \times 100$ . Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## 2.4. Caracterización de las propiedades ándicas y otras relacionadas con génesis y clasificación

Para caracterizar las propiedades ándicas del suelo y otras relacionadas con su génesis y clasificación, se midieron las cantidades de Al, Fe y Si extractables con oxalato ácido de amonio (Alo, Feo, Sio, respectivamente, %), así como las extractables con pirofosfato de sodio (Alp, Fep, Sip, respectivamente, %) y la capacidad de fijación de fosfatos (FF, %), siguiendo los métodos propuestos por Pansu & Gautheyrou (2006). Además, se midió el pH en NaF (método potenciométrico, 1:50 peso: volumen), según lo recomendado por el sistema de clasificación taxonómica de suelos del USDA (Soil Survey Staff (SSS), 2014) y se determinó la Da ( $Mg/m^3$ ) para cada uno de los horizontes, utilizando el método del cilindro biselado (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, 2006). Estos análisis también fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Descripción del perfil en campo

En la Figura 2 se observa el Perfil Paysandú y su descripción se presenta a continuación:

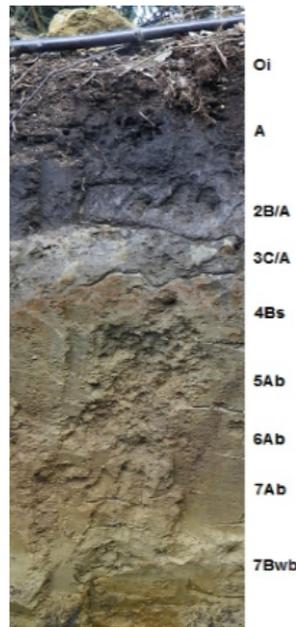


Figura 2: Perfil Paysandú. Fuente: Elaboración propia.

*Describieron:* Daniel Francisco Jaramillo Jaramillo, Nicolás Pérez Echavarría. *Fecha:* Octubre 3 de 2014. *Localización:* Centro Agropecuario Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia, corre-

gimiento de Santa Elena. *Altitud*: 2692 msnm. *Precipitación media anual*: 2500 mm. *Temperatura media anual*: 14.7°C. *Posición fisiográfica*: Parte media de la ladera de colinas bajas, redondeadas, desarrolladas en saprolito de anfibolita y recubiertas con ceniza volcánica. *Topografía*: Fuertemente inclinada con pendiente entre 7 y 12%. *Material parental*: Cenizas volcánicas del complejo Ruíz-Tolima. *Vegetación natural*: Rastrojo alto con abundante helecho. *Uso actual*: Barbecho. *Régimen de humedad del suelo*: údico. *Régimen de temperatura del suelo*: Isotérmico. *Profundidad efectiva*: Muy profundo. *Drenaje natural*: Bien drenado. *Evidencias de erosión*: No presenta. *Epipedón*: ócrico. *Horizontes subsuperficiales*: Cábmico.

**Oi** 0 - 10 cm; capa de material orgánico fresco, abundantes raíces de helecho muy finas, límite abrupto ondulado.

**A** 10 - 24 cm; color en húmedo pardo muy oscuro (10 YR 2/2); franco arcilloso; con estructura en bloques subangulares, finos, moderados; friable, ligeramente plástico, moderadamente pegajoso; comunes poros finos y muy finos; comunes raíces finas; reacción muy fuerte y rápida al NaF (++++); límite abrupto plano.

**2B/A** 24 - 31/34 cm; color en húmedo pardo oliva (2.5 Y 4/3) en un 75 % de la matriz del suelo y negro (10 YR 2/1) en el 25 % restante; franco arcilloso a arcilloso; con estructura en bloques subangulares, finos, moderados; friable, muy plástico, muy pegajoso; comunes poros finos y muy finos; sin raíces; mezcla con el horizonte A por pedotúbulos y grietas; reacción muy fuerte y rápida al NaF (++++); límite muy abrupto irregular.

**3C/A** 31/34 - 38/41 cm; color variegado, en húmedo y en amasado pardo oliva (2.5 Y 4/4); arcilloso; sin estructura, masivo; extremadamente firme, muy plástico, muy pegajoso; pocos poros finos; sin raíces; mezcla con el horizonte A por pedotúbulos y grietas; reacción muy fuerte y rápida al NaF (++++); límite muy abrupto irregular.

**4Bs** 38/41 - 50 cm; color variegado, en húmedo y en amasado pardo (10 YR 4/3); arcilloso; con estructura en bloques angulares, finos, moderados; friable, muy plástico, muy pegajoso; comunes poros finos; sin raíces; reacción moderada al NaF (++); límite abrupto irregular.

**5Ab** 50 - 65 cm; color en húmedo pardo oliva (2.5 Y 4/4); arcilloso; con estructura en bloques angulares, finos, moderados; friable, moderadamente plástico, muy pegajoso; muchos poros finos; pocas raíces finas muertas; reacción moderada al NaF (++); límite claro plano.

**6Ab** 65 - 75 cm; color en húmedo pardo oliva (2.5 Y 4/3) con 5 % de moteos pardo rojizos (5 YR 4/4) y rojo amarillentos (5 YR 5/8) provenientes de oxidación de raíces; arcilloso; con estructura

NICOLÁS PÉREZ ECHAVARRÍA, DANIEL JARAMILLO JARAMILLO, ORLANDO RUÍZ VILLADIEGO, LUIS PARRA SÁNCHEZ  
en bloques angulares, finos, débiles; friable, muy plástico, muy pegajoso; muchos poros finos; pocas raíces finas muertas; reacción moderada al NaF (++) ; límite claro plano.

**7Ab** 75 - 93 cm; color en húmedo pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) con 5 % de moteos pardo rojizos (5 YR 4/4) y rojo amarillentos (5 YR 5/8) provenientes de oxidación de raíces; arcilloso; con estructura en bloques angulares, finos, débiles; friable, muy plástico, muy pegajoso; muchos poros finos; pocas raíces finas muertas; reacción moderada al NaF (++) ; límite claro plano.

**7Bwb** 93 - 103 cm; color en húmedo amarillo oliva (2.5 Y 6/6); arcilloso; con estructura en bloques angulares, finos, débiles; friable, muy plástico, muy pegajoso; muchos poros finos; sin raíces; reacción moderada al NaF (++) ; límite claro plano.

**8Ab** 103 - 113 cm; color en húmedo pardo oliva claro (2.5 Y 5/6); franco arcilloso; con estructura en bloques angulares, finos, débiles; friable, moderadamente plástico, moderadamente pegajoso; muchos poros finos; sin raíces; reacción moderada al NaF (++) ; límite claro plano.

**9C** 113 + cm; color en húmedo amarillo oliva (2.5 Y 6/8); franco arcilloso; sin estructura, masivo; friable, muy plástico, muy pegajoso; pocos poros finos; sin raíces; no presenta reacción al NaF.

### 3.2. Caracterización de la fertilidad

Los resultados de las Tablas 1 y 2 muestran que el suelo estudiado presenta las propiedades químicas típicas de los Andisoles que predominan en la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas y, en general, en el Oriente Antioqueño (Flórez *et al.*, 2006; Jaramillo *et al.*, 2006; Caballero & Jaramillo, 2007).

Castro & Gómez (2010) proponen los siguientes valores de referencia para interpretar los análisis químicos: los suelos que presentan un pH menor a 4.5 son extremadamente ácidos, entre 4.5 y 5.0 son muy fuertemente ácidos y entre 5.1 y 5.5 son fuertemente ácidos; en clima frío los contenidos de M.O. menores a 5 % son bajos, entre 5 y 10 % son medios y mayores a 10 % son altos; los contenidos de Ca menores a 2 cmol(+)/kg de suelo son muy bajos, entre 2 y 3 cmol(+)/kg de suelo son bajos, entre 3 y 6 cmol(+)/kg de suelo son medios y mayores a 6 cmol(+)/kg de suelo son altos; los contenidos de Mg menores a 0.5 cmol(+)/kg de suelo son muy bajos, entre 0.5 y 1.2 cmol(+)/kg de suelo son bajos, entre 1.2 y 1.8 cmol(+)/kg de suelo son medios y mayores a 1.8 cmol(+)/kg de suelo son altos; los contenidos de K menores a 0.2 cmol(+)/kg de suelo son muy bajos, entre 0.2 y 0.4 cmol(+)/kg de suelo son bajos, entre 0.4 y 0.6 cmol(+)/kg de suelo son medios y entre 0.6 y 1 cmol(+)/kg de suelo son altos; los contenidos de Na menores a 0.1 cmol(+)/kg de suelo son bajos, entre 0.1 y 0.5 cmol(+)/kg de suelo son medios y mayores a 0.5 cmol(+)/kg de suelo son

Tabla 1: Propiedades químicas de los horizontes del Perfil Paysandú: pH, M.O., bases intercambiables, aluminio intercambiable, CICE y CIC7.

Horizonte	Profundidad cm	pH agua 1:1	M.O %	cmol(+)/kg de suelo						
				Ca	Mg	K	Na	Al	CICE	CIC7
Oi	0-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	10-23	4.5	22.6	0.09	0.16	0.10	0.02	1.2	1.6	15.9
2B/A	23-30/34	4.7	19.5	0.03	0.08	0.06	0.02	2.8	3.0	37.0
3C/A	30/34-38/41	5.0	13	0.03	0.02	0.03	0.01	1.2	1.3	37.3
4Bs	38/41-50	5.1	8.7	0.02	0.02	0.02	0.01	0.4	0.5	21.0
5Ab	50-65	5.1	6.5	0.02	0.02	0.02	0.01	0.3	0.4	35.6
6Ab	65-75	5.3	6.1	0.03	0.01	0.02	0.01	0.2	0.3	31.3
7Ab	75-93	5.3	6.3	0.03	0.02	0.01	0.01	0.3	0.4	28.3
7Bwb	93-103	5.3	6.4	0.03	0.02	0.02	0.01	0.2	0.3	31.3
8Ab	103-113	5.1	3.1	0.03	0.02	0.02	0.02	0.3	0.4	4.0
9C	113+	5.3	0.88	0.13	0.60	0.02	0.01	0.5	1.3	13.1

altos; los contenidos de Al menores a 1 cmol(+)/kg de suelo son bajos, entre 1 y 2.5 cmol(+)/kg de suelo son medios y mayores a 2.5 cmol(+)/kg de suelo son altos. Finalmente los contenidos de P menores a 10 ppm se consideran muy bajos, entre 10 y 20 ppm son bajos, entre 20 y 40 ppm son medios y mayores a 40 ppm son altos.

Debido a lo anterior se puede afirmar que este suelo es muy fuertemente ácido en superficie y fuertemente ácido en profundidad y que presenta un alto contenido de materia orgánica en los horizontes superficiales y un nivel muy bajo de bases y de fósforo disponible en todo el perfil. Los contenidos de Al intercambiable, excepto en el horizonte 2B/A, son bajos y medios, lo que podría indicar según De los Ríos *et al.* (2004), que los principales responsables de la acidez en este suelo son los grupos ácidos de la materia orgánica y en menor medida las reacciones de hidrólisis del Al. A pesar de que estos valores de Al intercambiable fueron en general bajos y medios, este elemento representa un porcentaje muy alto de la CICE en la mayoría de los horizontes, lo que explica la alta saturación con Al que se encontró en casi todo el perfil e indica que éste es el catión dominante en el complejo de cambio del suelo.

Castro & Gómez (2010), también indican que contenidos de Fe menores a 50 ppm son bajos, entre 50 y 100 ppm son medios y mayores a 100 ppm son altos; que contenidos de Mn menores a 5 ppm son bajos, entre 5 y 10 ppm son medios y mayores a 10 ppm son altos; que contenidos de Cu menores a 2 ppm son bajos, entre 2 y 4 ppm son medios y mayores a 4 ppm son altos; que contenidos de Zn

NICOLÁS PÉREZ ECHAVARRÍA, DANIEL JARAMILLO JARAMILLO, ORLANDO RUÍZ VILLADIEGO, LUIS PARRA SÁNCHEZ  
 Tabla 2: Propiedades químicas de los horizontes del Perfil Paysandú: fósforo y elementos menores.

Horizonte	Profundidad cm	Saturación con bases (%)	Saturación con Al (%)	<i>mg/kg</i> de suelo					
				P	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Oi	0-10	-	-	-	-	-	-	-	-
A	10-23	23.1	75.0	3.0	307	1.0	1.0	1.0	0.70
2B/A	23-30/34	6.3	93.3	2.0	140	1.0	1.0	1.0	0.50
3C/A	30/34-38/41	6.9	92.3	1.0	113	0.5	1.0	0.5	0.22
4Bs	38/41-50	14.0	80.0	1.0	107	0.5	1.0	0.5	0.12
5Ab	50-65	17.5	75.0	1.0	22	0.5	1.0	0.5	ND
6Ab	65-75	23.3	66.7	1.0	12	0.5	1.0	0.5	0.03
7Ab	75-93	17.5	75.0	1.0	8	0.5	1.0	0.5	ND
7Bwb	93-103	26.7	66.7	1.0	8	0.5	1.0	0.5	ND
8Ab	103-113	22.5	75.0	2.0	23	0.5	2.0	0.5	0.32
9C	113+	58.5	38.5	1.0	14	2.0	2.0	0.5	0.15

menores a 3 ppm son bajos, entre 3 y 6 ppm son medios y mayores a 6 ppm son altos; por último contenidos de B menores a 0.3 ppm son considerados bajos, entre 0.3 y 0.6 ppm son considerados medios y mayores a 0.6 ppm son considerados altos. Debido a lo expuesto por estos autores puede decirse que los valores de Fe son altos en los cuatro primeros horizontes y bajos en los demás; que en general el Mn, Cu y Zn presentan valores bajos en todo el suelo y que el B tiene un valor alto en el primer horizonte, un valor medio en el segundo horizonte y valores bajos en el resto. La CICE es muy baja comparada con la CIC7, lo que indica que la carga del suelo es predominantemente variable y representa en promedio el 95.16 % de la carga del suelo a pH 7.

### 3.3. Caracterización de las propiedades ándicas y otras relacionadas con génesis y clasificación

En las Tablas 3 y 4 puede apreciarse que en todos los horizontes derivados de ceniza volcánica (hasta los 103 cm de profundidad) se cumplen los requerimientos de densidad aparente (Da), de fijación de fosfatos (FF) y de Al y Fe extractables con oxalato ácido de amonio (Alo y Feo), necesarios para considerar este espesor de suelo como un material con propiedades ándicas. Los dos horizontes restantes, 8Ab y 9C, no cumplieron con el contenido de Alo + 1/2 Feo mayor o igual a 2 %, ni con el % de FF mayor o igual a 85 %, requeridos para ser considerados como horizontes ándicos (Soil Survey Staff, SSS, 1999, 2014).

Los valores de Da en todos los horizontes del suelo variaron entre 0.43 y 0.79  $mg/m^3$ . La menor FF

se presentó en el horizonte A del suelo y fue de 94.91 %, mientras que los demás horizontes ándicos presentaron FF superiores a 98 %. La suma de Alo + 1/2 Feo presentó valores que estuvieron entre 2.05 % para el horizonte A y 11.36 % para el horizonte 4Bs.

Los valores más altos de Alp se encontraron en los horizontes A, 2B/A y 3C/A del suelo, los mismos que presentaron los mayores contenidos de M.O. Tabla 1, responsable de los complejos alumínicos que se extraen con pirofosfato. Al comparar los valores de Alp con los de Alo en los dos primeros horizontes se puede observar que entre ellos se presentan diferencias muy pequeñas, lo que confirma que buena parte del aluminio activo en estos horizontes está asociado con sustancias húmicas formando complejos organometálicos. En los demás horizontes que presentaron propiedades ándicas (3C/A, 4Bs, 5Ab, 6Ab, 7Ab y 7Bwb), los valores de Alo, con un promedio de 9.49 %, superaron ampliamente los valores de Alp, con un promedio de 1.02 %, indicando que la mayor parte del Al que se libera en ellos se polimeriza y precipita con Si, produciendo altas cantidades de alofana e imogolita (Shoji *et al.*, 1996; Van Breemen & Buurman, 1998). Los valores de la relación Alp/Alo de la Tabla 4 confirman lo que se dijo anteriormente, definiendo los dos primeros horizontes como no alofánicos (Alp/Alo >0.5) y los restantes como alofánicos (Alp/Alo <0.5) (Malagón *et al.*, 1991; Jaramillo *et al.*, 2006).

Tabla 3: Contenidos de Al, Fe y Si extraídos con pirofosfato de sodio y con oxalato ácido de amonio en los horizontes del Perfil Paysandú.

Horizonte	Profundidad cm	Extracción con pirofosfato de sodio %			Extracción con oxalato ácido de amonio %		
		Alp	Fep	Sip	Alo	Feo	Sio
A	10-23	1.63	0.34	0.36	1.74	0.63	0.29
2B/A	23-30/34	3.78	0.11	0.86	4.72	0.31	1.30
3C/A	30/34-38/41	1.83	0.23	0.11	9.15	1.00	3.88
4Bs	38/41-50	0.96	0.50	0.11	8.47	5.78	3.80
5Ab	50-65	0.90	0.19	0.07	9.40	0.85	4.37
6Ab	65-75	0.79	0.09	0.06	9.20	0.44	4.56
7Ab	75-93	0.84	0.05	0.05	10.50	0.38	5.26
7Bwb	93-103	0.82	0.06	0.05	10.20	0.45	5.25
8Ab	103-113	1.65	1.80	1.53	0.30	0.09	0.10
9C	113+	0.99	1.62	1.07	0.15	0.11	0.04

El pH en NaF de los horizontes ándicos estuvo entre 10.50 y 11.43 y para los horizontes 8Ab y 9C

Tabla 4: Propiedades ándicas y otras relacionadas con génesis y clasificación de los horizontes del Perfil Paysandú.

Horizonte	Profundidad cm	Propiedades ándicas				pH NaF 1:50
		Da ( $mg/m^3$ )	FF %	Alo + 1/2Feo %	Alp/Alo	
A	10-23	0.65	94.91	2.05	0.94	10.50
2B/A	23-30/34	0.65	98.71	4.88	0.80	11.40
3C/A	30/34-38/41	0.66	98.89	9.65	0.20	11.43
4Bs	38/41-50	0.56	98.95	11.36	0.11	11.13
5Ab	50-65	0.52	98.96	9.82	0.10	10.80
6Ab	65-75	0.49	98.97	9.42	0.09	10.95
7Ab	75-93	0.43	99.12	10.69	0.08	10.60
7Bwb	93-103	0.45	99.07	10.42	0.08	10.69
8Ab	103-113	0.74	53.83	0.34	5.56	11.20
9C	113+	0.79	39.96	0.21	6.45	9.40

fue de 11.20 y 9.40, respectivamente. El sistema de clasificación taxonómica de suelos del USDA (Soil Survey Staff, SSS, 1999, 2014), indica que un pH en NaF de 9.40 o más es un fuerte indicador de que minerales de bajo rango de ordenamiento dominan el complejo de cambio del suelo. Los valores tan altos de pH en NaF para los horizontes 8Ab y 9C, que no cumplieron con los requerimientos para ser considerados horizontes con propiedades ándicas, se podrían deber a procesos de translocación que incorporaron a estos últimos horizontes materiales provenientes de los horizontes suprayacentes, o a la presencia de otros compuestos no cristalinos diferentes a los aluminosilicatos producidos por la meteorización de la ceniza volcánica.

Desde el punto de vista pedogenético cabe destacar la gran cantidad de límites abruptos y muy abruptos, e irregulares, que se presentan en este suelo entre los horizontes A - 2B/A - 3C/A - 4Bs - 5Ab (Figura 2. Este tipo de límites define la presencia de discontinuidades litológicas en el perfil y evidencia la pérdida de por lo menos algunos horizontes de suelos (faltan horizontes A en algunas secuencias), si no de suelos completos, en épocas pasadas por efecto de fenómenos de erosión intensos asociados, probablemente, a climas relativamente secos que ya se han documentado (Salazar *et al.*, 2008).

### 3.4. Clasificación taxonómica

**Orden:** El suelo presentó propiedades ándicas en más del 60 % de los primeros 60 cm medidos desde la superficie del suelo mineral, por lo que se clasifica como Andisol.

**Suborden:** El suelo no cumplió con los requisitos para ser clasificado como Aquand, ya que no posee un epipedón hístico, ni está sometido a condiciones ácuicas a una profundidad entre 40 y 50 cm medidos desde la superficie del suelo mineral, donde no se observaron evidencias de reducción, ni concentraciones redox y se definió un valor de Chroma superior a 2. El suelo no presentó régimen de temperatura gélido ni crúico, ni régimen de humedad tórrico, xérico o ústico, por lo que se clasifica como Udand.

**Gran grupo:** El suelo no presentó un horizonte plácico ni un horizonte cementado dentro de los primeros 100 cm, por lo que no se clasificó como Placudand ni como Durudand. No cumple con los requerimientos de color ni de espesor para ubicarse en el Gran grupo Melanudands. Aunque no se evaluó la retención de humedad a 1500 kPa, Jaramillo *et al.* (2006) afirman que cuando estos suelos están secos al aire, presentan humedades cercanas al 13 % y a capacidad de campo muy pocos presentan humedades mayores al 100 %; por lo que la humedad retenida a 1500 kPa debe estar comprendida entre estos dos valores (13 y 100 %). Teniendo en cuenta que el potencial del agua del suelo en punto de marchitez permanente está más cercano al potencial del agua del suelo seco al aire y que la curva de humedad característica de los Andisoles cambia muy poco en este rango de tensiones, puede suponerse que la retención de humedad a 1500 kPa está por debajo del 70 %, lo que implica que no se cumple con el requerimiento de retención de humedad para poder clasificar el suelo en el Gran grupo Hydrudands o en algún Subgrupo Hydric. El suelo cumplió con los requerimientos de profundidad, de espesor y con el contenido de carbono orgánico (mayor a 6 % como promedio y mayor a 4 % en cada horizonte) necesarios para ser clasificado como Fulvudand.

**Subgrupo:** El suelo no presentó un contacto lítico dentro de los primeros 50 cm, por lo que no cumple con los requerimientos para ser clasificado como Lithic Fulvudand. Tampoco está sometido a condiciones ácuicas, ni se observaron concentraciones redox a una profundidad entre 50 y 100 cm, medidos desde la superficie del suelo mineral, por lo que no se clasifica como Aquic Fulvudand. No presenta saturación con agua dentro de los primeros 100 cm, medidos desde la superficie del suelo mineral, por 20 o más días consecutivos o por 30 o más días acumulativos y se asume que el contenido de agua retenida a 1500 kPa es menor a 70 %, por lo que el suelo estudiado no puede clasificarse como Oxyaquic Fulvudand ni como Hydric Fulvudand. El suelo cumplió con una suma de bases extractables con acetato de amonio más aluminio intercambiable de menos de 2.0 cmol (+)/kg de suelo, en un espesor de más de 30 cm, a una profundidad entre 25 y 100 cm medidos desde la superficie del suelo mineral, por lo que se clasificó como Acrudoxic Fulvudand.

**Familia:** El suelo presentó propiedades ándicas en más del 90 % de la sección control para las clases por tamaño de partícula (desde el horizonte A hasta el horizonte 7Bwb), por lo que se utilizaron las clases sustitutas para clase por tamaño de partícula, siendo un suelo Medial. La clase por mineralogía fue mezclada, ya que no se cumplió el requisito de  $[8 \text{ Sio} + 2 \text{ Feo}]$  mayor o igual a 5 % en el horizonte A; el régimen de temperatura del suelo se definió como isotérmico. Con las consideraciones anteriores, el suelo estudiado cumple con los conceptos centrales del sistema de clasificación taxonómica de suelos del USDA (Soil Survey Staff, SSS, 2014) para ser clasificado a nivel de familia, como Acrudoxic Fulvudand, medial, mezclado, isotérmico.

## 4. CONCLUSIONES

En este suelo, en campo se pudieron definir varios suelos enterrados con base en cambios de color.

El alto contenido de M.O. superficial está en concordancia con el clima frío húmedo de la zona y con la formación de complejos organometálicos que protegen la M.O. de la mineralización. Sin embargo, los bajos contenidos de bases intercambiables y de fósforo disponible, así como la alta acidez, implican que el suelo estudiado es de muy bajo nivel de fertilidad natural.

Los horizontes A, 2B/A, 3C/A, 4Bs, 5Ab, 6Ab, 7Ab y 7Bwb, cumplieron con todos los requerimientos para ser considerados materiales con propiedades ándicas. Los horizontes A y 2B/A, se clasifican como no alofánicos, mientras que los demás horizontes ándicos se clasifican como alofánicos. Los horizontes 8Ab y 9C no presentaron propiedades ándicas.

El suelo estudiado registra evidencias de ser poligenético, así como de fenómenos de erosión asociados a cambios climáticos drásticos.

Por presentar propiedades ándicas en los 100 cm superficiales, estar en régimen de humedad údico y de temperatura isotérmico, no cumplir con el índice Melánico a pesar del alto contenido de M.O. superficial, tener una CICE muy baja, así como por su composición granulométrica y mineralógica, el suelo se clasificó como un Acrudoxic Fulvudand, medial, mezclado, isotérmico.

## Referencias

Caballero, B. & Jaramillo, D. F. (2007). Humedad crítica y repelencia al agua en Andisoles bajo cobertura de *Cupressus lusitanica* y *Quercus humboldtii* en la cuenca de la quebrada Piedras

- Blancas (Medellín, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60 (2), 4001–4024.
- Castro, H. E. & Gómez, M. I. (2010). Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. En: Ciencia Del Suelo: Principios Básicos. *Colombia, editorial: Sociedad Colombiana De La Ciencia Del Suelo*. 213–303.
- De los Ríos, J. C., Gallego, A. F., Vélez, L. D., Agudelo, J. I., Toro, L. J., Lema, A. J. & Acevedo, L. I. (2004). Caracterización y evaluación de agroecosistemas a escala predial. Un estudio de caso: Centro Agropecuario Paysandú (Medellín, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2467–2489.
- Departamento Administrativo de Planeación. Alcaldía de Medellín. (2008). Santa Elena 2008-2020. Proceso participativo para la gestión estratégica del corregimiento de Santa Elena. 134.
- Flórez, M. T., Parra, L. N. & Jaramillo, D. F. (2006). Los fitolitos como una herramienta pedogenética en un Andisol de la cuenca de Piedras Blancas, Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 39 (1), 88-94.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. (2006). Métodos analíticos del laboratorio de suelos, 6, 648.
- Jaramillo, D. F. (2009). Variabilidad espacial de las propiedades ándicas de un Andisol hidromórfico del Oriente Antioqueño (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4907–4921.
- Jaramillo, D. F., Flórez, M. T. & Parra, L. N. (2006). Caracterización de un Andisol de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Oriente Antioqueño, Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 36 (1), 61–71.
- Malagón, D., Pulido, C. & Llinás, R. (1991). Andisoles. Investigaciones. Subdirección Agrológica. IGAC. Santa Fé de Bogotá D.C. 3 (1), 118.
- Pansu, M. & Gautheyrou, J. (2006). Handbook of Soil Analysis. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 993.
- Salazar, S., González, L. H. & Arias, L. A. (2008). Litoestratigrafía y pedoestratigrafía de los depósitos recientes en el Altiplano de Santa Rosa de Osos (ASRO). *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 23, 21–31.
- Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E. C., & Broderson, W. D. editors. (2002). Field book for describing and sampling soils, Version 2.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

- NICOLÁS PÉREZ ECHAVARRÍA, DANIEL JARAMILLO JARAMILLO, ORLANDO RUÍZ VILLADIEGO, LUIS PARRA SÁNCHEZ
- Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R. & Quantin, P. (1996). Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the world reference base for soils resources. *Soil Science*, 161, 604–615.
- Soil Survey Division Staff (SSDS). (1993). Soil Survey Manual. Handbook 18. USDA. Washington D.C. 437.
- Soil Survey Staff (SSS). (1999). Soil Taxonomy. A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2a ed. Agriculture Handbook N.º 436. Soil Survey Staff. Washington D.C. 869.
- Soil Survey Staff (SSS). (2014). Keys to soil taxonomy. Twelfth Edition. USDA. Washington D. C. 360.
- Van Breemen, N. & Buurman, P. (1998). Soil formation. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht. 377.
- Zapata, R. (2004). Química de la acidez del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 236.