

pH, aluminio y factores ambientales en suelos bajo bosques de la cordillera Central, República Dominicana

pH, Al and environmental factors in forest soils of the cordillera Central, Dominican Republic

May Thomas¹

Recibido: febrero, 2013 / Aceptado: abril, 2014

Resumen

Se analizaron datos químicos de 36 secciones de suelos bajo bosques naturales en la cordillera Central dominicana, 20 de ellas ubicadas en interfluvios y las 16 restantes en ambientes ribereños. En los interfluvios predominan suelos ácidos, con altos valores de saturación de aluminio, mientras que en algunos sitios se encuentra una mayor proporción de suelos ligeramente ácidos, con poco o sin aluminio libre. En los ambientes ribereños, los suelos tienden a ser menos ácidos, y la saturación de aluminio es menor. La variabilidad del pH y de la saturación de aluminio no está relacionada con la altitud en la zona de estudio. En los interfluvios, los suelos ubicados en sitios con mayores pendientes tienden a ser menos ácidos, lo que probablemente se debe a procesos geomorfodinámicos que influyen en el desarrollo de los suelos.

Palabras clave: Cordillera central; pH; saturación de Al; pendiente.

Abstract

Chemical characteristics of 36 soil sections under natural forests from the Cordillera Central of the Dominican Republic were analyzed. 20 of them had been taken from interfluves, peaks and ridges, and the other 16 were taken from riparian environments. In the interfluves, acidic soils predominate, with high values of saturation of Al, while at riparian sites there are more slightly acidic soils, without or with low levels of free Al. In riparian environments, soils tend to be less acidic and less Al saturated. The variability of pH and Al saturation is not related to altitude in the study area. In the interfluves, soils at sites with steeper slopes tend to be less acidic, and this probably is due to geomorphologic processes, which influence soil development.

Key words: Cordillera Central; pH; Al saturation; slope angles.

1 Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Provincia Pastaza, Ecuador. Correo electrónico: may_gutierrezr@yahoo.es; tmay@uea.edu.ec

1. Introducción

Varios estudios realizados en zonas montañosas de Bolivia, Venezuela y Ecuador (Gerold *et al.*, 2003; Ochoa *et al.*, 2004; Ochoa *et al.*, 2010; Schawe *et al.*, 2007; Schrupf *et al.*, 2001) coinciden en que la mayor parte de los suelos de estos ambientes son ácidos y pobres en nutrientes. Mientras que los resultados de Gerold *et al.* (2003) y Schawe *et al.* (2007) señalan que estas características son determinadas principalmente por las altas precipitaciones, las cuales originan procesos intensos de alteración química y lavado de bases. Otros estudios indican que el alto grado de acidez y la pobreza en nutrientes también puede relacionarse con el material parental que, en muchos casos, es pobre en elementos alcalino-térreos (Ochoa *et al.*, 2004; Ochoa *et al.* 2010).

En el contexto de una evaluación ecológica rápida del Parque Nacional J. A. Bermúdez, en la vertiente norte de la cordillera Central de la República Dominicana, se ha realizado una descripción preliminar de los suelos (May, 2007), cuyos resultados indican que al lado de suelos ácidos, pobres en nutrientes y con altos valores de saturación de aluminio, existen también suelos moderadamente ácidos, relativamente ricos en nutrientes y con valores bajos de saturación de aluminio o sin aluminio. El objetivo del presente trabajo es detectar posibles relaciones entre el carácter ácido de estos suelos y los siguientes factores ambientales: altitud sobre el nivel del mar, ángulo de pendiente y situación en interfluvios versus ambientes ribereños, con base en

los datos levantados en el estudio mencionado.

La altitud sobre el nivel del mar está relacionada con las condiciones térmicas e hídricas, aunque no siempre existe un aumento linear o continuo de las precipitaciones medias anuales con la altitud sobre el nivel del mar (Richter, 1996). Ángulo de pendiente y ubicación en interfluvios/ambientes ribereños influyen, y por lo tanto son indicadores de los procesos geomorfológicos, sea en la actualidad, sea en el pasado. No se ha tomado en cuenta el material geológico de origen como posible factor de influencia, porque todas las secciones de suelo se tomaron en sitios que, según el mapa geológico de la República Dominicana (SEIC, 1991), pertenecen a la misma unidad de materiales volcánicos y volcánico-sedimentarios del Cretáceo, a excepción de una sección que se tomó en un sitio sobre dioritas. No se puede descartar que dentro de la unidad de materiales de origen volcánico existan variaciones en la composición mineralógica, pero información sobre este aspecto no está disponible.

2. Zona de estudio, materiales y métodos

El Parque Nacional J. A. Bermúdez cubre un área de 766 km², con altitudes desde 600 msnm hasta 3.085 msnm en la loma La Pelona. Como consecuencia de la poca permeabilidad de agua de estos materiales, el relieve es bastante diseccionado, con pendientes fuertes en muchos sitios.

Arriba de 2.000 msnm, la vegetación natural es un pinar dominado por *Pinus occidentalis* Sw., y por debajo de este nivel, se encuentra un mosaico de pinares y bosques de latifoliadas, con predominancia de los últimos (Hager y Zanoni, 1993; Tolentino y Peña, 1998).

Al no existir estaciones climatológicas en el área con series de datos suficientemente largas, se dificulta realizar estimaciones más precisas y seguras; sin embargo, extrapolando los datos de estaciones cercanas al área (Lora *et al.*, 1983) se pueden estimar las temperaturas medias anuales en aproximadamente 22°C en las elevaciones más bajas, y en 5 - 8°C en las cumbres más altas (Hager y Zanoni, 1993). Los mismos autores estiman las precipitaciones medias anuales entre 1.500 y 2.000 mm.

Se eligieron 36 sitios, encontrándose 20 de ellos en interfluvios, y los 16 restantes en sitios con influencia ribereña, como cañadas, aluviones recientes y terrazas fluviales. Debido a que este estudio es un producto colateral de una evaluación de la vegetación, los lugares donde se hicieron levantamientos se eligieron según el criterio de cubrir toda la variabilidad de la vegetación natural de bosques en la zona. Doce de los sitios en interfluvios estaban cubiertos por bosques de árboles de hojas anchas, de composición variable, y ocho por pinares de *Pinus occidentalis* Sw. En los bosques de los sitios con influencia ribereña predominaban árboles de hojas anchas.

En los sitios seleccionados se excavaron y describieron secciones de suelo hasta 100 cm de profundidad o hasta la

presencia de materiales duros, no penetrables. Los límites de los horizontes de suelo se determinaron según los criterios siguientes: el color determinado con la ayuda de los *Munsell Soil Color Charts*, la textura estimada con el método organoléptico ('prueba de dedos', *Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde*, 1994), y el contenido de materiales gruesos estimado visualmente con la ayuda de los gráficos en *Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde* (1994). Se tomaron muestras de cada uno de los horizontes debajo de la hojarasca acumulada en la superficie, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD), después de separar los materiales gruesos. El pH se midió en agua destilada en una relación suelo/agua de 1:1, y la extracción de aluminio se realizó con solución de cloruro de potasio 1N. Los datos de pendiente se tomaron con clinómetro, y la altura sobre el nivel del mar con un GPS y mapas topográficos.

Para la evaluación del carácter ácido de los suelos se tomó en cuenta la recomendación de la JAD de que un pH de 5.5 es el límite inferior del rango recomendable para fines agrícolas, y el dato de Casierras y Aguilar (2007) de que, en un plan general, una saturación de aluminio mayor de 25% implica condiciones fitotóxicas.

Se aplicaron pruebas t de *Student* para determinar si las diferencias entre los promedios de los parámetros químicos de los suelos de interfluvios y de los suelos de zonas ribereñas eran significativas. Además, se realizaron análisis de correlación (p de *Pearson*) entre los pa-

rámetros químicos de los suelos, y entre estos parámetros y los datos topográficos. Para poder comparar estadísticamente los diferentes horizontes de los distintos suelos, en las tres secciones de suelos con cuatro horizontes se obviaron los inferiores de los dos horizontes de transición (Sección 12, Cuadro 1; Sección 17, Cuadro 1; Sección 35, Cuadro 2). En las cinco secciones de suelos con solamente dos horizontes (Secciones 21, 22, 23, 24 y 29; Cuadro 2), se calculó con los mismos valores de los horizontes sub-superficiales para los horizontes inferiores.

3. Resultados

3.1 Suelos en interfluvios

En los suelos ubicados en interfluvios (Cuadro 1), se observan valores de pH de 4.2 hasta 6.4 y porcentajes de saturación de aluminio entre 0.0 y 87.5 en el horizonte inferior. En 14 de las 20 secciones (70 %), el pH en ese horizonte fue menor de 5.5, y en las seis secciones restantes (30 %) se encontró un pH igual o mayor de este valor. En 12 de las 14 secciones del primer grupo (86 %), la saturación de aluminio fue mayor de 25 % en el horizonte inferior, mientras que en cinco de las secciones del segundo grupo (83 %) no hubo aluminio en este horizonte, y en la sección restante la saturación de aluminio estuvo por debajo de 25 %. En tres de los suelos con pH inferior a 5.5, la saturación de aluminio llegó a más de 75 % en el horizonte inferior. En el total de los suelos en interfluvios, en 60 % de los

mismos se registraron valores de saturación de aluminio mayores de 25 % en el horizonte inferior.

En todas las seis secciones de suelo con pH igual o mayor de 5.5 en el horizonte inferior, se observó un descenso del pH entre el horizonte inferior y el horizonte superficial y, paralelamente a esto, un aumento de la saturación de aluminio que, sin embargo, en ningún caso llegó a niveles tóxicos para las plantas (> 25 %). En nueve de las 14 secciones con pH menor de 5.5 en el horizonte inferior se registró un descenso del pH entre este horizonte y el horizonte superficial (64 %), mientras que en cinco de estas secciones el horizonte superficial se observó un pH igual o mayor que en el horizonte inferior (36 %).

En 12 de 14 secciones con pH menor de 5.5 en el horizonte inferior (86 %), se registró un descenso de la saturación de aluminio entre este horizonte y el horizonte superficial, mientras que en las dos secciones restantes se observó una mayor saturación de aluminio en el horizonte superficial que en el horizonte inferior. No se trata en todos los casos de gradientes continuos de la saturación de aluminio: en cinco de las secciones en que se observó un descenso de la saturación de aluminio, ésta alcanza un máximo en el horizonte subsuperficial (Secciones 7, 9, 11, 13 y 20; Cuadro 1), al igual que en dos de las secciones en que se registró un aumento de la saturación de aluminio (Secciones 2 y 3; Cuadro 1). En una sección con descenso de la saturación de aluminio, se registró un mínimo de eses parámetro en el horizonte subsuperficial

Cuadro 1. Secciones de suelos en interfluvios-datos fisiográficos, profundidad de los horizontes y datos químicos

Número de la sección y ubicación	Altitud (msnm)	Inclinación (°)	Horizontes	Profundidad (cm)	pH	Saturación de aluminio (%)
1	790	12	A	0 - 7	4.3	11.0
			A/B	8 - 32	5.1	8.7
<i>Los Ramones 1</i>	bl		B	32 - 100	5.3	12.3
2	820	21	A	0 - 2	5.6	2.5
			A/B	3 - 28	5.4	6.9
<i>Los Ramones 2</i>	bl		B	29 - 100	6.0	0.0
3	920	26	A	0 - 8	3.5	48.3
			A/B	9 - 16	5.1	48.7
<i>La Diferencia 1</i>	P		B	17 - 100	5.0	43.9
4	950	26	A	0 - 3	4.8	7.7
			A/B	4 - 23	4.9	17.1
<i>La Diferencia 2</i>	bl		B	24 - 100	4.6	37.6
5	970	13	A	0 - 1	6.2	4.3
			A/B	2 - 27	4.3	73.2
<i>Pico del Gallo 1</i>	bl		Bt	28 - 100	4.2	87.5
6	980	10	A	0 - 2	6.1	0.0
			A/B	3 - 7	4.4	28.0
<i>Pico del Gallo 2</i>	bl		B	8 - 100	4.4	50.0
7	1290	6	A	0 - 4	3.4	35.9
			A/B	5 - 10	3.2	48.4
<i>Lomita La Cidra 1</i>	bn		B	11 - 100	4.2	45.0
8	1330	36	A	0 - 3	4.2	18.2
			Ah/B	4 - 28	5.8	0.0
<i>La Guárcara 1</i>	P		B/R	29 - 100	6.4	0.0
9	1350	16	A	0 - 2	3.4	42.2
			A/B	3 - 14	3.8	69.9
<i>Lomita la Cidra 2</i>	bn		B	15 - 100	4.4	60.9
10	1370	25	A	0 - 5	4.6	3.8
			A/R	6 - 25	5.1	2.0
<i>Cerro La Mina 1</i>	P		R	26 - 80	5.5	1.0
11	1360	14	A	0 - 4	5.2	6.9
			A/B	5 - 10	5.0	14.3
<i>Loma Antonsape</i>	bn		B	11 - 100	5.1	12.5
12	1520	28	A	0 - 5	3.9	23.3
			Ah/B	6 - 25	4.1	67.0
			B	26 - 65	4.6	72.7
<i>La Atravesada 1</i>	P		B/R	66 - 100	4.6	79.9

Cuadro 1. Continuación

13	1550	6	A	0 - 14	3.1	72.6
			A/B	15 - 47	4.1	80.1
<i>La Atravesada 2</i>	bn		Bt	48 - 100	4.4	67.5
14	1580	6	A	0 - 3	4.5	22.1
			A/B	4 - 27	5.1	14.9
<i>Valle de Bao</i>	P		B/R	28 - 100	5.8	0.0
15	1580	35	A	0 - 14	4.2	4.7
			A/B	15 - 29	5.5	3.9
<i>La Hojaldra 1</i>	bn		B/R	30 - 80	5.6	0.0
16	1730	28	A	0 - 2	5.0	2.3
			A/B	3 - 5	5.9	0.0
<i>La Hojaldra 2</i>	bn		B	6 - 80	6.0	0.0
17	1740	4	A	0 - 10	3.7	48.4
			A/B	11 - 20	4.5	58.4
			B	21 - 45	4.5	72.1
<i>Cerro La Mina 2</i>	P		B/R	46 - 100	4.7	76.9
18	2180	20	A	0 - 3	4.9	14.0
			B	4 - 12	4.7	31.6
<i>La Cotorra</i>	bn		B/R	13 - 70	4.9	50.5
19	2200	7	A	0 - 2	4.5	68.0
	P		A/B	3 - 16	5.1	68.9
<i>El Tambor</i>			B/R	17 - 80	5.1	74.8
20	3000	26	A	0 - 5	5.1	26.4
	P		A/B	6 - 28	4.8	59.9
<i>La Pelona</i>			B/R	29 - 50	5.2	36.1

Bl: bosque latifoliado húmedo, Bn: bosque nublado latifoliado, P: bosque de pinos. En **negritas**: máximo del pH y de la saturación de aluminio en los horizontes subsuperficiales. En *cursiva*: mínimo del pH y de la saturación de aluminio en los horizontes subsuperficiales

(Sección 1; Cuadro 1). En total, se registraron valores de pH entre 3.1 y 6.1, en el horizonte superficial, y porcentajes de la saturación de aluminio de entre 0 y 72.6 %.

3.2 Suelos en ambientes ribereños

En los horizontes inferiores de los suelos de ambientes ribereños (Cuadro 2)

se encontraron valores de pH entre 4.4 y 7.2, mientras que los porcentajes de saturación de aluminio oscilaron entre 0.0 y 33.3. En ocho de las 16 secciones de suelo de ambientes ribereños (50 %), se registró en el horizonte inferior un pH igual o mayor de 5.5, y en las ocho secciones restantes se observaron valores por debajo de 5.5. En ninguna de las secciones de suelo del primer grupo se encontró

Cuadro 2. Secciones de suelos de sitios ribereños-datos fisiográficos, profundidad de los horizontes y datos químicos

Número de la sección y ubicación	Altitud (msnm)	Inclinación (°)	Horizontes	Profundidad (cm)	pH	Saturación de aluminio (%)
21	720	3	A	0 - 40	5.4	5.4
<i>Los Ramones 3</i>			A/R	41 - 50	5.4	29.3
22	810	1	A	0 - 33	5.4	6.5
<i>La Diferencia 3</i>			A/R	34 - 80	5.2	30.7
23	820	11	A1	0 - 2	6.5	0.0
<i>Los Ramones 4</i>			A2	3 - 100	6.0	0.0
24	830	5	A1	0 - 30	5.0	11.8
<i>Los Ramones 5</i>			A2	31 - 100	5.2	11.8
25	950	5	A	0 - 3	5.1	2.0
			A/B	4 - 26	5.1	8.7
<i>La Diferencia 4</i>			B	27 - 50	5.9	0.0
26	1110	2	A	0 - 10	5.3	10.5
			A/R1	11 - 40	5.3	10.5
<i>Tablones 1</i>			A/R2	41 - 100	5.7	0.0
27	1160	2	A	0 - 9	6.1	0.0
			A/B	10 - 34	6.3	0.0
<i>Río Los Negros 1</i>			B	35 - 100	6.3	0.0
28	1180	1	A	0 - 2	5.5	4.2
			A/R	3 - 24	5.4	18.9
<i>Tablones 2</i>			R	25 - 80	5.1	16.3
29	1270	5	A	0 - 3	6.0	0.0
<i>La Guárcara/Bao</i>			A/R	4 - 50	5.6	0.0
30	1300	4	A	0 - 7	6.0	0.0
			A/B	8 - 21	6.0	0.0
<i>Río Los Negros 2</i>			B/R	22 - 100	5.7	0.0
31	1310	10	A	0 - 2	3.3	52.2
			A/B	3 - 50	4.5	44.7
<i>Lomita La Cidra</i>			B	51 - 100	4.4	33.3
32	1350	8	A	0 - 1	5.6	0.0
<i>La Guárcara</i>			A/R	2 - 80	5.2	4.2
33	1400	3	A	0 - 1	6.9	0.0
			A/R	2 - 50	6.7	0.0
<i>Río La Guárcara</i>			R	51 - 100	7.2	0.0
34	1440	7	A	0 - 2	6.1	0.0
			A/B	3 - 48	6.3	0.0
<i>Subida Bao</i>			B	49 - 100	6.3	0.0

Cuadro 2. Continuación

35	1600	7	A	0 – 2	5.0	8.3
			A/B1	3 – 22	5.1	30.1
			A/B2	23 – 70	5.2	31.4
<i>Valle de Bao 1</i>			B	71 - 90	5.3	15.8
36	1610	5	A	0 – 3	5.2	5.6
			A/R	4 – 25	5.2	4.2
<i>Valle de Bao 2</i>			R	26 – 60	5.1	28.0

En **negritas**: máximo del pH y de la saturación de aluminio en los horizontes subsuperficiales. En *cursiva*: mínimo del pH y de la saturación de aluminio en los horizontes subsuperficiales

aluminio libre en el horizonte inferior, mientras que en cuatro secciones del segundo grupo (50 %) se registró una saturación de aluminio por debajo de 25 %, en el horizonte inferior, y en las cuatro secciones restantes, una saturación de aluminio superior a 25 %. Solamente en estos cuatro suelos (25 % del total de los suelos en ambientes ribereños) existen condiciones de toxicidad de aluminio en el horizonte inferior.

En cuatro de las ocho secciones de suelos ribereños con pH igual o mayor a 5.5 en el horizonte inferior (50 %), se observó un descenso del pH entre este horizonte y el horizonte superficial, mientras que en tres de las ocho secciones se detectó un aumento del pH, y en una sección no hubo diferencia. En dos de los ocho suelos de este grupo se registraron ciertos niveles de aluminio en el horizonte superior, de 2.0 % y 10.5 % respectivamente, mientras que en las seis secciones restantes no se encontró aluminio libre (Cuadro 2).

En tres de los ocho suelos de ambientes ribereños con pH menor de 5.5 se registró un descenso del pH entre el horizonte inferior y el horizonte superficial, mientras que en cuatro suelos se

observó un aumento, y en una sección no hubo diferencia de pH entre ambos horizontes. En uno de los ocho suelos con pH menor de 5.5 se observó un aumento de la saturación de aluminio entre el horizonte inferior y el superior, en seis suelos se registró un descenso, y en un suelo no hubo diferencia. En un solo suelo (6 % del total) se alcanzan niveles tóxicos de aluminio en el horizonte superficial. Al igual que en los suelos de los interfluvios, el descenso de la saturación de aluminio no es continuo en todos los suelos: en la sección 25, donde se registró un aumento de este parámetro, existe un máximo en el horizonte subsuperficial, como también en las secciones 28 y 35, donde se registró un descenso (Cuadro 2). En el total del grupo de los suelos ribereños, los valores del pH variaron entre 3.3 y 6.9, en los horizontes superiores, y los porcentajes de saturación de aluminio entre 0.0 y 52.2 (Cuadro 2).

3.3 Análisis de las diferencias entre los distintos conjuntos de suelos

Tanto para los horizontes inferiores como para los horizontes de transición

y los horizontes superficiales, los promedios del pH son inferiores en los suelos de los interfluvios, en comparación con los suelos de ambientes ribereños. Los valores para los suelos de los interfluvios son pH = 4.5 para los horizontes superficiales, pH = 4.8 para los horizontes de transición y pH = 5.1 para los horizontes inferiores, en comparación con pH = 5.5, 5.5 y 5.6, respectivamente, para los suelos de ambientes ribereños. Las diferencias son significativas en un nivel de $p = 0.01$ para los horizontes superficiales y para los horizontes de transición, y en un nivel de $p = 0.05$ para los horizontes inferiores (test t de *Student*). El promedio de la saturación de aluminio es superior en los suelos de los interfluvios, con 23.0 % para los horizontes superficiales, 35.2 % para los horizontes de transición y de 36.3 % para los horizontes inferiores, en comparación con los suelos en ambientes ribereños, donde los valores correspondientes son 6.7 %, 12.1 y 10.6 %. Las diferencias son significativas en un nivel de $p = 0.01$ para todos los horizontes (test t de *Student*).

Dentro del conjunto de los suelos de interfluvios, los ángulos de pendiente son mayores en los suelos con valores de pH igual o mayor de 5.5 en el horizonte inferior, con un promedio de 25.2° , que en los suelos con valores de pH menores de 5.5 en el horizonte inferior, con un promedio de 15.3° . La diferencia entre los promedios es significativa (test t, $p = 0.05$). Solamente se detectaron diferencias no significativas, según el test t, entre los promedios de las altitudes sobre el nivel del mar de los sitios de los suelos

de ambos grupos, y entre las diferencias de los valores de azimut de la orientación con el norte (0).

3.4 Análisis de correlación

Ni en los suelos de los interfluvios, ni en los suelos de sitios ribereños se detectaron correlaciones entre los valores del pH y la altitud en msnm, para ninguno de los horizontes. En los suelos de los interfluvios, se detectaron correlaciones positivas significativas entre el pH y el ángulo de pendiente para los horizontes de transición ($r = 0.55$) y para los horizontes inferiores ($r = 0.51$), pero no para los horizontes superficiales (Cuadro 3), mientras que para los sitios ribereños, no hubo ninguna correlación entre los valores del pH y los ángulos de pendiente (Cuadro 3).

En los valores de saturación de aluminio, se detectaron algunas tendencias de un aumento con la altitud sobre el nivel del mar para los horizontes superficiales y de transición en los suelos de interfluvios, sin que haya una correlación significativa. No se observaron correlaciones entre la saturación de aluminio y la orientación de la pendiente. Entre el ángulo de pendiente y los valores de saturación de Al se detectaron correlaciones negativas significativas para los interfluvios, en los horizontes superficiales ($r = -0.45$), en los horizontes de transición ($r = -0.45$) y en los horizontes inferiores ($r = -0.46$). Para los sitios ribereños, no se encontraron correlaciones entre los valores de saturación de aluminio y el ángulo de pendiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación (r de Pearson) Datos topográficos, pH y saturación de aluminio (sat Al): interfluvios

	Altitud	Inclinación	pH
pH hor1	ns	ns	*
pH hor2	ns	0.55	*
pH hor3	ns	0.53	*
sat Al hor1	(0.30 ns)	-0.45	-0.72
sat Al hor2	(0.28 ns)	-0.45	-0.71
sat Al hor3	ns	-0.46	-0.84
Datos topográficos, pH y saturación de aluminio (sat Al): sitios ribereños			
	Altitud	Inclinación	pH
pH hor1	ns	ns	*
pH hor2	ns	ns	*
pH hor3	ns	ns	*
sat Al hor1	ns	ns	-0.85
sat Al hor2	ns	ns	-0.70
sat Al hor3	ns	ns	-0.75

ns – no significativo. Nota: no se han expuesto valores de $r < 0.20$

Como es de esperar, existen correlaciones significativas negativas entre los valores de pH y la saturación de aluminio para los tres horizontes, tanto para los suelos de los interfluvios como para los suelos de ambientes ribereños (Cuadro 3). Los valores de r para los suelos de interfluvios son -0,72 para el horizonte superficial, -0,71 para el horizonte de transición y -0,84 para el horizonte inferior, y -0,85, -0,70 y -0,75, respectivamente, para los suelos de ambientes ribereños.

4. Discusión

Los resultados indican que, al igual que en diferentes partes de la cordillera de

los Andes, la mayor parte de los suelos en interfluvios de la zona del presente estudio, en la vertiente norte de la cordillera Central dominicana son de carácter ácido, con valores de pH menores de 5,5 y porcentajes de saturación de aluminio mayores de 25 %. Sin embargo, para los suelos de ambientes ribereños, no se pudo confirmar una predominancia de suelos ácidos, según estos criterios. Solamente en una minoría de estos suelos existen condiciones de toxicidad de aluminio en los horizontes inferiores, y en una proporción más reducida hay condiciones de toxicidad de aluminio en el horizonte superficial.

A diferencia de los Andes bolivianos (Gerold *et al.*, 2003), en la zona del

presente estudio no se puede observar claramente un descenso del pH con la altitud sobre el nivel del mar, por lo menos en la zona comprendida entre 800 y 1.800-2.000 msnm. Probablemente esto se debe a que otros factores como los procesos morfodinámicos y, posiblemente, las características mineralógicas del material de origen se superponen al efecto de los factores climáticos que están relacionados con la altitud. De todos modos, cabe mencionar que en todas las tres secciones de suelo ubicadas a altitudes mayores de 2.000 m, predominan condiciones marcadamente ácidas, con valores del pH por debajo de 5.5, y porcentajes de saturación de aluminio mayores de 25 %, en el horizonte inferior. La presencia de condiciones ácidas en estos suelos concuerda con el concepto de una mayor tendencia de acidificación a mayores altitudes. Sin embargo, no hay evidencia de que en la zona las precipitaciones medias anuales sean mayores en altitudes por encima de los 2.000 msnm, en comparación con elevaciones por debajo de este nivel, y testimonios de habitantes de comunidades cercanas a la zona apuntan más bien hacia lo contrario.

Los datos indican que en la zona del Parque Nacional J. A. Bermúdez, la situación geomorfológica es un factor importante que influye en la acidez de los suelos. Las diferencias existentes en cuanto al pH y a la saturación de aluminio entre los suelos de los interfluvios y los suelos de ambientes ribereños se puede atribuir a la mayor edad de desarrollo de una gran parte de los suelos del primer grupo: a estar ubicados en lugares

geomorfológicamente estables, se producen procesos de lavado de bases y liberación de aluminio y, como consecuencia, un descenso del pH. No hay aportes de bases a través de materiales de roca recién alterada, en estos sitios, como suele suceder en los ambientes ribereños, con el arrastre de materiales gruesos a través de las crecidas de los ríos y arroyos.

Existen algunos suelos en los interfluvios que son solo moderadamente ácidos, sin aluminio libre o solamente con niveles bajos de este elemento, sin que haya condiciones de toxicidad. En su mayoría, estos suelos son pedregosos y están ubicados en pendientes con inclinaciones más fuertes que los suelos con pH marcadamente ácidos, lo que indica que están expuestos a procesos geomorfodinámicos más intensos. La presencia de materiales de alteración reciente de elementos como Ca, Mg y K, no permite un fuerte descenso del pH y una liberación y acumulación de cantidades importantes de aluminio.

Esta interpretación está en concordancia con los resultados de un estudio realizado en los Andes en Ecuador (Schrumpf *et al.* 2001), donde se encontraron valores elevados de los cationes básicos en suelos desarrollados sobre deslizamientos. En el mismo sentido, Westerberg y Christiansson (1999) relatan que en zonas montañosas de clima húmedo en África Oriental, las condiciones para el crecimiento de plantas en áreas de deslizamientos habían mejorado a mediano plazo, debido al aporte de nutrientes provenientes de minerales alterables en los materiales que fueron mo-

vilizados por los movimientos de masas, y a la remoción de materiales que habían sufrido acidificación y lavado de bases.

No se puede descartar que dentro de la unidad de rocas volcánicas y volcánico-sedimentarias existan diferencias en cuanto a la composición químico-mineralógica, y que estas diferencias influyan en las condiciones de acidez de los suelos. La variabilidad considerable del pH en los horizontes inferiores en los suelos de los ambientes ribereños, los cuales generalmente son poco evolucionados y, por lo tanto, suelen reflejar las características del material de origen, parece confirmar esta idea. Hay varios ejemplos que en diferentes secciones ubicadas a distancias relativamente pequeñas y en situaciones geomorfológicas similares, los valores de pH en el horizonte inferior se parecen, apoya esta hipótesis. Ejemplos son las secciones 27 y 30 con valores de pH relativamente altos, y las secciones 21 y 24, así como las secciones 35 y 36, con valores de pH relativamente bajos (Cuadro 2). Sin embargo, los datos disponibles no son suficientes para confirmar esta hipótesis.

En la mayoría de los perfiles de los suelos ubicados en interfluvios se observa un descenso del pH entre los horizontes inferiores y los horizontes superficiales. Contrariamente a lo que se podría esperar, y que parecen indicar también las correlaciones estrechas entre el pH y la saturación de aluminio para los tres horizontes, tanto en los suelos de interfluvios como en los suelos de ambientes ribereños, el descenso del pH entre ese horizonte y el horizonte superficial va paralelo con un descenso –y no con un

aumento– de la saturación de aluminio. Posiblemente se trata de un efecto de la materia orgánica en los horizontes superficiales, que forma complejos con el aluminio, reduciendo de esta manera la concentración de ese elemento, y disminuyendo también su toxicidad para las plantas (Casierras y Aguilar, 2007).

5. Agradecimientos

El autor quiere agradecer a Teodoro Classe, Ángela Guerrero, Tomás Montilla y Brígido Peguero por la buena compañía y las discusiones interesantes durante los trabajos de campo, y además a la Fundación PROGRESSIO por haber facilitado la posibilidad de realizar los análisis de los suelos.

6. Referencias citadas

- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE. 1994. **Bodenkundliche Kartieranleitung**. Hannover-Alemania.
- CASIERRAS, F. y O. AGUILAR. 2007. *Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión*. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**. 1 (2): 246-257.
- GEROLD, G.; SCHAWÉ, M. & L. JOACHIM. 2003. *Pedoökologische hypsometrische Varianz in ungestörten Bergregenwäldern der Anden*. **Geoökodynamik**. 24: 153-162.
- HAGER, J. y T. ZANONI. 1993. *La vegetación natural de República Dominicana: una nueva clasificación*. **Moscsoa**. 7: 39-81.

- LORA, R.; CZERWENKA, J. y E. BOLAY. 1983. *Diagramas climáticas de República Dominicana*. Departamento de Vida Silvestre/ Secretaría de Estado de Agricultura, Santo Domingo. 78 p.
- MAY, T., 2007. Los suelos del Parque Nacional Armando Bermúdez. En: Francisco Nuñez (ed). **Evaluación integrada del Parque Nacional Armando Bermúdez**. 12-22 Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN), Santo Domingo.
- OCHOA, G.; OBALLOS, J.; JAIMES, E. y J. MANRIQUE. 2004. *Relación entre el material parental y el pH de los suelos en los Andes venezolanos*. **Revista Geográfica Venezolana**. 45 (2): 281-288.
- OCHOA, G.; MALAGÓN, D.; PALACIOS, E. y J. OBALLOS. 2010. *Caracterización morfológica, química y mineralógica de suelos de la región andina*. **Revista Geográfica Venezolana**. 51 (1): 31-44.
- RICHTER, M. 1996. *Klimatologische und pflanzensoziologische Vertikalgradienten in tropischen Hochgebirgen*. **Erdkunde**. 50: 205-238.
- SCHAWWE, M.; GLATZEL, S. & G. GEROLD. 2007. *Soil development along an altitudinal transect in a Bolivian tropical montane rainforest: Podzolisation vs. hydromorphy*. **Catena**. 69: 83-90.
- SCHRUMPF, M.; GUGGENBERGER, G.; VALAREZO, C. & W. ZECH. 2001. *Tropical montane rain forest soils. Development and nutrient status along an altitudinal gradient in the South Ecuadorian Andes*. **Die Erde**. 132: 43-59.
- SECRETARIA DE ESTADO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (SEIC); DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA (DGM)/IGU. 1991. Mapa geológico de la República Dominicana. Mapa geológico general. Santo Domingo-República Dominicana.
- TOLENTINO, L. y M. PEÑA. 1998. *Inventario de la vegetación y uso de la tierra en la República Dominicana*. **Moscosoa**. 10: 179-202.
- WESTERBERG, L. O. & C. CHRISTIANSSON. 1999. *Unstable slopes, unstable environments?* **AMBIO**. 28: 419-429.

Fecha culminación: febrero, 2013

Lugar: San Juan de la Maguana, República Dominicana