

Relación entre el material parental y el pH de los suelos en los Andes venezolanos

*Relationship between parent materials and soil pH on
venezuelan Andean soils*

Guido Ochoa¹, Jajaira Oballos², Edgar Jaimes³ y Jorge Manrique¹

Recibido: abril, 2003 / Aceptado: Julio, 2003

Resumen

Se analizó la reacción del suelo en agua de 502 perfiles localizados en cinco áreas geológicas de los Andes venezolanos, localizadas entre 1000 y 4000 metros de altitud. Las reacciones de la solución del suelo se pueden estimar a partir de las características del material de las formaciones geológicas. En la región, los suelos, independientemente de su grado de evolución, presentan un carácter ácido para todo el rango de variaciones pluviométricas existentes. Este carácter responde fundamentalmente a la naturaleza del material parental, constituido por lutitas, filitas, cuarcitas, granitos y esquistos cuarzosos, entre otros, con bajos contenidos de elementos alcalino-térreos. El pH de la solución del suelo no tiene una relación directa o inversa consistente con la taxa en la que clasifican los suelos a nivel de Orden, es decir, se detectó que los órdenes de suelos Ultisoles, Entisoles e Inceptisoles presentan reacciones similares; mientras que los Mollisoles presentan reacciones no ácidas, debido a factores como el material parental y el efecto antrópico.

Palabras clave: formaciones geológicas; suelos ácidos; suelos no ácidos; Entisoles; Inceptisoles; Mollisoles; Ultisoles; acidez del suelo.

Abstract

Soil reaction in water was measured and analyzed for 502 soil profiles localized in five geologic areas of the Venezuelan Andes, between 1000 and 4000masl. The pH of the soil solutions can be estimated from the characteristics of the geologic materials in the area. Soils are generally acid regardless the rainfall variations. This soil property is the result of the parent materials present in the area, which are mainly formed by shales, phyllites, quartzites, granites, and quartz-schists, among others, with low contents of alkali elements. There is not a constant, direct or inverse relationship between the soil classification at Order level and the soil pH. The soil orders Ultisols, Entisols and Inceptisols show similar reactions, while the reaction of Mollisols are not acid, due to human activities and parent material.

Key words: geologic materials; acid soils; non-acid soils; Entisols; Inceptisols; Mollisols; Ultisols; acidity soils.

1 Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Mérida-Venezuela, e-mail: guidooch@ula.ve

2 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida-Venezuela, e-mail: oballos@ula.ve

3 Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Rafael Rangel. Departamento de Ciencias Agrarias, Trujillo-Venezuela, e-mail: gisarnurr@ula.ve

Introducción

La reacción del suelo es un criterio utilizado en la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy) para la clasificación de Entisoles a nivel de Suborden y de Familia (Soil Survey Staff, 1999). Esta misma clasificación involucra criterios y características diagnósticas relacionadas con valores de pH, y porcentajes de saturación de bases, que permiten la diferenciación a nivel de Orden (Ejemplo: Ultisoles, Oxisoles, Histosoles, y Andisoles) a nivel de Subgrupo (Ejemplo: Allic (Al), Andic (alofánicos). Esta diferenciación también incluye los niveles de gran grupo (Ejemplo: Dystro..., Sulf..., Plinth..., Plac...,) hasta llegar al nivel de las Familias caoliniticas, gibsiticas, oxídicas, alofánicas.

Perkins y Huchins (1980) muestran que la formación geológica puede ser utilizada para predecir la clase de reacción de Entisoles si la formación es relativamente homogénea. Erlich *et al.* (1955), Miles y Franzmeier (1981) y Ochoa *et al.* (1994) observan que la reacción del suelo es un reflejo de la composición de los materiales geológicos a partir del cual se han formado.

En los Andes venezolanos el material litológico de las formaciones: Sierra Nevada, Mucuchachí, La Quinta, Capacho, La Luna, Aguardiente, Río Negro y las coberturas cuaternarias (sedimentos aluviales, coluviales y coluvio-aluviales) provenientes de estas formaciones (PDVSA, 2003), han sido expuestos a los procesos de formación del suelo que incluye mecanismos de desintegración

físico-mecánico y la alteración química, producida por la disolución, la hidrólisis, la hidratación, la oxidación y la reducción de los materiales de partida acompañados de procesos pedogénéticos, los cuales conducen a la aparición y desarrollo de características físicas, químicas, biológicas y mineralógicas que tipifican a los suelos que evolucionan en los Andes venezolanos.

El objetivo de este trabajo es determinar la relación existente entre la litología de las formaciones Sierra Nevada, Mucuchachí, La Quinta, Aguardiente, Capacho, La Luna, Río Negro, así como los depósitos cuaternarios, y la reacción (pH) de los suelos que se han desarrollado sobre ellas.

Materiales y métodos

Los 502 perfiles de suelos tomados en consideración forman parte de los trabajos realizados por el MARNR y la Universidad de los Andes, en los Andes venezolanos. Los perfiles se localizan entre los 1000 y los 4000 msnm y pertenecen a los órdenes Entisoles, Inceptisoles, Mollisoles y Ultisoles de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999). El método de selección de los perfiles fue aleatorio con un número variable de los mismos, por piso altitudinal cada 500 metros. La localización de los mismos se muestra en la figura 1. Los suelos se desarrollan sobre materiales que provienen de las cinco áreas geológicas de la figura 1, las cuales son adaptadas del mapa geológico de los Andes venezolanos y descritas a continua-

ción: Área A. Formación Sierra Nevada. Precámbrico superior. Compuesta fundamentalmente por esquistos, gneises, anfíboles y rocas graníticas. Área B. Formación Mucuchachí. Paleozoico tardío. Pizarras laminadas, pizarras limosas, filitas, cuarcitas y calizas. Área C. Formación La Quinta. Jurásico. Tobas, areniscas gruesas y conglomeráticas, limolitas y algunas capas delgadas de calizas. Área D. Formación río Negro. Cretáceo Temprano. Se caracteriza por la presencia de arenas blancas, conglomerados heterogéneos, arcillas y lutitas variables. Formaciones Colón, Capacho y Aguardiente. Cretáceo superior. Lutitas microfósilíferas gris oscuro a negro, calizas duras, areniscas blancas, conglomerados heterogéneos, arcillas y lutitas variables. Área E. Depositos cuaternarios. Sedimentos de origen variable. Descripciones geológicas y litológicas más detalladas para cada una de las áreas se encuentran en el *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (PDVSA, 2003). La temperatura promedio anual varía de 22 °C (1000 msnm) a 4 °C (4000 msnm). La precipitación promedio anual fluctúa entre 900 mm y 3000 mm. La vegetación varía en función de la altitud desde el bosque húmedo premontano hasta la vegetación de páramo.

El pH de los suelos fue determinado potenciométricamente usando una relación suelo/agua de 1:1. Para considerar perfiles ácidos o no ácidos, los valores de pH en todo el perfil del suelo debía ser inferior o superior a 5,5 respectivamente. Este criterio es el empleado por Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999)

en la diferenciación de Familias por reacción.

Resultados y discusión

Los 502 perfiles estudiados sobre los diferentes materiales de las formaciones geológicas de los Andes venezolanos muestran en un 82% un carácter ácido (Cuadro 1). Al discriminar los perfiles en las diferentes formaciones, observamos que los suelos desarrollados sobre materiales del Cretáceo (área D), en un 86,9% son ácidos y en algunas de ellas: formaciones Capacho y Colón en un 100% son ácidos. En los suelos desarrollados sobre la Formación La Quinta (área C) el 96,88% de los perfiles poseen un carácter ácido. Las formaciones Mucuchachí (área B) y los depósitos cuaternarios (área E) el 82% de los suelos analizados son ácidos. Los perfiles de la Formación Sierra Nevada (área A) en un 71% son ácidos.

Al comparar los porcentajes de suelos ácidos de las diferentes formaciones con los correspondientes a los depósitos cuaternarios influenciados por estas formaciones, se observa que los porcentajes se mantienen para las áreas influenciadas por los materiales de las formaciones Colón y Capacho, disminuyen para las influenciadas por las formaciones Mucuchachí, Río Negro y La Quinta, y aumentan para las áreas influenciadas por las formaciones Sierra Nevada y Aguardiente.

De acuerdo con Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), los órdenes representados en los perfiles estudiados

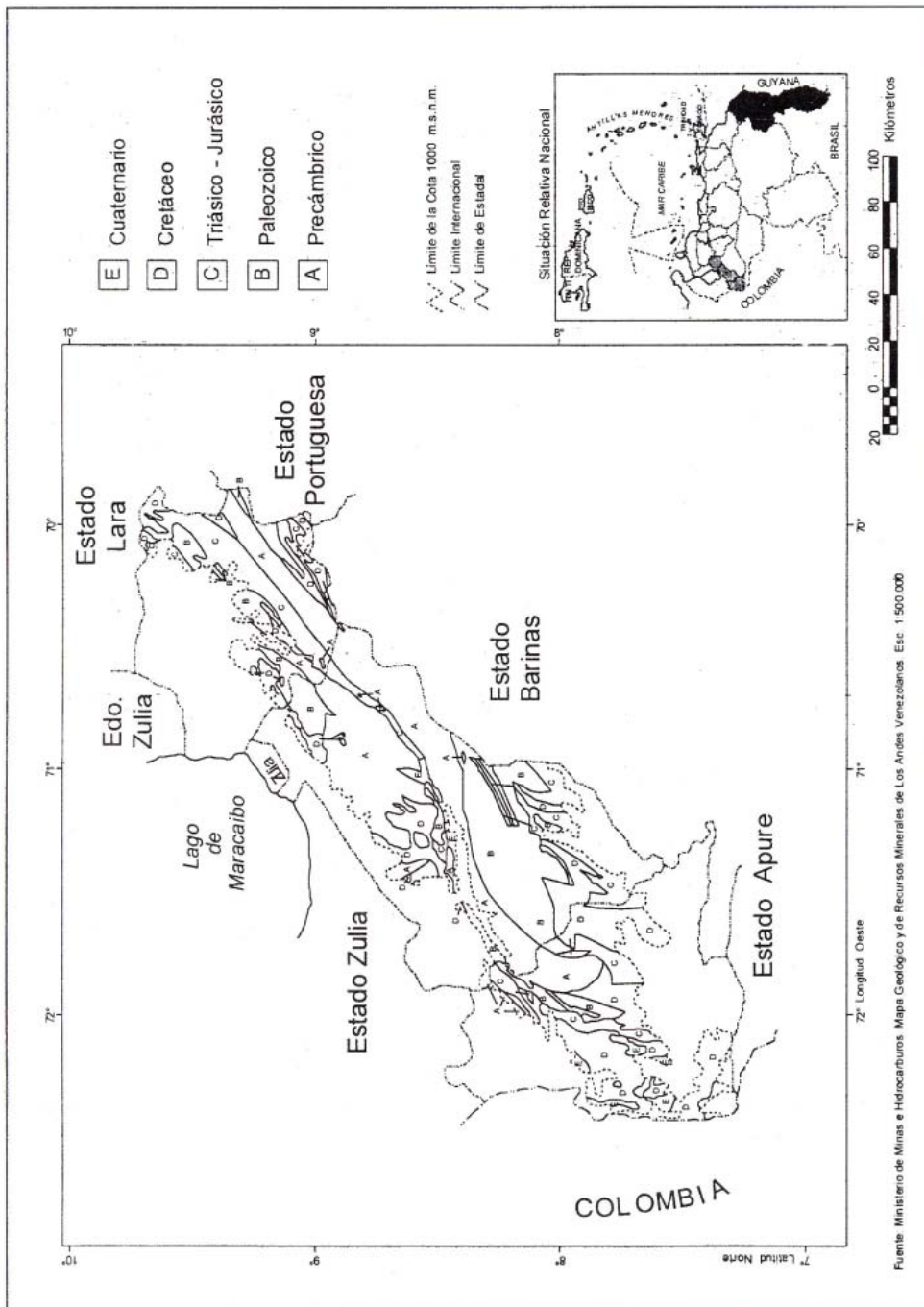


Figura 1. Principales períodos geológicos en los Andes venezolanos a partir de los 1000 m.s.n.m.

Cuadro 1. Procedencia geológica de los materiales parentales y pH de los suelos

Designación	Periodo geológico	Superficie km ²	Formación	N° Perfiles	pH en agua (1:1)			
					ácido (< 5.5)		no ácido (> 5.5)	
					N° perfiles	%	N° perfiles	%
A	Precámbrico	5988,75	S. Nevada	125	89	71.2	36	26.8
B	Paleozoico	3798,05	Mucuchachi	124	102	82.3	22	17.7
C	Triásico	3767,00	La Quinta	64	62	96.9	2	3.1
D	Cretáceo	6498,75	Río Negro	26	21	80.8	5	19.2
			Colón	22	22	100.0	0	0.0
			Capacho	14	14	100.0	0	0.0
			Aguardiente	22	16	72.7	6	27.3
Subtotal				84	73	86.9	11	13.1
E	Cuaternario	3465,50	S. Nevada *	33	26	78.8	7	21.2
			Mucuchachi *	18	14	77.8	4	22.2
			La Quinta *	11	9	81.8	2	18.2
			Río Negro *	12	10	83.3	2	16.7
			Aguardiente *	13	10	76.9	3	23.1
			Colón *	10	10	100.0	0	0.0
			Capacho *	8	8	100.0	0	0.0
Subtotal				105	87	82.9	18	17.1
Total				502	413	82.3	89	17.7

* Procedencia de los sedimentos

(Cuadro 2) son los Inceptisoles (52,19 %), Entisoles (18,73 %), Ultisoles (15,54%) y Mollisoles (13,55).

Los Inceptisoles dominan sobre todos los materiales geológicos. Los Ultisoles representan porcentajes importantes sobre los materiales cretácicos y se localizan generalmente sobre materiales arcillosos (lutitas) a altitudes comprendidas entre los 1000 y 2500 msnm, observándose el mayor porcentaje hacia los 2000 msnm, en zonas con precipitaciones cercanas a 1600 mm. Los Inceptisoles y Entisoles se presentan sobre cualquier tipo de material geológico, bajo todos los ambientes climáticos y topográficos. Los Mollisoles no se presentan sobre materiales de la

formación La Quinta, los cuales son generalmente ácidos.

La mayor parte de los suelos presentan un carácter ácido sobre todos los materiales y en todos los pisos altitudinales (Cuadro 2). Los suelos no ácidos se presentan generalmente a altitudes menores a 2500 msnm y se corresponden generalmente con suelos cultivados que han sido encañados.

La acidificación es un fenómeno natural que nace de la pedogénesis en los climas tropicales, acelerado por la implantación de cultivos y la degradación progresiva. En zonas muy húmedas, con precipitaciones superiores a 1700 mm, los suelos muy alterados, poseen un

Cuadro 2. Relación entre pH, geología, medio y tipos de suelos

Periodo y Formación	Perfiles. Cantidad y Porcentaje (%)	Altitud	Zona de vida	Ultisoles	Inceptisoles		Entisoles		Mollisoles		
					ácidos	no ácidos	ácidos	no ácidos	ácidos	no ácidos	
Precambrio Sierra Nevada	125	1000-1500	Bh-p		2	4	1	1	1		
			1500-2000	Bh-mb	37	3	5	5	4	7	
			2000-2500	Bh-mb	2	17	3	2	2	6	
			2500-3000	Bh-m		4	2	4	3	1	
			3000-4000	Psa		5		3			
Porcentaje (%)	24.9			1.6	52.8	9.6	12.0	8.8	4.8	10.4	
Paleozoico Mucuchachi	124	1000-1500	Bh-p		4	6	1	1			
			1500-2000	Bh-mb	6	20	3	4	6	6	
			2000-2500	Bh-mb	6	18	2	1	3	6	
			2500-3000	Bh-m	6	10					
			3000-4000	Psa	2	9					
Porcentaje (%)	24.7			19.4	50.8	4.0	4.8	4.0	7.3	9.7	
Tríasico La Quinta	84	1000-1500	Bh-p		7	15		7	1		
			1500-2000	Bh-mb	8	11	1	4			
			2000-2500	Bh-mb	0	6		2			
			2500-3000	Bh-m	0	2					
Porcentaje (%)	12.7			23.4	53.1	1.6	20.3	1.6			
Cretáceo Río Negro, Aguardiente, Capacho, Colón	84	1000-1500	Bh-p		6	13	2	3			
			1500-2000	Bh-mb	6	4	4	1	2	4	
			2000-2500	Bh-mb	21	16	1				
			2500-3000	Bh-m		1					
Porcentaje (%)	16.7			39.3	40.5	8.3	4.8		2.4	4.8	
Cuaternario	105	1000-1500	Bh-p		2	16	1	6	2	4	6
			1500-2000	Bh-mb	2	9		18	4	6	5
			2000-2500	Bh-mb	0	14		5		1	
			2500-3000	Bh-m	0	0		3			
			3000-4000	Psa	0	0		1			
Porcentaje (%)	20.9			3.8	37.1	1.0	31.4	5.7	10.5	10.5	
Total	502			78	236	26	71	23	28	40	
Porcentaje (%)	100			15.5	47.0	5.2	14.1	4.6	5.6	8.0	

Bh-p=Bosque húmedo premontano; Bh-mb= Bosque húmedo montano bajo; Bh-m= Bosque húmedo montano; Psa= Páramo Subalpino

carácter ácido. Al disminuir la precipitación (1000 mm) y prolongarse los períodos de sequía los suelos se hacen menos ácidos (Dabin, 1984-1985).

En la región los suelos, evolucionados y no evolucionados, presentan un carácter ácido independientemente de las variaciones pluviométricas existentes. Este carácter responde fundamentalmente a la naturaleza del material parental, constituido por lutitas, filitas, cuarcitas, granitos y esquistos cuarzosos, entre otros, con bajos contenidos de elementos alcalino-térreos. Resultados similares han sido reportados por Guerrero (1991) para los suelos de la región andina colombiana.

Otro factor a considerar es el contenido de materia orgánica de los suelos analizados, ya que los horizontes superficiales (A) poseen un mayor grado de acidificación que el resto del perfil. Generalmente, la materia orgánica se acumula con la altitud como consecuencia de una menor actividad biológica por efecto de la disminución de la temperatura, por lo cual en las zonas más altas los procesos pedogenéticos principales están relacionados con la acumulación y la acidificación de la materia orgánica. (Ochoa *et al.*, 1996; Oballos, 1995; Ochoa *et al.*, 2001).

Así, se puede concluir que además del tipo de materiales geológicos, el carácter

ácido de los suelos es completado por la acción del clima, principalmente precipitación y temperatura.

Conclusiones

Los suelos desarrollados sobre las formaciones Sierra Nevada, Mucuchachí, La Quinta, río Negro, Aguardiente, Capacho, Colón y sus depósitos cuaternarios presentan un carácter ácido, independientemente de las variaciones pluviométricas existentes en los Andes venezolanos. Este carácter ácido es un reflejo de la composición litológica de las formaciones geológicas. El mismo se ve acentuado en altitud por la acción acidificante de la materia orgánica, principalmente, en los horizontes superficiales. El pH de la solución del suelo no tiene una relación directa o indirecta con la taxa en la que clasifican los suelos a nivel del orden, es decir, se detectó que los órdenes de suelos Ultisoles, Entisoles e Inceptisoles presentan reacciones similares. Los Mollisoles presentan reacciones no ácidas, debido a factores como el material parental y el efecto antrópico.

Referencias citadas

- BONIFACIO, E.; E. ZANINI.; V. BOERO y M. FRANCHINI-ANGELA. 1997. *Pedogenesis in a soil catena on serpentinite in north-western Italy*. **Geoderma**. 75: 33-51.
- DABIN, B. 1984-1985. *Les sols tropicaux acides*. **Cah. ORSTOM, sér. Pédol**, Vol XXI, N° 1. 7-19.
- ERLICH, W. A.; H. M. RICE y J. H. ELLIS. 1955. *Influence of the Composition of parent materials on soil formation in Manitoba*. **Can. J. Agri. Sci.** 35: 407-421.
- GUERRERO, R. 1991. La acidez del suelo -su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. In: **Fundamentos para la interpretación de Análisis de suelos, plantas y aguas para riego**. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 141-163.
- MILES, R. J. y P. FRANZMEIER. 1981. *A litho-chronosequence of soils formed in dune sand*. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 45:362-367.
- OBALLOS, J. 1995. *Caractérisation des sols de la région de Las Cruces - Santa Elena de Arenales (Mérida, Venezuela)*. *Contribution à la connaissance de la pédogenèse en montagne tropicale humide*. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse - Le Mirail. Toulouse. France.
- OCHOA, D.; D. MALAGÓN y J. PEREYRA. 1996. *El contenido de materia orgánica, nitrógeno total y factores que los afectan en algunos suelos de Venezuela*. **Revista Geográfica Venezolana**, 37(1): 9-26
- OCHOA, G.; J. OBALLOS. y C. ALVARADO. 1994. *Génesis de suelos en la Región Andina, Sta Elena de Arenales- Las Cruces. Estado Mérida-Venezuela*. **Rev. Forest. Venez.** 38:49-54.
- OCHOA, G.; J. OBALLOS.; J. SÁNCHEZ.; J. SOSA.; J. MANRIQUE y J.C. VELÁSQUEZ. 2001. *Variación del carbono orgánico en función de la altitud. Cuenca del río Santo Domingo. Mérida-Barinas, Venezuela*. **Revista Geográfica Venezolana**, 41(1): 79-87
- PDVSA, CIEN. 2003. Código Geológico de Venezuela. www.pdvs.com/lexico/lexico.htm.

PERKINS, H.F. y A. HUTCHINS. 1980. *Relation of parent material geology to reaction classes of flood plain Entisol in the Coastal Plains*. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 44: 570-571.

SOIL SURVEY STAFF. 1999. **Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil Surveys**. Second Edition. Dept. Agric. Soil Conserv. Serv. Agriculture Handbook, N° 436. 868p.