

Propiedades químicas de los suelos en el bosque semideciduo mesófilo de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa, Cuba

Chemical properties of the soils in the semideciduous mesophilic forest of the Agroforestry Experimental Station of Guisa, Cuba

Alianna Corona Rodríguez¹

¹Ingeniera Forestal. Universidad de Granma. Granma, Cuba. Correo electrónico: acoronar@udg.co.cu

Recibido: 11 de marzo de 2019.

Aprobado: 21 de mayo de 2019.

RESUMEN

El estudio se realizó en un fragmento del Bosque semideciduo mesófilo de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa, con el objetivo de caracterizar químicamente el suelo del bosque a lo largo de un perfil. En el mismo se trazaron tres transectos en el sentido de la toposecuencia (base, ladera y cima). En cada transecto se tomaron 6 muestras (desde 0- 20 cm) para su análisis químico. Se aplicaron pruebas de comparación múltiple de medias, a través de la prueba de HDS Tukey ($\alpha = 0,05\%$). De igual manera, se procedió a realizar un Análisis de regresión lineal y se realizó un análisis de correspondencia, con el fin de evaluar las interrelaciones entre las variables químicas del suelo. Los resultados indicaron suelos con alta saturación de bases, baja acidez y alta concentración de Ca especialmente en los niveles ladera y cima. Se identificaron suelos Pardos con carbonatos en la base, y Fersialítico rojo y Redzina en la ladera y la cima. Los elementos Ca y P fueron los que mostraron mayores diferencias en los tres niveles topográficos.

Palabras clave: fersialítico; perfil; toposecuencia; vegetación.

ABSTRACT

The study was carried out in a fragment of the mesophilic semideciduous Forest of the Guisa Agroforestry Experimental Station, with the objective of chemically characterizing the forest floor along a profile. In its three transects were drawn in the sense of the toposequence (base, slope and summit). In each transect 9 samples were taken (from

0-20 cm) for their chemical analysis. Multiple means comparison tests were applied, through the Tukey HDS test ($\alpha = 0,05 \%$). Likewise, a linear regression analysis was developed and a correspondence analysis was carried out, in order to evaluate the interrelations among the chemical variables of the soil. The results indicated soils with high base saturation, low acidity and high concentration of Ca, especially at the slope and top levels. Brown soils with carbonates were identified in the base, and red Fersialitic and Redzina in the slope and the top. The Ca and P elements showed the greatest differences in the three topographic levels.

Keywords: fersialitic; profile; toposequence; vegetation.

INTRODUCCIÓN

Los aspectos climáticos determinan el tipo de formación vegetal que caracteriza un sitio, pero el suelo también influye significativamente en esta distribución. De hecho, se conoce que los cambios hidrológicos proporcionan el desarrollo de diferentes comunidades vegetales, que están estrechamente relacionadas con las variaciones drásticas de los tipos de suelo (Herrera, 2007).

En este sentido, dado la necesidad de resaltar los factores que intervienen en las propiedades del suelo, desde el punto de vista químico, es necesario resaltar el comportamiento de las características, bajo diferentes usos de suelo, ya que la comprensión del comportamiento químico del suelo bajo este análisis, lo convierte en un instrumento primordial, que permite valorar su estado (Arteaga *et al.*, 2016). El suelo es un recurso que puede ser considerado no renovable; es muy valioso, en virtud de que proporciona sustento para los ecosistemas y la vida humana. Las diferentes clases de suelos presentan comportamientos diversos en función de sus características físicas, químicas y biológicas, y es posible establecer correlaciones con la vegetación (Ziadat, 2007; Carvalho, 2014).

Las relaciones entre suelo-vegetación y suelo-paisaje son altamente complejas, debido a que la variación de las propiedades del suelo dentro de una región puede ser consecuencia de la heterogeneidad topográfica (Thiers *et al.*, 2014).

Los bosques tropicales secos caducifolios en la Estación Experimental Agroforestal de Guisa, corresponden a una región con poco desarrollo económico y un abandono social, lo que implica un gran compromiso de la comunidad académica con la restauración, conservación y usos de los recursos naturales en beneficio de la población, pero en un contexto armónico con la naturaleza.

En Cuba, se han realizado estudios recientes sobre este componente ambiental, para garantizar la distribución de las especies en el bosque y lograr un manejo adecuado y sostenimiento de los principales ecosistemas terrestres. Basado en esto, el presente trabajo plantea como objetivo caracterizar químicamente el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del bosque de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa.

El bosque objeto de estudio, forma parte del patrimonio forestal de la Estación Experimental Forestal "Guisa", en el municipio Guisa, provincia de Granma. El mismo cuenta con una superficie de 315,95 ha y se ubica a los $20^{\circ} 0' 14''$ N y $76^{\circ} 0' 30''$ W, (hoja cartográfica NO.4876-Ib) (Rodríguez y otros, 2004) (Figura 1). En la superficie que ocupa este bosque se reportan precipitaciones anuales de 1 332,88 mm, y la temperatura promedio anual alcanza los $30,53^{\circ}\text{C}$. La topografía de la elevación presenta un relieve montañoso con una altitud máxima es de 374 msnm, que sustenta, de acuerdo a la estructura florística, la formación forestal Bosque semicaducifolio sobre suelos calizo, según Bisse, (1988) y Rodríguez *et al.*, (2004). En esta formación vegetal muchos árboles del dosel pierden las hojas durante el período de sequía (noviembre-abril), tornándose crítico durante los meses de febrero, marzo y abril (Herrera, 2007).

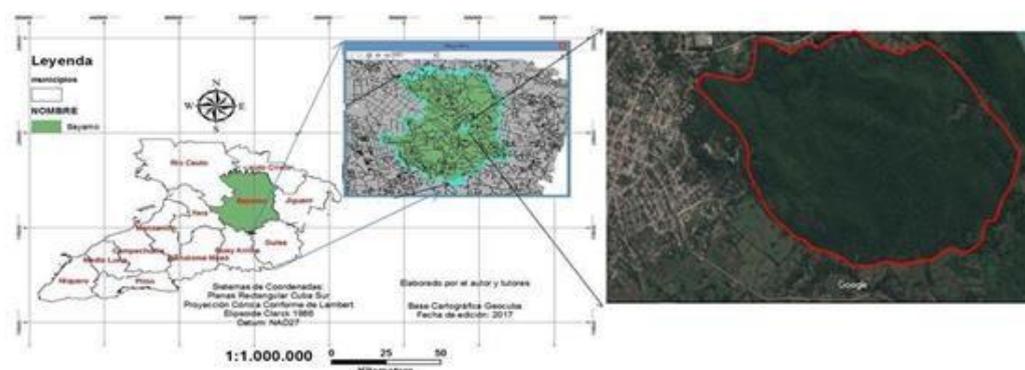


Fig. 1 - Localización geográfica de la zona de estudio

Diseño del muestreo y tamaño de la muestra

La superficie de estudio se estratificó conforme a criterios de vegetación (especies dominantes, fisonomía, etc.), geográfico y topográfico, que permiten subdividirla en unidades homogéneas en cuanto a relieve, topografía, suelo y estructura florística (Matteucci y Colma, 2002).

Muestreo del suelo

La caracterización del suelo se realizó a partir de análisis morfológicos en el campo a partir de la descripción y muestreo de calicatas, donde se tomó en consideración el valor de la pendiente (usando un clinómetro) se describió la forma de la pendiente (cima, ladera, base) y finalmente en la ladera se nombró la posición del paisaje (lineal, cóncavo, convexo) donde se desarrollan los mismos (Rodríguez *et al.*, 2016).

Los perfiles de suelos se realizaron mediante excavaciones de pozos con barrena a profundidad entre 0-20 cm, tomando en cuenta las características físicas observables, y ubicados en sitios que mostraron las características más representativas (curvatura en planta, pendiente y evitando senderos) para cada transecto. Las 18 muestras (seis en cada transecto) se recogieron en bolsas de polietileno resistente y limpia, con cuidado de no contaminar ni mezclar muestras diferentes. Se cerraron herméticamente, se etiquetaron con marcador permanente y se enviaron al laboratorio de Suelo Provincial de Granma.

Análisis estadístico

Se consideraron variables del suelo como: pH en agua, macronutrientes (Ca, Mg, K y Na) y fósforo total. Se llevó a cabo una prueba de HDS Tukey ($\alpha = 0,05 \%$), con una hipótesis nula de no relación entre matrices y con 99 permutaciones. Esta prueba evaluó la significancia. A los resultados obtenidos se le realizaron pruebas de χ^2 para comparar estos valores observados y esperados. Se aplicaron pruebas de comparación múltiple de medias, debido a que las variables independientes representaban combinaciones de tratamientos cualitativos no estructurados (transectos) con tratamiento cuantitativo (nivel topográfico). Todos los datos fueron procesados en el programa estadístico SPSS v.21 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variabilidad de los macronutrientes presentes en los suelos no fue tan notable (Figura 2), solamente el calcio (Ca) presentó una variabilidad mayor y altos contenidos en el suelo (Tabla 1).

Para el Ca, el valor medio fue de 58,73 Cmol c /Kg para los tres niveles. En la base se reportaron los valores más bajos fluctuaron entre (45 - 47 Cmol c /Kg), en la ladera fueron los más altos (69 - 71 Cmol c /Kg) y en la cima (55 - 66 Cmol c /Kg). Las medias presentaron diferencias significativas.

Tabla 1. - Diferencias en los valores de Ca en los niveles topográficos.

(I) Parcelas	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Ca (Cmolc/Kg)					
Base	-24,35*	0,86	0,00	-26,40	-22,31
	-11,53*	0,84	0,00	-13,53	-9,54
Ladera	24,35*	0,86	0,00	22,31	26,40
	12,81*	0,83	0,00	10,84	14,80
Cima	11,53*	0,84	0,00	9,54	13,53
	-12,81*	0,83	0,00	-14,80	-10,84

(*. La diferencia de medias es significativa $\alpha = 0,05$ %)

El pH se presentó en niveles ligeramente alcalinos (7,0) hasta niveles moderadamente alcalinos (8,0), sin embargo, las medias de los tres niveles no presentaron diferencias significativas entre sí, esto puede favorecer la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. Aunque, puede llegar a ser desfavorable para la solubilidad de la materia orgánica como lo muestran Torres, Esquivel y Tinoco, (2017), (Tabla 2).

Tabla 2. - Diferencias en los valores de medias de P₂O₅ y pH en los niveles topográficos.

(I) Parcelas	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
P2O5					
Base	-1,54143*	0,44564	0,002	-2,603	-0,4798
	-1,10433*	0,43586	0,034	-2,1426	-0,066
Ladera	1,54143*	0,44564	0,002	0,4798	2,603
	0,4371	0,43211	0,571	-0,5923	1,4665
Cima	1,10433*	0,43586	0,034	0,066	2,1426
	-0,4371	0,43211	0,571	-1,4665	0,5923
pH					
Base	0,0257	0,0195	0,387	-0,021	0,072
	-0,0386	0,019	0,111	-0,084	0,007
Ladera	-0,0257	0,0195	0,387	-0,072	0,021
	-,0643*	0,0189	0,003	-0,109	-0,019
Cima	0,0386	0,019	0,111	-0,007	0,084
	,0643*	0,0189	0,003	0,019	0,109

(*. La diferencia de medias es significativa $\alpha = 0,05$ %)

El fósforo también tiene correlaciones negativas con pH en agua, indicando que las reacciones que controlan la disponibilidad de este nutriente están relacionadas, a la presencia de cationes en la solución del suelo, principalmente en suelos con altos contenidos de bases intercambiables. Cuando el pH se encuentra entre 6 y 10 la retención del fósforo en el suelo es debida principalmente a precipitación de fosfatos de calcio y magnesio (Fontana *et al.*, 2006).

Estudios similares plantean que la gran mayoría de los suelos tropicales presentan pH ácidos, determinados por fenómenos de lavado intenso como consecuencia de las altas precipitaciones (Alves y Paz, 2003; Jiménez *et al.*, 2008). Schoenholtz *et al.*, (2000), subrayaron que el pH del suelo influye simultáneamente en varios procesos químicos y biológicos; por lo que siempre se determina en los análisis de fertilidad de los suelos. Además, la elevada basicidad de los suelos está directamente relacionada con la alta concentración de fósforo, indicando suelos de alta fertilidad.

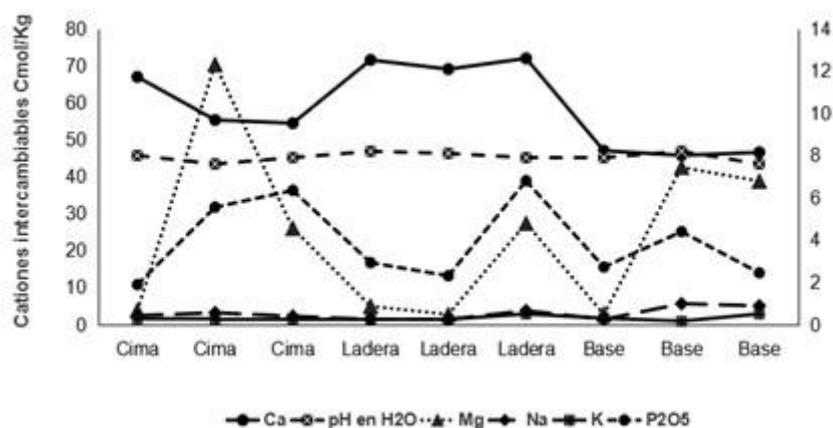


Fig. 2 - Contenido de macronutrientes en las muestras de suelo.

Como se muestra en la figura 2, el magnesio (Mg) reportó valores en la base entre 0,46,7 cmol/kg, en la ladera osciló entre 0,8 y 4,7 cmol/kg, mientras que la cima arrojó los valores más altos (0,6-12,3 cmol /kg). La concentración de Mg en la base proviene de minerales como biotita, hornablenda y clorita de las rocas volcánicas que se encuentran en el área, sin embargo, en la ladera y la cima los valores provienen de la dolomita mineral que está constituido químicamente por carbonato de calcio (Figura 2) En relación con el sodio (Na) se encontró una media de 0,52 cmol/kg, con valor superior de 0,99 cmol/kg en la base, y menor valor en la ladera (0,25 cmol/kg). El potasio (K) alcanzó una media de 0,3 cmol/kg aunque se redujo hasta 0,25 cmol/kg en la cima y fue mayor a 0,51 cmol/kg en la ladera y la base.

El fósforo (P₂O₅) presentó grandes variaciones entre los niveles. La base, presentó valor máximo de 4,0 mg/100g y mínimo de 2,4 mg/100g. La ladera obtuvo valor máximo de

6,8 mg/100g y mínimo de 2,3 mg/100g y en la cima el valor máximo de 6,3 mg/100g y el mínimo de 1,8 mg/100g. El valor medio fue de 3,9 mg/100g. Los valores expresados anteriormente presentaron diferencias significativas en relación a los tres niveles estudiados (Tabla 2).

El análisis de fósforo total nos da una medida de la cantidad de fósforo que pueda aprovechar una planta en el período de su crecimiento ya que el fósforo es firmemente retenido por los suelos y depende de las propiedades de estos que del trabajo de las raíces sobre los componentes fosfóricos de estos.

En la figura 3, se puede apreciar la variabilidad del calcio en los tres niveles topográficos. Los valores más bajos fueron en la base ya que el tipo de roca presente en este nivel pertenece a las rocas volcánicas, que pudieran ser carbonatadas, pues, aunque inferiores a los demás niveles siguen siendo altos. En casos de ladera y cima, se encontraron valores más elevados debido a la presencia de calizas cristalinas y dolomitas, donde el calcio se deposita en forma de carbonato insoluble, pero aparece también en forma de pequeños cristales (Figura 3).

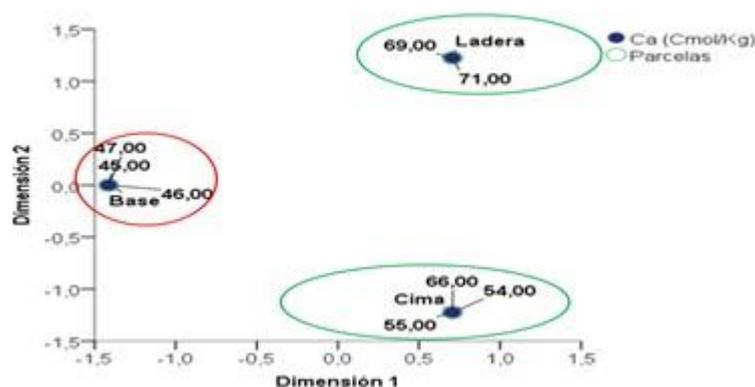


Fig. 3 - Representación de la relación entre concentraciones de Ca y los niveles topográficos.

Las nueve muestras de suelos presentaron un perfil ABC con características similares en ladera y cima, sin embargo, en la base se encontraron valores más bajos de macronutrientes a pesar de valores de pH muy similares entre los niveles topográficos. Rasmussen *et al.*, (2010) informa que los cationes en disolución son transportados y aumentan su concentración desde posiciones superiores a las inferiores, ya que, debido a la lixiviación por el agua, los mismos se acumulan en la parte baja, sin embargo, los resultados revelan todo lo contrario que a medida que aumenta la posición topográfica también aumentan las concentraciones de las bases (Ca, Mg, K, Na). Esto se asocia a la presencia de diferentes tipos de material rocoso en la toposecuencia, en la cima y ladera encontramos calizas, las cuales al ser sometidas al fraccionamiento y

meteorización *in situ* provoca alteración química y mineralógica en el suelo concentrando en mayor por ciento el calcio y el magnesio fundamentalmente (Daly *et al.*, 2015).

Suelos del perfil ABC en la base

En la figura 4, se aprecia un horizonte AB de desarrollo moderado. Los horizontes AB presentan coloraciones pardas, estructura granular y en bloques bien desarrollados en algunos casos. Se trata de suelos calcáreos, en general con cantidades moderadas de CaCO_3 . De acuerdo con esto el pH es elevado, superando el valor de 8 en agua y 7,2 en KCl. Estos se desarrollan sobre rocas volcánicas de la formación Sabaneta. Por lo tanto, aplicando lo establecido en la Clasificación de los suelos de Cuba, en la Base corresponden al agrupamiento de suelos pardos, tipo genético Pardo (Hernández, 2015).

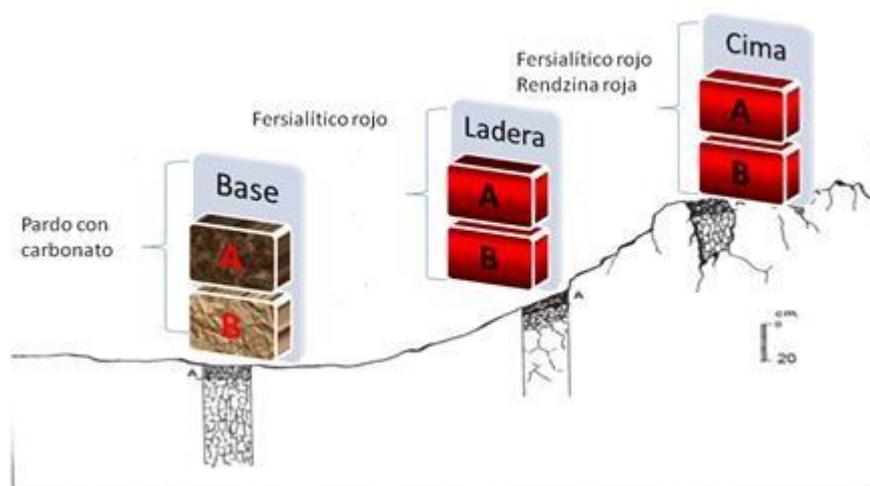


Fig. 4 - Tipos de suelo presentes en la superficie estudiada.

Suelos del perfil ABC en la ladera y cima

Los resultados de análisis químicos del suelo nos revelan que el Ca es el catión dominante. La capacidad de intercambio catiónica (CIC) en general es alta en los horizontes A y B y presentan coloraciones rojizas. Por lo tanto, aplicando lo establecido en la Clasificación de los suelos de Cuba, en ladera y cima corresponde a suelos Fersialíticos de tipo Fersialítico rojo y suelos húmicos sialíticos de tipo Redzina roja (Hernández, 2015).

Esto se debe a que en la base no es el mismo tipo de suelo que en la ladera y la cima, pues según el Léxico estratigráfico, la superficie de estudio está representada por la formación charco redondo, la cual presenta una litología de Calizas compactas organodetríticas, fosilíferas, de color variable, predominando los tonos blancos a grises

verdosos, como las que encontramos en la ladera y la cima. En la parte inferior del corte, son frecuentes las brechas, donde predomina la estratificación gruesa, mientras que en la parte superior predomina la estratificación fina, presenta una edad Eoceno Medio (Colectivo de autores, 2013).

La misma yace concordantemente sobre la Formación Sabaneta, la cual presenta una litología de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, margas y ocasionalmente pequeños cuerpos de basaltos, andesitas, andesito- basaltos y andesito-dacitas, estas la encontramos en la base. Sin embargo, de acuerdo con Coutrim *et al.*, (2012), la posición relativa de los suelos en la ladera presenta mayor influencia en el comportamiento del suelo que el propio material de origen. Por otra parte, en suelos de origen volcánico es notable la combinación textural que proporciona distribuciones de minerales frecuentemente homogéneas, con la acción de elementos como el Mg y Ca que actúan en su movilidad y estabilidad (Cuadros *et al.*, 2016).

Los macronutrientes presentes se comportan de manera alta, siendo el Ca el catión principal. Al lavado del bicarbonato cálcico contribuirán la posición topográfica, la textura gruesa y el escaso espesor de los suelos, esto se debe a las abundantes precipitaciones que se registra en la zona, depositándose en la parte baja. Debido a que el Ca existe como un catión, este nutriente está gobernado por los fenómenos del intercambio catiónico al igual que los otros cationes, y se mantiene adherido como Ca^{++} intercambiable en la superficie de los coloides cargados negativamente. Generalmente es el catión dominante en el suelo, aun a valores de pH bajos.

En el caso de los suelos que se encuentran en las laderas y la cima, la presencia de cantidades considerables de carbonatos en estos suelos (a diferencia de los de la base) se justifica tanto por su situación en áreas receptoras, en las que el aporte de caliza en elementos de diversos tamaños, se opone a la descarbonatación, como por la cercanía del material de partida que supone una reserva de carbonatos mucho más accesible que una roca coherente. Estos datos concuerdan con lo expresado por Taboada *et al.*, (2016). Por lo tanto, se puede afirmar que la posición topográfica es el principal condicionante del desarrollo de los perfiles y por consiguiente el factor diferenciador de los tipos de suelos, concordando con lo expresado por Taboada *et al.*, (2016) Lo antes expuesto concuerda con lo expresado por Mello, (2006) que el Ca por tener mayores iones de valencia y más grandes cuando se hidrata, se adsorbe con mayor energía de enlace para cargas del suelo, como la serie liotrópica, que influyen en la disponibilidad Mg, P y K. Además de los aspectos químicos influenciados por Ca, este es el nutriente que es efecto más de agregación en el suelo, lo que favorece la permeabilidad y la infiltración de agua, lo que afecta el desarrollo del sistema radicular de plantas.

Los altos valores de pH en los suelos favorecen la precipitación del fósforo (P). Los suelos generalmente contienen menos Mg que Ca debido a que el Mg no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo y puede perderse más fácilmente por lixiviación.

En los suelos de la zona de estudio existen altos contenidos de bases intercambiables y el pH predominante oscila entre neutro y básico. La clasificación de los mismos evidencia tres tipos genéticos bien representados (Pardo, Fersialítico rojo y Redzina roja). La topografía favorece la meteorización química *in situ* de las rocas provocando altas concentraciones de elementos como calcio y magnesio en ladera y cima de la toposecuencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. y PAZ, J., 2003. Variabilidad en el pH de un suelo decapitado sometido a diferentes tratamientos de recuperación. *IX Conferencia Española de Biometría: 3-4*. La Coruña, España.
- ARTEAGA J., J.C., NAVIA ESTRADA, J.F. y CASTILLO FRANCO, J.A., 2016. Comportamiento de variables químicas de un suelo sometido a distintos usos, departamento de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 33, no. 2, pp. 62-75. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 2256-2273, 0120-0135.
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5763145>
- BISSE, J., 1988. *Árboles de Cuba*. Ciudad de la Habana: Editorial Ciencia y Técnica.
- CARVALHO SPANNER, G., SANTOS DAS NEVES, É., COELHO DO NASCIMENTO, J., COSTA MILÉO, J.A. y SANTOS DA SILVA, S.A., 2014. DETERMINAÇÃO DOS ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO E DENDROLÓGICOS DA VEGETAÇÃO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, E M ALTAMIRA-PA. *Centro Científico Conhecer - Goiânia* [en línea], vol. 1, no. 2. Disponible en:
<http://docplayer.com.br/10992913Determinacao-dos-aspectos-morfologicos-do-solo-e-dendrologicos-davegetacao-em-uma-toposseguencia-em-altamira-pa-para-ufpa-campus-dealtamira.html>.
- COLECTIVO DE AUTORES., 2013. *Léxico estratigráfico de Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Geología y Paleontología.
- CUADROS, J., DIAZ-HERNANDEZ, J.L., SANCHEZ-NAVAS, A., GARCIA-CASCO, A. y YEPES, J., 2016. Chemical and textural controls on the formation of sepiolite, palygorskite and dolomite in volcanic soils. *Geoderma* [en línea], vol. 271, pp. 99-

114. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/j.geoderma.2016.01.042. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706116300428>.
- DALY, K., STYLES, D., LALOR, S., WALL, D. P., 2015. Phosphorus sorption, supply potential and availability in soils with contrasting parent material and soil chemical properties. *European Journal of Soil Science*, 66(4), 792-801.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J.M., BOSCH, D. y CASTRO, L., 2015. *Clasificación de los Suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA.
- HERRERA, P., 2007. Flora y vegetación. En: H. GONZÁLEZ (ed.), *Biodiversidad de Cuba*. La Habana, Cuba: Ediciones Polymita, pp. 142.
- JIMÉNEZ, L.S., MEZQUIDA, E.T., BENITO CAPA, M. y RUBIO SÁNCHEZ, A., 2008. Fertilidad del suelo de bosques tropicales y pastizales de uso ganadero en el sur del Ecuador. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 25, pp. 241-245. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 1575-2410. Disponible en: <http://oa.upm.es/48546/>.
- MATTEUCCI, S. D. y COLMA, A., 2002. *Metodología para el estudio de la vegetación* [en línea]. Washington, D. C.: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. [Consulta: 2 abril 2019]. serie de Biología, Monografía no.22. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/44553298_Metodologia_para_el_estudio_de_la_vegetacion_por_Silvia_D_Matteucci_y_Aida_Colma.
- MELLO, N.A., 2006. Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo. 248p. Tese de Doutorado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PATURLANE, M., SAKS, M. y QUIROGA, A., 2006. Efecto del espesor de suelo sobre propiedades edáficas y rendimiento de trigo en la región semiárida pampeana. En: F. FONTANA, *Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en la región semiárida pampeana. Física de suelos* [en línea]. S.l.: EEA INTA Anguil, Public.Técn. N°66, pp. 15-22. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/aspectos-de-la-evaluacion-y-el-manejo-de-lossuelos-en-la-region-semiarida-pampeana-1>.
- RASMUSSEN, C., DAHLGREN, R., SOUTHARD, R.J., 2010. Basalt weathering and pedogenesis across an environmental gradient in the southern Cascade Range. California, USA. *Geoderma* 154, 473-485.

- REYES, J., GERDING, V. y SCHLATTER, J.E., 2014. Suelos en ecosistemas forestales. En: O. THIERS, *Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile* [en línea]. Valdivia, Chile: Ediciones UACH, pp. 133-178. ISBN 978-956-9412-06-6. Disponible en: <http://www.edicionesuach.cl/index.php/coleccion-patrimonio-institucional/22ecologia-forestal-donosogonzalez-lara>.
- RODRÍGUEZ SOSA, J.L., GUEVARA SANCHEZ, M.A. y SANTANA NÚÑEZ, M.F., 2004. Estudio Florístico del bosque de la Estación forestal Guisa. Granma. *Revista Tatascán* [en línea], vol. 5, no. 11, pp. 15-21. Disponible en: <https://docplayer.es/49246531-Estudio-floristico-del-bosque-de-la-estacionexperimental-forestal-guisa-granma.html>.
- SANTOS, L.A.C. dos, CAMPOS, M.C.C., COSTA, H.S. y PEREIRA, A.R., 2012. Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM) Characterization of soils in a toposequence under alluvial terraces in the middle rio Madeira (AM). *AMBIÊNCIA* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 319-331. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 2175-9405. Disponible en: <https://200.201.10.18/index.php/ambiencia/article/view/1444>.
- SCHOENHOLTZ, S.H., MIEGROET, H.V. y BURGER, J.A., 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 138, no. 1, pp. 335-356. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/S0378-1127(00)00423-0. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700004230>.
- TABOADA, T., RODRÍGUEZ-LADO, L., FERRO-VÁZQUEZ, C., STOOPS, G. y MARTÍNEZ CORTIZAS, A., 2016. Chemical weathering in the volcanic soils of Isla Santa Cruz (Galápagos Islands, Ecuador). *Geoderma* [en línea], vol. 261, pp. 160-168. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/j.geoderma.2015.07.019. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706115300288>.
- TORRES-BENÍTEZ, A.J., ESQUIVEL, H.E. y TINOCO, F., 2017. Composición física y química de los suelos fluviovolcánicos de Armero Tolima, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea], vol. 41, no. 158, pp. 119-126. [Consulta: 2 abril 2019]. ISSN 2382-4980. DOI 10.18257/raccefyn.447. Disponible en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/447>.

ZIADAT, F.M., 2007. Land suitability classification using different sources of information: Soil maps and predicted soil attributes in Jordan. *Geoderma* [en línea], vol. 140, no. 1, pp. 73-80. ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/j.geoderma.2007.03.004. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706107000730>.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2019 Alianna Corona Rodríguez