

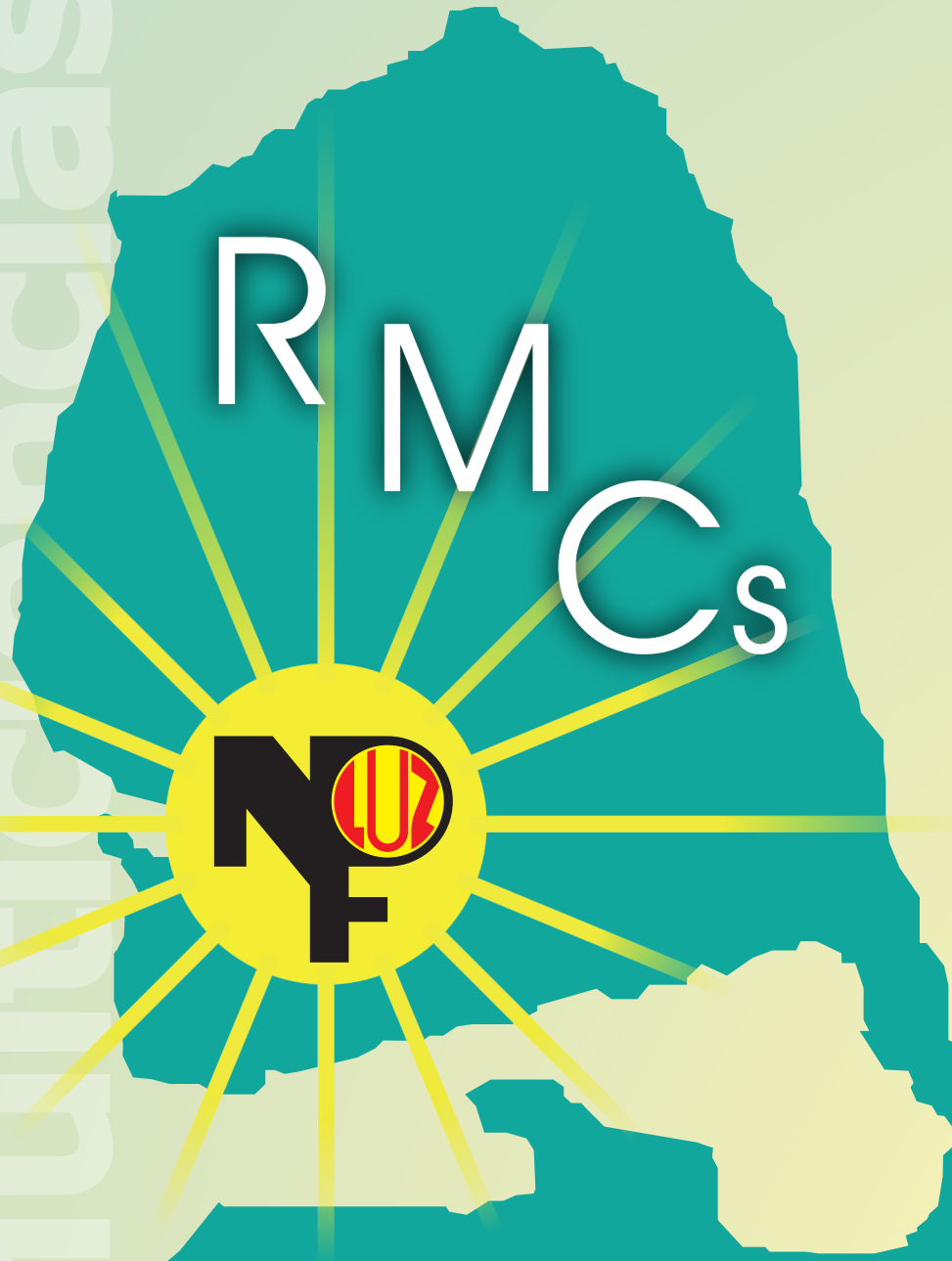


Vol 15, N° 3
Julio - Septiembre 2015

ISSN: 1317-2255
Deposito Legal: pp 20002FA828
Dep. legal ppi 201502ZU4642

Multiciencias

Multiciencias



Universidad del Zulia
Revista Arbitrada Multidisciplinaria

Multiciencias / Revista Arbitrada Multidisciplinaria del Núcleo LUZ-Punto Fijo



LUZ Punto Fijo

Núcleo LUZ-Punto Fijo
Programa de Investigación y Posgrado
Falcón-Venezuela

MULTICIENCIAS, Vol.15, N° 3, 2015 (271 - 280)

ISSN: 1317-2255 / Deposito Legal: pp 20002FA828 / Dep. legal ppi 201502ZU4642

Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela

José Pastor Mogollón¹, Wilder Rivas¹, Alicia Martínez², Yris Campos², Edjuly Márquez³

¹ Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM); departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola, Coro, estado Falcón. Venezuela

² Universidad Politécnica Territorial de Falcón "Alonso Gamero" (UPTAG); departamento de Química, Coro, estado Falcón. Venezuela.

³ Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Habita (MPPEHV); oficina Nacional de Diversidad Biológica, Coro, estado Falcón. Venezuela.

jmogollon15@gmail.com; wilderrivas@yahoo.com; aliciaemogollon@yahoo.com.ve; ycampsa@gmail.com; edjuly@gmail.com

Resumen

Las reservas de carbono orgánico del suelo (COS) en zonas áridas son altamente heterogéneas debido a las diferencias en el suelo, clima y vegetación con la altitud. El objetivo de esta investigación fue evaluar los cambios en las reservas de COS en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. Se seleccionaron quince puntos de muestreo a diferentes altitudes. En cada punto, se tomaron tres muestras de suelo y se determinaron las variables carbono total del suelo, densidad aparente, fracciones granulométricas, conductividad eléctrica y pH. Los resultados mostraron que las reservas de COS fueron mayores en el sitio de mayor altitud (400 msnm) con un valor de 101,5 t ha⁻¹, mientras que en el sitio más bajo (1 msnm) las reservas de carbono fueron de 7,8 t ha⁻¹. Las reservas de COS correlacionaron positivamente con la precipitación media anual y negativamente con la temperatura media anual. Las variaciones en el COS fueron relacionadas principalmente a la disminución de la temperatura y al incremento de la precipitación con la altitud. La vegetación también es importante en las reservas de carbono, encontrándose los mayores valores en los suelos bajo vegetación boscosa ubicada en el Monumento Natural Cerro Santa Ana.

Palabras clave: captura de carbono; tipos de vegetación; variación altitudinal.

Soil organic carbon in an altitudinal gradient in the Paraguana Peninsula Venezuela

Abstract

The reserves of soil organic carbon (SOC) in dryland ecosystems are highly heterogeneous due to differences in soil, climate and vegetation with elevation. The objective of this research was to study changes in SOC stocks in an altitudinal gradient in the Paraguana Peninsula, Falcon state. Fifteen sampling points were selected at different altitudes. At each point, three soil samples are taken and the total carbon variables soil bulk density, particle size fractions, electrical conductivity and pH were determined. The results showed that SOC stocks were higher at the site of highest altitude (400 amsl) with a value of 101.5 t ha⁻¹, while in the lowest place (1 amsl) carbon stocks in soil were 7.8 t ha⁻¹. SOC reserves positively correlated with mean annual precipitation and negatively with mean annual temperature. SOC variations were mainly related to decreased temperature and increased precipitation with altitude. Vegetation also plays an important role in carbon stocks, being the highest values in soils under forest vegetation located in the Natural Monument Cerro Santa Ana.

Key words: carbon sequestration; vegetation types; altitudinal variations.

Introducción

El suelo representa un reservorio muy importante del carbono (C) a escala global, en función de la importancia que tiene este elemento en la evaluación de los cambios del C atmosférico [3]. El contenido de carbono orgánico (CO) en el suelo llega a superar en dos o tres veces los depósitos de C de la biomasa aérea [32], mientras que las reservas de C total en el suelo representan 75 % del C almacenado en los ecosistemas terrestres [20].

La influencia del relieve es un factor determinante en la variación de los niveles del CO del suelo, tanto en cantidad como en calidad [35], porque en muchos casos, con la altitud se manifiestan cambios en las características del mismo (pH, humedad, contenido de macro y microelementos, textura), en la precipitación, la temperatura y el tipo de vegetación, lo cual influye también en las reservas del CO [25].

Los suelos juegan un papel crucial en el ciclo global del C, y pequeños cambios en las reservas del carbono orgánico del suelo (COS) podría afectar significativamente las concentraciones del dióxido de carbono atmosférico (CO₂) a través de lo que se ha denominado el cambio climático global [27]. Existe un interés especial en los suelos de zonas montañosas, tal como es el caso de los ubicados en el Monumento Nacional Cerro Santa Ana, ya que se ha señalado que estos ecosistemas son altamente vulnerables al cambio climático y la desertificación [13].

Muchos son los estudios que se han llevado a cabo para estimar diferencias en el COS en relación con las propiedades del suelo, el uso del suelo y el clima [9]. También es ampliamente reconocida la relación que existe entre la posición topográfica y las propiedades del suelo [6]. El ambiente de las tierras áridas se caracteriza por un conjunto de elementos que afectan su capacidad para fijar el C. La característica principal de las tierras áridas es la falta de agua. Esto limita la productividad de las plantas de forma severa y, por lo tanto, afecta la acumulación de C en los suelos [1]. El problema se agrava, debido a que la lluvia no sólo es escasa, sino que generalmente es errática. Por lo tanto, un buen manejo de la poca agua existente es esencial. Además, el contenido de COS tiende a decrecer exponencialmente con la temperatura [19].

En consecuencia, los suelos de las tierras áridas contienen pequeñas cantidades de C (entre uno y menos de 0,5 por ciento) [20]. También se ha indicado que las prácticas que conllevan el uso intensivo de la tierra en las zonas áridas, pueden tener un efecto adverso sobre los niveles de la MOS [24, 38]. Si bien la capacidad de fijar CO₂ por unidad de superficie en las tierras áridas es baja, puede de cualquier manera hacer una contribución importante a la captura global de carbono y al mismo tiempo prevenir o disminuir la tasa de desertificación [14].

Desde el punto de vista climático, la Península de Paraguaná constituye una de las zonas más secas del país. Se enmarca dentro del medio bioclimático

árido e hiperárido [22], y se caracteriza por presentar precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 200 mm y 400 mm, evaporaciones medias anuales entre los 2700 mm y 3300 mm, y temperaturas promedio entre 27 y 28°C. Sin embargo, en esta zona se encuentra el monumento Natural Cerro Santa Ana con una altura de 830 msnm, una temperatura media anual de 23°C, y una precipitación media anual alrededor de los 410 mm, pero donde el ingreso anual de agua a la selva nublada por intercepción de la neblina, corresponde al 24% equivalente anual de las entradas por lluvia [10].

Este monumento natural corresponde a un área natural protegida, la cual es poco conocida y promocionada para realizar estudios de bienes y servicios ambientales dentro de la Península de Paraguaná, por lo que no existe suficiente información como base; o bien para proporcionar a la comunidad científica local y nacional. Hasta ahora los estudios desarrollados en el Cerro Santa Ana han quedado a nivel de exploratorios [2]. En dicho monumento natural no se tiene conocimiento sobre la dinámica del carbono, ni sobre la cantidad de carbono almacenado a las diferentes altitudes.

El estudio de gradientes altitudinales es importante para comprender la dinámica espacial y temporal de los contenidos y flujos de C, así como para identificar áreas de mayor vulnerabilidad frente al cambio climático. En este sentido, y en vista de la escasa información existente para Venezuela, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la variación de las reservas del COS, con relación a la altitud, como producto de cambios asociados a la vegetación, a los niveles de precipitación y temperatura en cada uno de los sitios del gradiente.

Metodología

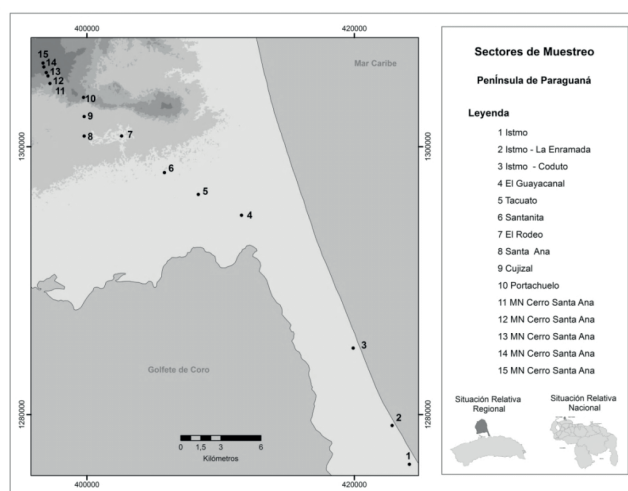
Área de Estudio

La Península de Paraguaná está ubicada en el extremo norte del estado Falcón, y constituye la parte más septentrional de la tierra firme venezolana en el Mar Caribe. Abarca aproximadamente unos 2680 Km² de superficie y se encuentra unida al resto del estado Falcón por una estrecha faja de dunas y salinas denominada Istmo de Los Médanos, de unos 33 Km de longitud por unos 5 Km de anchura. Se caracteriza por presentar precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 200 mm y 400 mm y evaporaciones medias anuales entre los 2700 mm y 3300 mm, condición que

la ubica en un clima árido a hiperárido con un marcado déficit hídrico a lo largo del año. Desde la población de El Vínculo al norte, hasta la población de Buena Vista al sur, se extiende un paisaje acolinado, representado por la fila Monte Cano a 455 msnm y la montaña de Buena Vista a 460 msnm. La mayor altura la registra el Cerro Santa Ana a 830 msnm [28].

Muestreo de Suelos

Se seleccionó una toposecuencia de suelos en la Península de Paraguaná en el estado Falcón, Venezuela, y quince (15) puntos de muestreo a diferentes altitudes (Figura 1).



Fuente: Propia

Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo

En cada punto, se tomaron tres muestras de suelo (utilizadas como réplicas) a una profundidad de 0-25 cm. Las muestras de suelo fueron secadas al aire durante 72 horas, y luego tamizadas a 2 mm para remover el material grueso. Cabe resaltar que este gradiente altitudinal va desde el Istmo de los médanos hasta el Cerro Santa Ana, aunque en este lugar se tomaron muestras hasta la altura de 400 msnm. Las muestras fueron colectadas en enero del 2012, correspondiente a la época seca para la zona de estudio. En cada uno de los sitios se registraron las coordenadas UTM, y el nivel de elevación (msnm). Las muestras de suelo fueron transportadas al Laboratorio de Suelos del Área de Ciencias del Agro y del Mar de la UNEFM.

Análisis Físicos y Químicos Realizados

El carbono total del suelo se determinó mediante oxidación húmeda [36]. La densidad aparente fue determinada por el método de Uhland [4]. La conductividad eléctrica (CE) y el pH y se determinaron a través de los métodos conductimétrico y potenciométrico, respectivamente, en una relación suelo agua 1:2[15]. Las fracciones granulométricas se determinaron mediante el método del hidrómetro [5].

Variables Climáticas

Los datos de precipitación fueron obtenidos a partir de datos promedios normales de precipitación correspondientes a 13 estaciones climáticas distribuidas en la Península de Paraguaná, los cuales fueron previamente procesados y analizados [12]. Dicho procesamiento y análisis incluyó la homogeneización de las series pluviométricas (periodo 1971-2000), la determinación de datos faltantes y la detección y tratamiento de valores extremos. Esta información se procesó a partir de un sistema de información geográfica (SIG), aplicando el método de interpolación inverso de la distancia ponderada (*IDW: inverse distance weighting*), lo que permitió generar el valor de precipitación para cada punto de muestreo. Los datos de temperatura promedio anual para cada sitio evaluado, fueron obtenidos a partir de una base de datos climática mundial de alta resolución (WorldClim por sus siglas en inglés)[16].

Análisis Estadísticos

Para el análisis de los datos, se utilizó un diseño completamente aleatorio, con el piso altitudinal como la variable de clasificación. Los datos fueron analizados estadísticamente a través del programa InfoStat [18].

Se realizaron análisis de la varianza de un factor, con un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$). Para la comparación de los diferentes parámetros a distinta altitud, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%. Para determinar la interacción entre variables se usó la prueba de correlación de Pearson.

Resultados y Discusión

Características edafoclimáticas y de vegetación del gradiente estudiado

En la Tabla 1 se presentan las diferentes condiciones de altitud, precipitación, temperatura, zonas de vida y edáficas. De manera general se observa una estrecha relación entre la altitud y las variables climáticas precipitación y temperatura. A medida que se asciende en altura, aumenta la precipitación y disminuye la temperatura. Existe también una relación entre la precipitación y la vegetación de los diferentes pisos altitudinales (zonas de vida). Por otra parte, el gradiente térmico en las zonas tropicales implica una disminución en la temperatura media anual cercana a $0,6^{\circ}\text{C}$ por cada 100 m de ascenso, y es relativamente constante a lo largo del año (contrariamente a lo que ocurre en otras latitudes) [2]. A escala local, la topografía juega un papel importante, en primer lugar ocasionando lluvias de origen orográfico en aquellas zonas donde el terreno (montaña o línea costera) tiene una orientación tal que obliga al viento a ascender, enfriándose adiabáticamente hasta que el vapor se condensa y forma nubes que originan lluvias [21]. Por otra parte, los suelos del gradiente estudiado podrían ser catalogados como suelos de escaso desarrollo, pertenecientes a los órdenes Entisoles y Aridisoles, los cuales son característicos en la Península de Paraguaná [31].

Tabla 1. Características edafoclimáticas y de vegetación de los sitios estudiados en el gradiente altitudinal

Sitio	Sector	Coordenada N	Coordenada E	Altitud (msnm)	Pp (mm/año)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$) (promedio/año)	Comunidad Vegetal*	Suborden de Suelos
1	Alcabala	424.240	1.276.320	1	292	27,97	Herbazal	Psamments
2	La Enramada	422.833	1.279.182	7	248	27,76	Herbazal	Psamments
3	Coduto	419.922	1.284.961	10	256	27,66	Herbazal	Psamments
4	El Guayacanal	417.072	1.290.871	13	300	27,78	Matorral 1	Camborthids
5	Tacuato	411.566	1.294.884	15	333	28,13	Matorral 1	Camborthids
6	Santanita	408.341	1.296.436	26	345	27,86	Matorral 2	Orthents
7	El Rodeo	405.801	1.298.069	40	356	27,54	Matorral 2	Orthids
8	Santa Ana	402.601	1.300.800	41	375	27,61	Matorral 2	Orthids
9	Cujizal	399.803	1.300.795	51	385	27,59	Arbustal	Torriorthents
10	Portachuelo	399.801	1.302.254	100	391	27,36	Arbustal	Torriorthents

11	Cerro Santa Ana	399.760	1.303.680	108	395	27,31	Arbustal	Orthents
12	Cerro Santa Ana	397.243	1.304.718	212	406	27,03	Bosque seco	Orthids
13	Cerro Santa Ana	397.100	1.305.286	231	407	26,89	Bosque seco	Orthids
14	Cerro Santa Ana	396.961	1.305.532	321	407	26,52	Bosque deciduo	Orthents
15	Cerro Santa Ana	396.785	1.305.954	402	407	26,19	Bosque deciduo	Orthents

* Herbazal dominado por *Sporobolus virginicus* y *Egletes prostrata*; Matorral 1: matorral dominado por *Prosopis juliflora* y *Croton flavens*; Matorral 2: matorral dominado por *Prosopis juliflora* y *Stenocereus griseus*; Arbustal: arbustal dominado por *Castela erecta* y *Caesalpinia coriaria*; Bosque seco: bosque dominado por *Prosopis juliflora* y *Aristida arubensis*; Bosque deciduo: bosque dominado por *Coccoloba coronata* y *Eugenia procera*[24].

Fuente: Propia

En la Tabla 2 se observan los valores de conductividad eléctrica, pH y las fracciones granulométricas para cada uno de los sitios del gradiente estudiado. Además se pueden ver los cambios en los valores de carbono orgánico del suelo, tanto en

concentración (%) como las reservas ($t\ ha^{-1}$) en los primeros 25 cm de profundidad, estimados considerando la densidad aparente (t/m^3) del suelo a la profundidad anteriormente señalada.

Tabla 2. Principales características físico-químicas de los suelos del transepto

Sitio	Sector	CE (dS/m) 1:2	pH 1:2	COS (%)	Da (t/m^3)	COS ($t\ ha^{-1}$)	%a	%A	Clase Textural
1	Alcabala	0,60 b	7,80 d	0,19 l	1,65 a	7,84 n	90 a	6 i	A
2	La Enramada	0,61 b	7,90 c	0,23 k	1,65 a	9,49 m	92 a	7 i	A
3	Coduto	0,66 a	7,71 d	0,33 j	1,65 a	13,63 l	90 a	9 h	A
4	El Guayacanal	0,62 b	7,70 d	0,39 j	1,50 b	14,64 k	50 e	30 e	FAa
5	Tacuato	0,66 a	8,13 b	0,75 i	1,55 b	29,12 j	60 c	20 g	Fa
6	Santanita	0,54 c	8,39 a	0,98 h	1,40 c	34,40 i	54 d	40 c	Aa
7	El Rodeo	0,33 d	7,80 d	1,14 g	1,30 d	37,12 h	28 i	52 b	A
8	Santa Ana	0,29 e	7,65 d	1,39 f	1,40 c	38,65 g	34 h	42 c	A
9	Cujizal	0,29 e	6,50 f	1,12 g	1,50 b	41,97 f	61 c	29 e	FAa
10	Portachuelo	0,33 d	7,05 e	1,31 f	1,30 d	42,54 f	23 j	60 a	A
11	Cerro Santa Ana	0,25 f	6,52 f	1,52 e	1,50 b	56,50 e	65 b	23 f	FAa
12	Cerro Santa Ana	0,16 g	5,73 h	1,69 d	1,50 b	63,39 d	53 d	33 d	FAa
13	Cerro Santa Ana	0,22 f	6,39 g	1,90 c	1,45 c	68,93 c	45 f	35 d	FAa
14	Cerro Santa Ana	0,12 g	6,28 g	2,37 b	1,40 c	82,92 b	41 g	43 c	A
15	Cerro Santa Ana	0,06 h	5,85 h	2,90 a	1,40 c	101,50 a	48 e	39 c	Aa

Fuente: Propia

Conductividad eléctrica y pH

De acuerdo al pH, los suelos del gradiente estudiado se clasifican como ligeramente ácidos (los ubicados en las zonas más altas) hasta ligeramente alcalinos (hacia las zonas más bajas). Desde el punto de vista de la conductividad eléctrica (CE) son suelos catalogados como no salinos. La CE y el pH están

asociados de manera inversamente proporcional con la altura ($p < 0,05$; Tabla 2), los menores valores de ambos parámetros corresponden a los sitios ubicados a mayores alturas. Esto se relaciona a los mayores valores de precipitación registrados en los sitios de mayor altitud, lo cual favorece el proceso de lavado de las bases cambiables del suelo, y por tanto su acidificación [30].

Reservas del carbono orgánico del suelo y su relación con la altitud

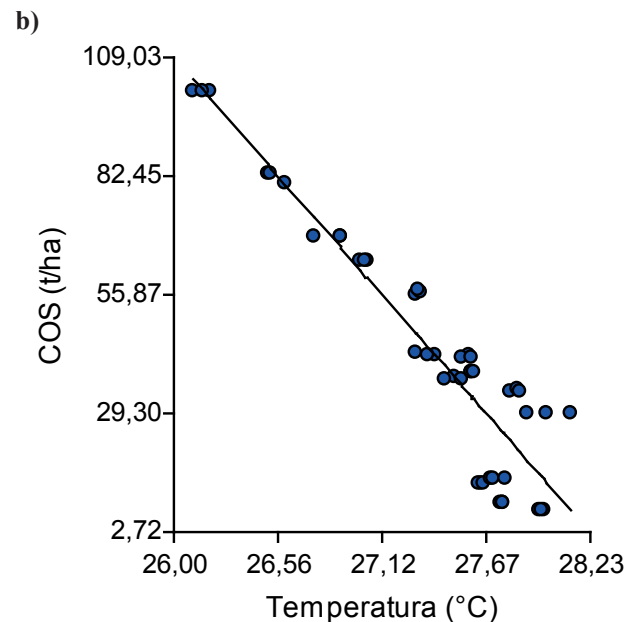
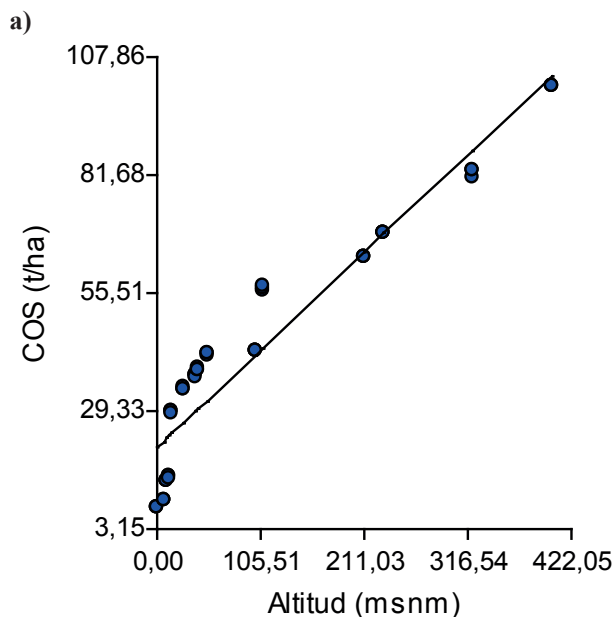
Los resultados obtenidos indican que existen diferencias significativas en el C almacenado en el suelo en las diferentes condiciones topográficas ($p \leq 0,001$). Las reservas de COS fueron aumentando en la medida que se ascendió en la toposecuencia, desde los sitios de menor altitud (1: 1 msnm) hasta el sitio de mayor elevación (15: 402 msnm), con una relación explicada por una regresión lineal (Figura 2a) ($\text{COS} = 21,20 + 0,21 * \text{Altitud}$); $r^2 = 0,90$; $p < 0,01$). Las mayores reservas de carbono fueron encontradas en el sitio de mayor altitud ubicado en el Cerro Santa Ana ($101,5 \text{ t ha}^{-1}$), y las más bajas en suelos tomados en el istmo ($7,8 \text{ t ha}^{-1}$).

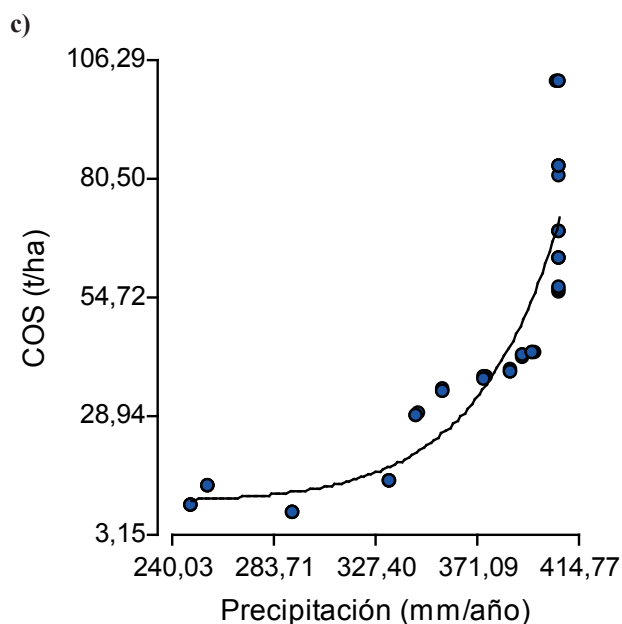
Resultados similares fueron encontrados por Parras - Alcantara *et al.* [27]; en este estudio se encontró que las reservas del COS incrementaron con la altitud. Un estudio realizado en Venezuela [29], mostró que existe una correlación positiva y altamente significativa entre la altitud de muestreo y el contenido de carbono en suelos ($r^2 = 0,77$).

Ese incremento de la MO con la altitud fue asociado a una disminución de la temperatura, fundamentalmente para las regiones altas, superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), mientras que para los suelos ubicados a 1500-2000 msnm, los factores determinantes se relacionaron con la disminución gradual de la temperatura y el aumento de la precipitación. Sin embargo, hasta la fecha no existen antecedentes para suelos ubicados en zonas bajas (0-500 msnm).

Cambios en las reservas del COS por efecto de la temperatura

Las diferencias encontradas en las reservas del COS en las diferentes posiciones topográficas podrían estar relacionadas al diferencial en la velocidad de descomposición de la materia orgánica por efecto de la disminución de la temperatura atmosférica a medida que se asciende en el gradiente altitudinal.





Fuente: Propia

Figura 2. Relación entre el carbono orgánico del suelo con: a) la altitud, b) la temperatura y c) la precipitación, en la Península de Paraguaná, Venezuela.

Las temperaturas más bajas disminuyen la tasa de descomposición de la MOS y propician un mayor tiempo de residencia del CO en el suelo, producto de una disminución de la respiración edáfica, lo cual reduce las pérdidas de C [11]. En este sentido, se encontró que las reservas del COS fueron aumentando por efecto de la disminución de la temperatura en el gradiente altitudinal, lo cual fue explicado a partir de un modelo de regresión lineal (Figura 2b; $COS = 1346,70 - 47,61 * T\text{ }^{\circ}C$; $r^2 = 0,87$; $p < 0,0001$).

Cambios en las reservas del COS por efecto de las precipitaciones

La disponibilidad de humedad en el suelo, representada por la entrada de lluvias al ecosistema, es otra de las variables climáticas que tiene gran influencia en la acumulación de reservas de carbono en el suelo. En este sentido, Schimel *et al.*, [33] indicaron que en ambientes áridos, el contenido de COS aumentó con la elevación, producto del incremento en las precipitaciones, aunado a la disminución de la temperatura, lo cual además propicia una mayor producción de biomasa vegetal en elevaciones más altas. Los datos generados en este estudio, corroboran la situación anterior, ya que

se encontró una estrecha relación entre las reservas de COS y los niveles de precipitación. A medida que se ascendió en el gradiente altitudinal, se incrementaron los valores de precipitación y esto propició un incremento de las reservas de C en el suelo, lo cual fue explicado a partir de un modelo de regresión exponencial (Figura 2c; $COS = 7,84 * e^{0,021 * Pp}$; $r^2 = 0,67$; $p < 0,0001$).

Cambios en las reservas del COS por efecto de los tipos de vegetación

La vegetación característica de la Península de Paraguaná está representada por arbustales, matorrales espinosos y cardonales [23]. Sin embargo, en el territorio que comprende el Cerro Santa Ana existen varios tipos de vegetación según varían los pisos altitudinales, siendo identificados cinco: la zona xerofítica con bosque muy seco, la zona tropófila con bosque decíduo montano, la zona hidrofítica mesotérmica con selva nublada, la zona de matorral antillano y la zona de vegetación se pudo para mera [2,28]. Hasta la fecha no se ha realizado ningún estudio relacionado a la estimación del secuestro de carbono en el suelo en estos tipos de vegetación. En la Figura 3, se muestra los diferentes valores promedio de las reservas de COS en las comunidades vegetales estudiadas. Existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en todas la comunidades vegetales.

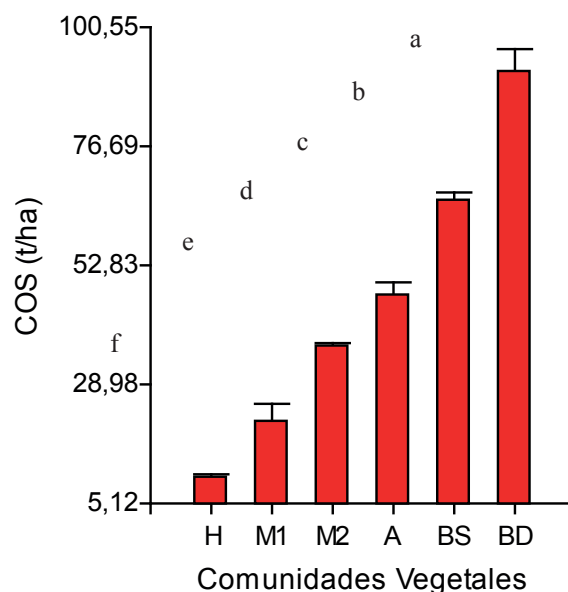


Figura 3. Reservas de carbono orgánico en el suelo superficial (0-25 cm) por tipo de vegetación. H: herbazal dominado por *Sporobolus virginicus* y *Egletes prostrata*; M1: matorral dominado por *P. juliflora* y *C. flavens*; M2: matorral dominado por *P. juliflora* y *S. griseus*; A: arbustal dominado por *C. erecta* y *C. coriaria*; BS: bosque seco dominado por *P. juliflora* y *A. arubensis*; BD: bosque decíduo dominado por *C. coronata* y *E. procera*. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

Los valores más bajos de CO fueron encontrados en los suelos bajo vegetación de herbazal (10,3 t ha⁻¹) seguido de los suelos con vegetación de matorral dominado por *P. juliflora-C. flavens*, con 21,9 t ha⁻¹; luego el matorral de *P. juliflora-S. griseus*, con 36,7 t ha⁻¹; los suelos con arbustal de *C. erecta-C. coriaria* tuvieron valores de 47 t ha⁻¹, y los valores más altos en los suelos con vegetación de bosque deciduo (91,9 t ha⁻¹). Algunas investigaciones realizadas en zonas áridas, reflejan el efecto del tipo de vegetación sobre las reservas del COS [34, 37], las cuales de manera general plantean que el nivel de C en el suelo puede ser controlado entre otros aspectos, por las dominancias de algunas especies dentro de las comunidades vegetales. Entre las variables relacionadas al tipo de vegetación y su influencia en la acumulación de carbono en el suelo, está la cantidad y calidad de la hojarasca que ingresa y la velocidad de descomposición de la misma, lo cual depende de las especies dominantes [7].

Del área total que cubre la Península de Paraguaná (2680 Km²), los herbazales cubren un 0,83%, las comunidades de matorral dominadas por *P. juliflora-C. flavens* un 44,5%, el matorral *P. juliflora-S. griseus* un 6,6%, los arbustales un 17,3% y la zona de bosque en el cerro Santa Ana apenas un 0,28% [23].

Hasta la fecha, no se dispone de información para establecer el balance anual de entradas y salidas de carbono en ecosistemas de zonas áridas en Venezuela, sin embargo, la información presentada en este trabajo establece relaciones entre algunos factores ambientales (edafoclimáticos y comunidades vegetales) que permitirían en un futuro cercano establecer la línea base para estudios sobre el papel de la Península de Paraguaná como sumidero de carbono y su potencial papel en la mitigación del cambio climático.

Áreas naturales protegidas y su papel en el secuestro de carbono en el suelo

Hoy en día se reconoce el papel de las áreas naturales protegidas en el secuestro y retención de carbono y, por ende, en la mitigación de los impactos del cambio climático [17]. Además, se plantea que el conocimiento del carbono acumulado en áreas protegidas juega un papel destacado en las estrategias para reducir las emanaciones de CO₂ causadas por la deforestación [8]; en este sentido las áreas protegidas con muy bajos impactos antrópicos cumplen una importante función a nivel local y regional, más aún en

regiones áridas [20]. Las reservas naturales al mantener su estructura y función poca o nada afectada por acción humana resultan en ambientes adecuados para obtener datos de referencia ante los procesos de desertificación y el cambio climático[29].

Consideraciones Finales

La altitud juega un papel importante en las reservas de carbono orgánico del suelo en la Península de Paraguaná. El aumento de la altitud se asocia con un incremento de las precipitaciones y temperaturas más bajas, lo que resulta en un incremento de las reservas de carbono orgánico del suelo. La vegetación también juega un papel importante en las reservas de carbono en el suelo, encontrándose los mayores valores de carbono orgánico en los suelos del Monumento Natural Cerro Santa Ana, donde existe vegetación boscosa. Sin embargo, es importante considerar que los principales ecosistemas presentes en la Península de Paraguaná corresponden a matorrales, cardonales y arbustales, por lo cual habría que hacer estudios más específicos para conocer el papel de estos ecosistemas en la captura de carbono y su impacto en la mitigación del cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen al FONACIT por el financiamiento recibido para desarrollar el Proyecto Estratégico de Investigación denominado “Delimitación de Áreas Vulnerables a la Desertificación en la Península de Paraguaná como Base para la Planificación de la Gestión Ambiental” código 2011000316.

Referencias

- [1] ABRIL, A; NOE, L; FILIPPINI, M (2014). Manejo de enmiendas para restaurar la materia orgánica del suelo en oasis de regadío de Mendoza, Argentina. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**. 40:1-9.
- [2] ATAROFF, M; GARCÍA Núñez, C (2013). Selvas y bosques nublados de Venezuela. En: E. Medina, O. Huber, J. Nassar y P. Navarro (Eds). **Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela**. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). (pp. 125-155). Caracas, Venezuela.

- [3] AVILÉS Hernández, V; VELÁSQUEZ Martínez, A; ANGELES Pérez, G; ETCHEVERS Barra, J; SANTOS Posadas, H; LLANDERAL, T (2009). Variación en almacenes de carbono en suelos de una toposecuencia. **Agrociencia** 43: 457-464.
- [4] BLAKE, G; HARTGE, K (1986). Bulk density. En: A. Klute (ed). **Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods**. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, (pp 363-375). Madison, Wisconsin, USA.
- [5] BOUYOUCOS, G (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. **Agron. J.** 54:464-465.
- [6] BREVIK, E (2013). Forty years of soil formation in a South Georgia, USA borrow pit. **Soil Horiz.** 54:20-29.
- [7] BUURMAN, P; AMEZQUITA, M; RAMÍREZ, H (2008). Factors affecting soil C stocks: a multivariate analysis approach. En: L. Mannelje, M. Amézquita, P. Buurmann, M. Ibrahim. (Eds). **Carbon sequestration in tropical grassland ecosystems**. (pp. 118-139). Wageningen, NL.
- [8] CAMPBELL, A; MYLES, L; LYSENKO, L; HUGHES, I; GIBBS, A (2008). **Carbon storage in protected areas**. Technical Report. UNEP-World Conservation Monitoring Centre. 134 pp.
- [9] CARVAJAL, A; FEIJOO, A; QUINTERO, H; RONDÓN, M (2009). Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. **J. Soil. Sci. Plant Nutr.** 9: 222-235.
- [10] CAVELIER, J; GOLDSTEIN, G (1989). Mist and fog interception in elfin cloud forest in Colombia and Venezuela. **J. Trop. Ecol.** 5:309-322.
- [11] CHARAN, G; BHARTI, V; JADHAV, S; KUMAR, S; ANGCHOK, D; ACHARYA, S; KUMAR, P; SRIVASTAVA, R (2012). Altitudinal variations in soil carbon storage and distribution patterns in cold desert high altitude microclimate of India. **Afr. J. Agric. Res.** 7:6313-6319.
- [12] DAAL, K (2013). Determinación de la distribución espacial de la agresividad climática de las lluvias en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Licenciada en Ciencias Ambientales, UNEFM, Coro, estado Falcón. 98 pp.
- [13] DU, B; KANG, H; PUMPANEN, J; ZHU, P; YIN, S; ZOU, Q; WANG, Z; KONG, F; LIU, Ch (2014). Soil organic carbon stock and chemical composition along an altitude gradient in the Lushan Mountain, subtropical China. **Ecol. Res.** 29:433-439.
- [14] FAO (2007). Secuestro de carbono en tierras áridas. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. Nº 102. 124 pp.
- [15] FONAIAP (1990). Manual de Laboratorio para análisis de suelo. FONAIAP, Maracay, Venezuela. 88 pp.
- [16] HIJMANS, R; CAMERO, S; PARRA, J; JONES, P; JARVIS, A (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **Int. J. Climatol.** 25:1965-1978.
- [17] HOFFMANN, D; OETTING, I; ARNILLAS, C; ULLOA, R (2012). Cambio climático y áreas protegidas en los Andes Tropicales. En: S. Herzog, R. Martínez, P. Jørgensen, y H. Tiessem (Eds). **Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales**. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI). pp. 369-386.
- [18] INFOSTAT (2002). Infostat versión 1.1 Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas. 336 pp.
- [19] LAL, R (2002). Soil carbon dynamics in crop land and rangeland. **Env. Poll.** 116: 353-362.
- [20] LAL, R (2002). Carbon sequestration in dryland ecosystems of west Asia and north Africa. **LandDeg. Dev.** 13: 45-59.
- [21] MARTELO, M (2003). La precipitación en Venezuela y su relación con el sistema climático. República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección General de Cuencas Hidrográficas. 72 pp.
- [22] MATTEUCCI, S; COLMA, A (1986). Caracterización climática del Estado Falcón. **Acta Cient. Venez.** 37:63-71.
- [23] MOGOLLÓN, J; RIVAS, W; MUÑOZ, B; MÁRQUEZ, E; MARTÍNEZ, A; LEMUS, L; COLMENARES, M; CAMPOS, Y; HERNÁNDEZ, S (2015). Informe Técnico Proyecto Estratégico Delimitación de áreas vulnerables a la desertificación en la Península de Paraguaná como base para la planificación de la gestión ambiental. Financiado por el FONACIT. Código de adscripción 2011000361. 185 pp.
- [24] MOGOLLÓN, J; MARTÍNEZ, A; RIVAS, W (2014). Degradación química de suelos agrícolas

- en la Península de Paraguaná, Venezuela. **Suelos Ecuatoriales**. 44:22-28.
- [25] MOGOLLÓN, J; MARTÍNEZ, A (2009). Variación de la actividad biológica del suelo en un transecto altitudinal de la Sierra de San Luis, estado Falcón. **Agron. Trop.** 59:469-479.
- [26] OCHOA, G; MALAGÓN, D; PEREYRA, J (1981). El contenido de materia orgánica, nitrógeno total y factores que los afectan en algunos suelos de Venezuela. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 21 pp.
- [27] PARRAS Alcántara, L; LOZANO GARCÍA, B; GALÁN Espejo, A (2015). Soil organic carbon along an altitudinal gradient in the Despeñaperros Natural Park, southern Spain. **Solid Earth**. 6:125-134.
- [28] POTEF (2004). Plan de Ordenación del territorio del estado Falcón. Gobernación del estado Falcón. Informe Técnico. 105 pp.
- [29] REYNOLDS, J; MAESTRE, F; HUBERSANNWALD, E; HERRICK, J; KEMP, P (2005). Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. **Ecosistemas**. 14: 3-21.
- [30] SÁNCHEZ, B; RUIZ, M; RÍOS, M (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. **Agron. Trop.** 55:507-534.
- [31] SCHARGEL, R (2011). Una reseña de la geografía física de Venezuela, con énfasis en los suelos. **BioLlanía**. 10:11-26.
- [32] SCHLESINGER, W (1991). **Biogeochemistry. An analysis of globalchange**. Academic Press Inc. San Diego, Cal. USA. 588 pp.
- [33] SCHIMEL, D; MELILLO, J; TIAN, H; MCGUIRE, A; KICKLIGHTER, D; KITTEL, T; ROSENBLOOM, N; RUNNING, S; THORNTON, P; OJIMA, D; PARTON, W; KELLY, R; SYKES, M; NEILSON, R; RIZZO, B (2000). Contribution of increasing CO₂ and climate to carbon storage by ecosystems in the United States. **Science**. 287: 2004-2006.
- [34] SCHIMEL, D; BRASWELL, B; HOLLAND, E; MCKEOWN, R; OJIMA, D; PAINTER, T; PARTON, W; TOWNSEND, A (1994). Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. **Glob. Biogeochem. Cycles**. 8: 279-293.
- [35] STEVENSON, F (1994). **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions**. 2nd Edition. Wiley-Interscience. New York, USA. 512 pp.
- [36] WALKLEY, A; BLACK, I (1934). An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromi acid titration method. **Soil Sci**. 37:29.
- [37] YANG, R; SU, Y; WANG, M; WANG, T; YANG, X; FAN, G; WU, T (2014). Spatial pattern of soil organic carbon in desert grasslands of the diluvial-alluvial plains of northern Qilian Mountains. **J AridLand**. 6: 136-144.
- [38] ZAMORA, F; MOGOLLÓN, J; RODRÍGUEZ, N (2005). Cambios en la Biomasa Microbiana y la Actividad Enzimática Inducidos por la Rotación de Cultivos en un Suelo Bajo Producción de Hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. **Multiciencias**. 5:62-70.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Multiciencias

Vol 15, N° 3

Edición por el Fondo Editorial Serbiluz.

Publicada en septiembre de 2015.

Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela

www.luz.edu.ve

www.serbi.luz.edu.ve

produccioncientifica.luz.edu.ve