



Vol 16. N° 1
Enero - Marzo 2016

ISSN: 1317-2255 (IMPRESO)
Depósito Legal: pp 20002FA828
ISSN: 2477-9636 (ELECTRÓNICO)
Dep. legal ppi 201502ZU4642

Multiciencias

R M C_s

N_F LUZ

Universidad del Zulia
Revista Arbitrada Multidisciplinaria



LUZ Punto Fijo

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

MULTICIENCIAS, Vol.16, Nº 1, 2016 (14-21)
ISSN: 1317-2255 (IMPRESO) / Dep. Legal pp 20002FA828
ISSN: 2477-9636 (DIGITAL) Dep. Legal ppi 201502ZU4642

Fraccionamiento químico de la materia orgánica en suelos de bosque y sabana

María M. Ríos C.¹, Magaly Ruíz Dager², Jonirys Carrero A.¹, María R. Tovar²

¹Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico "Rafael Alberto Escobar Lara". Maracay, Núcleo de Investigación Ambiental con Fines Educativos (NIAFE).

²Universidad Rómulo Gallegos, Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas (CIESA). Vía El Castrero, San Juan de los Morros, Guárico. Venezuela.

mariamagdarios@gmail.com; mariamagdarios@gmail.com; magaruizdager@gmail.com

Resumen

Los suelos del Parque Nacional Henri Pittier, muestran una degradación progresiva por causa de las actividades antrópicas. Se caracterizó la materia orgánica en suelos de sabana de montaña y bosque de galería, ubicados en el Área Recreacional Las Cocuizas, para estimar su composición y estabilidad. El carbono orgánico se determinó por combustión húmeda. Se realizó el fraccionamiento químico de la materia orgánica mediante la separación secuencial de las sustancias húmicas de acuerdo a su solubilidad en medio ácido y alcalino, lo que permitió cuantificar el carbono orgánico total (COT), carbono en el extracto alcalino (Cextr), en ácidos húmicos (CAH) y fúlvicos (CAF) y en sustancias no húmicas (CNH). Los valores promedio de COT fueron 10,8 g.kg⁻¹ en la sabana y 22,2 g.kg⁻¹ en el bosque. El cociente Cextr/COT resultó significativamente mayor en el bosque y por ende la fracción huminas/COT fue más alta en la sabana. En ambos suelos, el CAH predominó sobre la fracción lábil (CAF + CNH), pero su contenido resultó proporcionalmente mayor en el suelo de bosque. De acuerdo a los resultados, las fracciones que comprenden las sustancias húmicas implicadas en los procesos de agregación y de intercambio iónico, son significativamente menores en el suelo de sabana.

Palabras clave: sustancias húmicas, fraccionamiento de materia orgánica, bosque de galería, sabana, suelos intervenidos.

Chemical Fractionation of Organic Matter in Soils of Forest and Savanna

Abstract

The soils of the Henri Pittier National Park (Venezuela), show a progressive degradation due to human activities. Organic matter in soils of savanna and gallery forest located in the Area Recreacional Las Cocuizas, was characterized in order to estimate its composition and stability. The organic carbon was determined by humid combustion. Chemical fractionation of organic matter was carried out on the basis of the difference of solubility of the substances in acid and alkaline solution. The total organic carbon (TOC), carbon in the alkaline extract (Cextr), in humic acids (CHA), fulvic acid (CFA), and non-humic substances (CNH) were quantified. Average TOC values were 10.8 g.kg⁻¹ in savannah and 22.2 g.kg⁻¹ in the forest. The ratio Cextr/COT was significantly greater in the forest and hence the higher huminas/COT fraction was observed in the Savannah. In both soils, the CHA predominated over the labile fraction (CFA + CNH), but its content was proportionately greater in the forest soil. According to the results, the fractions that include humic substances involved in the processes of aggregation and ion exchange, are significantly lower in the soil of the savanna.

Key words: humic substances, fractionation of organic matter, forest Gallery, Savannah, degraded soils.

Introducción

La destrucción de los bosques por el fuego anual tiene carácter nacional, al respecto, se ha estimado que entre 1950 y 2005 más de 10 millones de hectáreas de bosques han sido totalmente destruidos y sustituidos mayormente por vegetación propia de la sabana [9].

La deforestación de las áreas boscosas, mediante la tala y la quema ha traído como consecuencia la destrucción masiva de la diversidad biológica, la erosión de los suelos y el deterioro de las cuencas y los recursos hídricos [9, 13]. Resultados obtenidos de investigaciones previas [13], muestran que en las sabanas sometidas a quemaduras anuales, la combustión de la materia orgánica, la dispersión de cenizas y la volatilización de los nutrientes de ciclo gaseoso, merman significativamente los ingresos efectivos de materia orgánica y elementos al suelo. La reiteración del proceso conduce a la exportación de nutrientes de las sabanas, a menos que dichas pérdidas sean compensadas por los aportes de la precipitación, la fijación atmosférica o deposición de material alóctono. Asimismo, se ha encontrado que la transición bosque-sabana al afectar el contenido de materia orgánica, impacta la actividad microbiológica y enzimática del suelo y en consecuencia, el ciclaje de nutrientes para las plantas [22].

La Cuenca del río Maracay, es afectada anualmente por incendios de vegetación [8], situación que se

da principalmente en las áreas bajo vegetación de sabana, mientras que aquellas que se encuentran bajo bosque de galería, son alcanzadas por el fuego sólo ocasionalmente, aun cuando, ambos biomas pueden ocupar una posición topográfica similar.

Los bosques de galería en esta área se desarrollan a lo largo de los ríos que bajan de las montañas y desembocan en el lago de Valencia [8]. Están presentes entre los 400 y 750 metros sobre el nivel del mar. (m.s.n.m). En éste bosque el componente arbóreo representa el estrato más importante, formado principalmente por ejemplares altos (30-40 m), de densidad variable y diámetros sobre los 80 cm DAP. Entre las especies más comunes se encuentran: *Pithecolobium saman* (samán), *Hura crepitans* (jabillo), *Ceiba pentandra* (ceiba), *Anacardium rhinocarpus* (mijao), *Pachira insignis* (castaño), *Guazuma ulmifolia* (guásimo), *Enterolobium cyclocarpum* (carocar), *Espondias lutea* (jobo), *Esterculia apétala* (camoruco), *Triplais caracasana* (Palo María). Además de éste estrato arbóreo, aparecen otros menos abundantes, representados por arbustos, hierbas y trepadoras.

Por otra parte, las sabanas de montaña representan extensas áreas cubiertas por una vegetación secundaria, principalmente gramíneas, que cubren las faldas montañosas. Estas áreas de sabana pueden alcanzar hasta unos 1000 m.s.n.m. aproximadamente. Ellas se generaron como consecuencia de la intervención del bosque montano deciduo, que constituía la unidad ambiental

original, caracterizada por especies arbóreas cuyo follaje se pierde en la época seca [8]. La quema anual, junto a la tala y la construcción de infraestructura civil, han inducido en los últimos años un proceso acelerado de sabanización. Entre las especies vegetales más destacadas en la sabana de montaña pueden mencionarse: *Byrsonima crassifolia* (chaparro manteco), *Curatella americana* (Chaparro), *Byrsonima coccolobaefolia* (chaparro), *Cochlospermum Vitifolium* (bototo o carnestolenda), *Palicourea rigida* (carne asada), *Hoyedeo verbesinoides* (tara amarilla), entre otras [15].

La materia orgánica del suelo, por influir de manera notable sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas de este medio, ha sido considerada como el indicador más importante de la calidad del suelo [14] y cuando la erosión no excede la tasa de formación del suelo, las propiedades biológicas se consideran los principales factores que regulan la calidad del medio edáfico [7].

El propósito del presente trabajo fue caracterizar la materia orgánica en suelos de sabana y de bosque de galería, ambos ubicados en el Área Recreacional Las Cocuizas, a fin de estimar su composición y estabilidad.

Metodología

Área de estudio

Los suelos seleccionados para este estudio están localizados en la Cuenca del Río Maracay, delimitada por la Fila de Güey al noroeste, la Fila de Choróni al norte, la Fila Cola de Caballo al sureste y el lago de Valencia al sur. Se encuentra ubicada geográficamente en el tramo Central del Ramal del Litoral de la Cordillera de la Costa, al noreste del Municipio Girardot del Estado Aragua (Venezuela). Su posición astronómica es aproximadamente: al norte 10° 22' y al sur 10° 12' de latitud norte; este 67° 31' y oeste 67° 37' de longitud oeste. El régimen climático varía de subhúmedo hasta

semiárido en las laderas bajas del sotavento, con exposición general hacia el sur, ubicado en posición de piedemonte. Según la clasificación climática de Holdridge la zona corresponde a un Bosque muy seco Tropical a Bosque seco Tropical y Premontano.

La cuenca del río Maracay posee variaciones importantes de relieve, desde las montañas de más de 2000 metros de altura, hasta la llanura aluvial y lacustrina ligeramente por encima de los 400 m.s.n.m. La zona estudiada se ubica en la ladera sur del Parque Nacional Henri Pittier, en la cual se encuentra el Área Recreacional Las Cocuizas, a una altitud aproximada de 700 m.s.n.m. [8].

En el área seleccionada se aprecian dos biomas fácilmente diferenciables. Uno de ellos es el bosque de galería, que ocupa las riberas de los ríos, caños y los valles con relleno aluvial [15]. El otro bioma es el de sabana de montaña, localizado en las laderas más inclinadas, que al ser sometido a incendios anuales, ha quedado desprotegido de cobertura vegetal, lo que ha dado paso a un proceso de erosión acelerada, presentando suelos de poco espesor y escasa retención de humedad, por lo que sólo puede sobrevivir la vegetación propia de la sabana.

Muestreo de suelos

En la zona estudiada se escogió un área bajo bosque de galería y otra bajo vegetación de sabana. En ambas se seleccionaron tres subparcelas de 3 por 3 metros. En cada subparcela se tomaron diez submuestras de 0 a 10 cm de profundidad, las cuales se mezclaron para conformar una muestra compuesta, resultando así un total de tres muestras compuestas por cada bioma.

El suelo se secó al aire, se trituró para eliminar los terrones presentes, luego se pasó por un tamiz de 2 mm para realizarle los análisis físicos y químicos de rutina. (Tabla 1) [4].

Tabla 1. Análisis granulométrico, conductividad eléctrica y pH en los suelos estudiados

Bioma	%Arcilla	%Arena	% Limo	Textura	pH (1:2,5)	Conductividad Eléctrica (1:5) dS m ⁻¹
Bosque de Galería	11,32 a	70,96 a	17,72 a	Franco arenosa	5,55 b	0,633 a
Sabana	11,32 a	68,96 a	19,72 a	Franco arenosa	6,33 a	0,116 b

En cada columna, medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes a un nivel de significación del 5%, según la prueba de medias de Tukey. (Fuente: [4]).

Análisis químicos realizados

El carbono orgánico total (COT) se evaluó por el método de combustión húmeda basado en la oxidación del carbono orgánico por una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado y la posterior determinación de los iones Cr^{+3} generados en la reacción, por espectrofotometría UV-visible [12].

Se realizó el fraccionamiento químico de la materia orgánica mediante la separación secuencial de las sustancias húmicas de acuerdo a su solubilidad en medio ácido y alcalino, lo que permitió cuantificar el carbono orgánico total (COT), carbono en el extracto alcalino (Cextr), carbono en ácidos húmicos (CAH) y en ácidos fúlvicos y sustancias no húmicas (CAF + CNH) [5].

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa STATISTIX for Windows versión 8.0 [23]. Se realizaron análisis de varianza y prueba de medias de Tukey para las variables que tenían distribución normal y análisis de varianza por Kruskal-Wallis en las variables que no poseían esta característica.

Resultados y Discusión

Carbono orgánico total (COT)

Los valores encontrados para el carbono orgánico total (COT) variaron entre $10,8 \text{ g.kg}^{-1}$ en la sabana y $22,2 \text{ g.kg}^{-1}$ en el bosque de galería (Figura 1). En trabajos de investigación realizados anteriormente en esta cuenca, se han encontrado contenidos de COT comprendidos entre $8,8 \text{ g.kg}^{-1}$ y $25,2 \text{ g.kg}^{-1}$ para diferentes biomas [21] y entre $3,1 \text{ g.kg}^{-1}$ y $28,8 \text{ g.kg}^{-1}$ a lo largo de una toposecuencia [19].

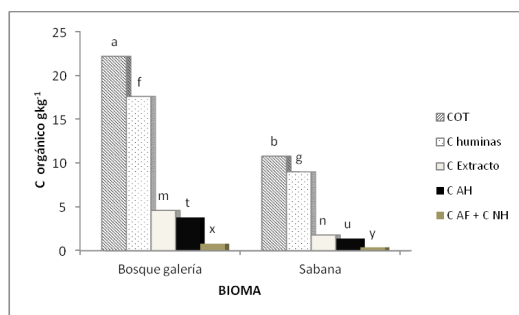


Figura 1. Distribución del carbono orgánico en los suelos estudiados. Un cambio de letra sobre una barra entre biomas, para una misma fracción de carbono orgánico, indica diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). COT = carbono orgánico total; C huminas = carbono orgánico asociado a las huminas; C Extracto = carbono orgánico extraído con una solución alcalina; CAH = carbono orgánico asociado a los ácidos húmicos; CAF+CNH = carbono orgánico asociado a los ácidos fúlvicos y a los compuestos no húmicos. **Fuente:** autores (2015).

Existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los contenidos de COT en las dos áreas bajo estudio. Puede observarse que el contenido de COT en el bosque de galería duplica el correspondiente al suelo de sabana. El mayor valor encontrado para el bosque de galería, probablemente se debe al volumen comparativamente más alto de residuos orgánicos que ingresa al suelo en ese bioma, en relación con el de sabana, dada la existencia de una vegetación más abundante en el bosque de galería, que no ha sido afectada por los incendios anuales. En la sabana la vegetación es rala, debido a las condiciones adversas presentes en esos suelos, aceleradas por los incendios anuales, que generan un empobrecimiento general del suelo, producto de los procesos erosivos que allí se desencadenan y que en consecuencia se traduce en suelos de menor espesor, bajo contenido de nutrientes, baja capacidad de retención de humedad, lixiviación pronunciada de las bases cambiables, aunado a una limitada capacidad de soporte mecánico de las especies vegetales. Esta situación condiciona la diversidad vegetal presente en la sabana que se caracteriza por ser más pobre que en el bosque de galería.

Diversas investigaciones han demostrado la reducción considerable del contenido de COT en los suelos tras la quema de la vegetación, como consecuencia de la disminución apreciable de residuos generados por la parte aérea de las plantas, así como los cambios en la temperatura, el régimen de humedad y los procesos biológicos, que afectan la descomposición de la materia orgánica [1]. Por ejemplo, en México, en diferentes investigaciones se detectaron pérdidas de materia orgánica del orden de 20% en suelos de zonas forestales sometidas a incendios de intensidad moderada [2], alteración de la distribución del carbono orgánico asociado a los agregados estables al agua [11] y pérdidas de carbono orgánico total comprendidas entre 28 y 90 Mg C.ha^{-1} , dependiendo del tipo de cobertura vegetal del área [18].

En suelos de Galicia se han señalado pérdidas de COT de 44%, así como una disminución en la estabilidad de los agregados en incendios de gran intensidad y se demostró que las pérdidas de carbono orgánico dependen de la temperatura alcanzada por el suelo durante el incendio [25].

Resultados similares se observaron en suelos de bosques del Mediterráneo bajo condiciones semiáridas [1, 27]. También se han indicado pérdidas estadísticamente significativas de COT en suelos de bosque localizados en Nevada-USA [16].

Carbono orgánico en el extracto alcalino (Cextr).

En el extracto alcalino están contenidos los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos y parte de las sustancias no húmicas (polisacáridos, aminoácidos, ami-

noazúcares). De estos compuestos, procedentes del fraccionamiento químico, los ácidos húmicos constituyen la fracción estable y los ácidos fúlvicos y las sustancias no húmicas en conjunto, comprenden la fracción lábil. Se considera como fracción lábil el compartimiento teórico más dinámico de la materia orgánica del suelo, que puede incluir fracciones separadas física, química y/o bioquímicamente [10].

Los ácidos húmicos y fúlvicos promueven la formación de agregados estables en el suelo, contribuyendo de este modo a mejorar la estructura de este medio [24, 26]. En los suelos estudiados, el Cextr varió entre 1,8 g.kg⁻¹ en la sabana y 4,6 g.kg⁻¹ en el bosque de galería (Figura 1). El análisis de varianza revela diferencias significativas ($p < 0,05$) en las dos zonas. Los valores del cociente Cextr*100/COT se ubican entre 16,7 y 20,7% (Figura 2).

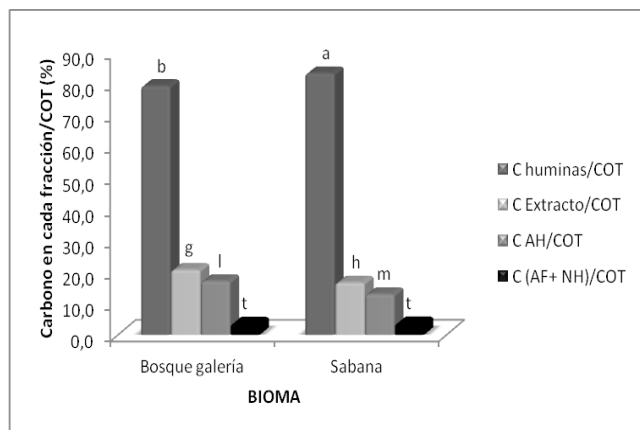


Figura 2. Cantidades relativas de carbono en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos más compuestos no húmicos, calculados como porcentajes del carbono orgánico total. Un cambio de letra sobre una barra entre biomas, para una misma fracción de carbono orgánico, indica diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). COT = carbono orgánico total; C huminas = carbono orgánico asociado a las huminas; C Extracto = carbono orgánico extraído con una solución alcalina; CAH = carbono orgánico asociado a los ácidos húmicos; CAF+CNH = carbono orgánico asociado a los ácidos fúlvicos y a los compuestos no húmicos. **Fuente:** autores (2015).

La fracción Cextr*100/COT resultó significativamente menor ($p < 0,05$) en la sabana, lo que indica que en ese bioma, una menor proporción del carbono total del suelo se encuentra humificada en comparación con el bosque.

El cociente Cextr*100/COT representa la proporción del carbono orgánico total que puede estar implicada en los procesos de mineralización [17]. Los resultados obtenidos concuerdan con los encontrados en otras investigaciones realizadas en la cuenca del río Maracay, en suelos ubicados a la misma altitud [21] en los que se registró un valor cercano al 20% para el cociente Cextr*100/COT.

En suelos lacustrinos de la cuenca del lago de Valencia (en la cual se localiza la cuenca del río Maracay como subcuenca de la misma) se han observado valores similares al del cociente Cextr*100/COT, comprendidos entre 22,5 y 26%, mientras que en suelos aluviales se ha indicado un rango un poco más alto, entre 24 y 35% [20].

Carbono orgánico en las huminas.

Las huminas también son parte de la fracción más estable de la materia orgánica del suelo. Constituyen la fracción más resistente al ataque microbiano y es menos activa que los ácidos húmicos, porque ha perdido parte de los grupos reactivos (carboxilos y fenoles) responsables del fenómeno de intercambio iónico e implicados en el proceso de formación de agregados estables [6]. Esta fracción comprende los compuestos más estables, con mayor proporción de estructuras aromáticas, elevado grado de polimerización y suele combinarse en gran medida con las arcillas [6]. El porcentaje de carbono asociado a las huminas, que es 100-(Cextr*100/COT), muestra un valor cercano al 80% del COT en ambos biomas (Figura 2). En estudios previos, en suelos de la misma zona, se han hallado datos similares con respecto a la relación C-huminas/COT [21], al igual que en algunos suelos de la Cuenca del Lago de Valencia (localizados en Santa Cruz, Palo Negro y Guacara) [20]. Puede apreciarse que el cociente C-huminas/COT es significativamente mayor ($p < 0,05$) en el suelo de sabana, lo que revela la existencia de una mayor proporción de carbono asociado a las huminas en ese bioma (Figura 2).

En los suelos afectados por incendios de vegetación suele observarse un gran aumento de las huminas, que resulta la fracción predominante, en detrimento de las demás fracciones humificadas, los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos. De ello se deduce que el fuego disminuye la fracción de la materia orgánica más fácilmente degradable por los microorganismos y deja las más resistentes al ataque microbiano [3]. Esto incidirá sobre la tasa de mineralización de la materia orgánica y la liberación de nutrientes, que serán más lentas; a lo que se suma el efecto negativo sobre la recuperación de los suelos quemados y la regeneración de las plantas, provocado por la reducción de sustancias lábiles, por ser esos compuestos fuente de energía para los microorganismos [3].

Carbono en ácidos húmicos (CAH).

Los ácidos húmicos se incluyen dentro de la fracción más estable de la materia orgánica. Es la fracción que presenta mayor capacidad de intercambio iónico [6] y juegan un papel importante en la formación de agregados estables al actuar como agentes enlazantes de las partículas.

Los valores correspondientes al carbono asociado a los ácidos húmicos (CAH) variaron entre 1,4 g.kg⁻¹

en la sabana y $3,8 \text{ g.kg}^{-1}$ en el bosque de galería (Figura 1) y se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los mismos. La proporción de carbono en ácido húmico respecto al carbono orgánico total (CAH/COT) fue significativamente diferente ($p < 0,05$) en los dos biomas, en el bosque el CAH comprende el 17% del COT, mientras que en la sabana representa el 13%. En la Tabla 2 se muestra la relación entre el contenido de car-

bono de los ácidos húmicos y el carbono presente en el extracto alcalino, expresado en términos de porcentaje. Igualmente se presenta la relación entre el carbono de la fracción lábil (ácidos fúlvicos y compuestos no húmicos) con respecto al carbono extraído.

En las Figuras 1 y 2 y en la Tabla 2, se aprecia que la mayor proporción del carbono extraído con álcali se encuentra asociado a los ácidos húmicos.

Tabla 2. Fracciones de carbono orgánico expresadas como porcentaje del carbono en el extracto alcalino en los suelos estudiados.

Carbono en el extracto (%)	BIOMAS	
	Sabana arbolada	Bosque galería
CAH/Cextr	59,3 b	77,1 a
(CAF+CNH)/Cextr	38,5 a	20,8 b

En cada fila, medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes a un nivel de significación del 5%, según la prueba de medias de Tukey. Cextr = carbono orgánico extraído con una solución alcalina; CAH = carbono orgánico asociado a los ácidos húmicos; CAF+CNH = carbono orgánico asociado a los ácidos fúlvicos y a los compuestos no húmicos. Fuente: autores (2015).

En suelos bajo bosque de galería localizados en la misma zona se han reportado datos similares para este cociente [21].

Carbono en ácidos fúlvicos y en compuestos no húmicos (CAF+CNH).

Los ácidos fúlvicos son los componentes de menor peso molecular y mayor solubilidad, poseen en general una proporción más alta de cadenas alifáticas que los ácidos húmicos y las huminas. Esas características los hacen más susceptibles de pérdida por lavado y difusión en el perfil. Los ácidos fúlvicos y las sustancias no húmicas en conjunto son parte de fracción lábil de la materia orgánica.

El contenido de carbono asociado a los ácidos fúlvicos y a los compuestos no húmicos (CAF+CNH) arrojó valores comprendidos entre $0,4 \text{ g.kg}^{-1}$ en la sabana y $0,8 \text{ g.kg}^{-1}$ en el bosque de galería (Figura 1), siendo los mismos estadísticamente diferentes ($p < 0,05$). Al analizar la proporción de esta fracción en el extracto alcalino se aprecia que la misma varía entre 20,8 % y 38,5 %, resultando menor que la fracción correspondiente al carbono unido a los ácidos húmicos y significativamente mayor en la sabana (Tabla 2). En cuanto al cociente $(CAF + NH) * 100 / COT$, se observan valores entre 3,65% y 3,7% (Figura 2), lo que refleja que el carbono asociado a los ácidos fúlvicos y compuestos no húmicos representa una fracción muy pequeña en estos suelos. No se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre biomas referentes a esta relación.

Consideraciones Finales

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al contenido y composición de la materia orgánica entre los suelos bajo bosque de galería y sabana. El carbono orgánico total en el suelo del bosque de galería duplica al observado en el suelo de sabana. En ambos casos, la mayor proporción del carbono orgánico se encontró asociado a las huminas. Los ácidos húmicos constituyeron la fracción predominante en el carbono extraído con álcali. Los contenidos de las distintas fracciones húmicas respecto al carbono orgánico total y al carbono en el extracto alcalino, resultaron significativamente menores en la sabana, lo que indica que la fracción del carbono total que se encuentra humificada es más reducida en esa área.

La consecuencia más relevante que han tenido los incendios de vegetación en la zona de sabana ha sido el aumento en la proporción de las huminas, que representan la fracción de más difícil degradación de la materia orgánica, lo cual afecta el ciclaje de nutrientes en ese ecosistema, al disminuir la fracción lábil que suministra mayor cantidad de carbono y energía a los microorganismos, lo que a su vez también influye en la recuperación de las propiedades de los suelos y la cobertura vegetal.

Al ser las sustancias húmicas uno de los principales agentes cementantes de los microagregados, que contribuyen a la formación y la estabilización de la estructura, se infiere, que la disminución de la materia orgánica humificada en los suelos de sabana de esta zona, los hacen más susceptible a la erosión y a la degradación. Esta situación se ve agravada en el área de estudio por encontrarse en una zona de piedemonte, donde las laderas presentan pendientes importantes que facilitan el transporte de los materiales geológicos.

Referencias Bibliográficas

- [1] BODÍ, M. B; CERDÀ, A; MATAIX Solera, J; DOE-RR, S. H (2012). Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, 58:33-55.
- [2] CAPULÍN Grande, J; MOHEDANO C, L; RAZO Zarate, R (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. **Terra Latinoamericana**, 28 (1): 79-87.
- [3] CARBALLAS, M.T (2003). Los incendios forestales en Galicia. En: **Reflexiones sobre el medio ambiente en Galicia**. J.J. Casares Long (Comp. Edición en castellano) Editorial: Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, España. 363-415.
- [4] CARRERO, J; RUIZ, M; RÍOS, M (2007). Propiedades físicoquímicas y bioquímicas de suelos intervenidos bajo bosque de galería y sabana en la ladera sur del parque nacional Henri Pittier. **Acta Cient. Ven.** 58 (3-4): 84-91.
- [5] CIAVATTA, C; GOVI, M; VITTORI Antisari, L; SEQUI, P (1990). Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. **J. Chromatogr.** 509: 141-146.
- [6] CONTI, M. E; GIUFFRÈ, L (2011). **Edafología, Bases y Aplicaciones Ambientales**. Universidad de Buenos Aires: CABA. p. 623.
- [7] ELLIOT, L; LYNCH, J; PAPENDICK, R (1996). The microbial component of soil quality. En: **Soil Biochemistry**. Vol 9. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, pp 1-21.
- [8] FERNÁNDEZ Badillo, A; ULLOA, G (1990). Fauna del Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela: composición y diversidad de la mastofauna. **Acta Cient. Ven.**, 41:50-63.
- [9] FRANCO, W (2006). Lineamientos generales para la promoción alternativa de desarrollo agrícola sostenible en áreas de alta vulnerabilidad social y ecológica. Simposio-Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA. Memorias. 19 y 20 Julio 2006. Maracay, Aragua. pp. 112-125.
- [10] GALANTINI, J.A; SUÑER, L (2008). Soil organic matter fractions: analysis of Argentine soils. **Agriscientia**, 25 (1): 41-55.
- [11] GARCÍA Oliva, F; SANFORD, R; NELLY, E (1999). Effect of burning of tropical deciduous forest soil in Mexico on the microbial degradation of organic matter. **Plant and Soil**. 206 (1): 29-36.
- [12] GILABERT DE Brito, J; ARRIECHE Luna, IE; LEÓN Rodríguez, M; LÓPEZ DE Rojas, I (comp.). (2015). **Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia**. Maracay, VE, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 215 p.
- [13] HERNÁNDEZ Valencia, I.; LÓPEZ Hernández, D (2002). Pérdida de nutrientes por la quema de la vegetación en una sabana de Trachypogon. **Rev. Biol. Trop.** 50:3-4.
- [14] LARSON, W; PIERCE, F (1991). Conservation and enhancement of soil quality. En: **Evaluation for sustainable land management in the developing world**. Vol 2: Technical Papers. Bangkok. Thailand. Internacional Borrad for soil research and management (IBSRAM) proceedings N° 12, pp.175-203.
- [15] MONTALDO, P (1966). Principios ecológicos en la determinación de unidades básicas y su aplicación para el estado Aragua, Venezuela. **Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Alcance** N° 10. FAGRO- UCV, Maracay, pp. 31-64.
- [16] MURPHY, J; JOHNSON, D; MILLER, W; WALKER, R; CARROLL, E; BLANK, R (2006). Wildfire effects on soil nutrients and leaching in a Tahoe basin watershed. **J Environ Qual**, 35:479-489.
- [17] PASCUAL, J. A (1996). Efectividad de los residuos orgánicos en la mejora de la calidad de suelos áridos: aspectos biológicos y bioquímicos. Tesis Doctoral. Murcia (España). Universidad de Murcia. 428 p.
- [18] PÉREZ Ramírez, S; RAMÍREZ, M. I; JARAMILLO López, P. F; BAUTISTA, F (2013). Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: reserva de la biosfera mariposa monarca, México. **Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, 19 (1):157-173.
- [19] RÍOS, M; RUÍZ, M; MADURO, R; GARCÍA, H (2010). Estudio exploratorio de las propiedades físicas de suelos y su relación con deslizamientos superficiales: cuenca del río Maracay, estado Aragua-Venezuela. **Rev. Geogr. Venez.**, 51(2): 225-247.
- [20] RUIZ, M; PAOLINI, J (2005). Parámetros de Humificación en suelos cultivados bajo riego. **Agrochimica**, 49 (1-2): 79-86.
- [21] SÁNCHEZ, B; RUÍZ, 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(4): 404-534.
- [22] SINGH, J. S; SINGH, D. P; KASHYAP, A. K (2010). Microbial Biomass, N and P in Disturbed Dry Tropical Forest Soils, India. **Pedosphere** 20 (6): 780-788
- [23] STATISTIX for Windows version 8.0. (2003). User's Manual. Analytical Software. Tallahassee, FL, USA, 333 p.
- [24] SWIFT, RS (1991). Effects of humic substances and polysaccharides on soil aggregation. En: **Advances in Soil organic matter research: The impact on agriculture and the environment** (Wilson, W. S., editor). The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Cambridge. 206 p.
- [25] VARELA, M.E; RODRÍGUEZ Alleres, M; BENITO, E (2007). Impacto del fuego en la degradación física de dos suelos forestales en Galicia. **CAD. LAB. XEOL.LAXE**, 32:103-110.

- [26] WATERS, A.G; OADES, J .M (1991). Organic matter in water-stable aggregates. En: **Advances in Soil organic matter research: The impact on agriculture and the environment** (Wilson, W. S., editor). The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Cambridge. 206 p.
- [27] ZAVALA, L.M; DE Celis, R; Jordán, A (2014). How wild-fires affect soil properties. A brief review. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, 40 (2): 311-331.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Multiciencias

Vol 16, N° 1

Edición por el Fondo Editorial Serbiluz.

Publicada en marzo de 2016.

Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela

www.luz.edu.ve

www.serbi.luz.edu.ve

produccioncientifica.luz.edu.ve