

EFICIENCIA DEL APORTE DIRECTO DE HOJARASCA EN EL INCREMENTO DE CARBONO ORGÁNICO (CO) EN SUELOS URBANOS

Efficiency of the direct contribution of hojarasca in the increment of organic carbon in urban soils.

Sandra Marcela Castañeda Rodríguez¹, Daniela Arias Giraldo², Sandra Milena Zambrano Cantillo³

Resumen

Introducción: La preocupación en cuanto al efecto invernadero y sus consecuencias sobre la calidad de vida de los seres vivos, ha generado esfuerzos para implementar estrategias tendientes a mitigar los impactos de la actividad antrópica sobre el ambiente, siendo unas de estas, el manejo adecuado de residuos y las prácticas de conservación de suelos. **Objetivo General:** Incrementar el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) en suelos urbanos, a partir del aprovechamiento in situ de residuos forestales. **Materiales y Metodos:** Malla en polietileno de alta densidad, tela verde aditivada, plántulas de especies ornamentales, termómetro, herramientas de jardinería, materiales para estimación de materia orgánica, pH, textura y humedad del suelo, en laboratorio. Se diseñaron dispositivos para el almacenamiento de hojarasca, se seleccionaron al azar 10 individuos de *Terminalia catappa*, en los cuales se instalaron dispositivos, se tomó una muestra para determinar contenido inicial de Carbono Orgánico (CO) en el suelo, se realizó el aporte de hojarasca un día a la semana durante 4 meses, se estimó el contenido final de Carbono Orgánico (CO) en el suelo. **Resultados.** Se realizó el aprovechamiento de 4,5 m³ de hojarasca, estimando que el incremento del porcentaje Carbono Orgánico (CO) en el suelo fue de 0,5%. Se mejoró el entorno paisajístico. **Conclusiones.** El aprovechamiento in situ de residuos forestales, en la elaboración de compostaje, favorece el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) y en el proceso se genera poca o ninguna cantidad de CH₄, por lo que se puede considerar como una estrategia para la mitigación en la generación de gases de efecto invernadero.

Palabras claves: Efecto invernadero, Carbono, tratamiento de residuos, conservación del suelo.

© 2018 Castañeda *et al.* Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

1* Ingeniera Forestal, Magister en Ecología Tropical. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA-, Regional Bolívar. Centro Agroempresarial y Minero. Programa: Tecnólogo en Control Ambiental. Dirección: Ternera, Km 1 vía Turbaco. Código Postal: 131001. Autor de Correspondencia: scastanedar@sena.edu.co.

2 Aprendiz Programa: Tecnólogo en Control Ambiental. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA-, Regional Bolívar. Centro Agroempresarial y Minero. Dirección: Ternera, Km 1 vía Turbaco. Código Postal: 131001. Correo electrónico: darias47@misena.edu.co.

3 Aprendiz Programa: Tecnólogo en Control Ambiental. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA-, Regional Bolívar. Centro Agroempresarial y Minero. Dirección: Ternera, Km 1 vía Turbaco. Código Postal: 131001. Correo electrónico: smzambrano5@misena.edu.co.

Abstract

Introduction. The main priority regarding greenhouse effect and its consequences about the quality life of the living being, it has generated efforts to implement strategies aimed at allay the impact of anthropic activities on the environment being one of these the suitable use of residue and the conservation's soil practice. **Objective.** Increase the storage of organic carbon on urban land, based on use and exploitation in situ of waste forest. **Materials and Methods.** Mesh in high density polyethylene, green fabric additive, ornamental species seedling, thermometer, gardening tools, material to estimation organic substance, pH, texture and humidity of soil, in laboratory. Device were designed to storage leaf litter, ten individuals were chosen at random of *Terminalia catappa* in which were put mechanism, was took a sample to determinate the first content of Organic Carbon in the soil, was done the deposition of leave litter one day per week during four months, was estimate the final content of Organic Carbon in the soil. **Result.** Was carried out the exploitation of 4,5 m³ of leaf litter, estimating the growth of Organic Carbon in the earth was of 0.5%. It got better the landscape habitat. **Conclusion.** The exploitation *in situ* of forestry residues, as a composting process, boost the storage of Organic Carbon and in this process is generated fairly or none amount of methane (CH₄), from what it is an important aspect to consider as a strategy in order to allay greenhouse gas generation.

Key words: *greenhouse effect, Carbon, waste treatment, soil conservation.*

© 2018 Castañeda *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 25 de Agosto, 2018 - Aceptado para publicación: 14 de Diciembre, 2018

Introducción

Los suelos son una parte importante de la biosfera y un recurso fundamental para la vida en la Tierra, son el segundo sumidero de Carbono, después de los océanos (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015); representan entonces, aproximadamente 2/3 partes del Carbono (C) de los ecosistemas terrestres (Schlesinger y Bernhardt, 2013). El Carbono que se encuentra en la atmósfera y no es utilizado por las plantas para su crecimiento en superficie, es distribuido a través de sus raíces y se deposita en la tierra; al no haber alteración, este Carbono puede estabilizarse y permanecer almacenado durante miles de años (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015).

La reserva de Carbono en el suelo comprende dos componentes: la reserva de Carbono Orgánico (CO) y la reserva de Carbono Inorgánico (Verhulst, François, y Govaerts, 2015). El Carbono Orgánico (CO) del suelo (COS), se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas

de composición próxima al Carbono elemental (Jackson, 1964); de allí que, autores como Caviglia *et. al.* (2016) y Thompson y Troen, (1980), aseguren que el aporte de residuos vegetales (hojarasca, ramas) al suelo, incrementa el contenido de CO, al ser la lignina el origen, juntamente con la celulosa de la porción más estable del complejo orgánico. Verhulst, *et al.* (2015), menciona que las concentraciones de Carbono en el suelo están determinadas por el balance de los aportes, como los residuos del cultivo, y las pérdidas de Carbono por medio de la descomposición de la materia orgánica; por lo que las prácticas para acumular COS, requiere el incremento en el aporte de Carbono, la reducción de la descomposición, o ambos; en el primero una de las recomendaciones es retener los residuos del cultivo y en el segundo, aportar residuos de descomposición lenta. Carballas (2004), menciona que el COS representa aproximadamente el 58% de la masa total de la materia orgánica; por lo que se estima que el papel de la materia orgánica puede ser decisivo en la mitigación de la emisión de CO₂ y NO₂, principales gases del efecto invernadero.

Actualmente las prácticas de manejo de suelos en sitios donde se encuentran árboles, en áreas institucionales de las ciudades, en la mayoría de las ocasiones no se están abordando desde la perspectiva ecológica, sino desde un punto de vista de total uniformidad dentro del paisaje; esto es, suelos desprovistos de vegetación, totalmente expuestos a factores del clima como los vientos y las lluvias, que arrastran las partículas de los suelos, sin tener en cuenta que, para la formación de un centímetro de espesor de suelo pueden transcurrir entre 120 y 400 años, dependiendo del tipo de suelo y del ecosistema, entonces, la pérdida es irreparable y convierte este recurso en no renovable e insostenible para las generaciones presentes y futuras (FAO, 2015).

En lo relacionado a este tema, se identificó una doble problemática ambiental en los centros urbanos:

La primera asociada al manejo inadecuado de los suelos, ya que no se están protegiendo de la erosión ni se realiza el aporte de materia orgánica necesario para los procesos que se llevan a cabo en el suelo y el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO); teniendo en cuenta que la descomposición de residuos orgánicos (hojarasca, ramas, troncos, raíces, otros restos de vegetales y animales), es el principal proceso del reciclaje de nutrientes en un ecosistema; como lo señalan Horodecki y Jagodzinski (2017), al mencionar que, el impacto de un árbol en la fertilidad del suelo, y por ende, su potencial para ser utilizado en la rehabilitación de un área degradada depende, en gran medida de la cantidad de hojarasca que es capaz de producir, de su descomposición química y de su tasa de descomposición.

En segundo lugar la problemática ambiental, está relacionada al inadecuado manejo de residuos orgánicos, ya que son enviados a disposición final. Lo que incrementa la emisión de Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (NO₂), considerados gases de efecto invernadero (CEPAL, 2015), aparte de reducir la vida útil de los rellenos sanitarios. Por lo que este estudio tiene como objetivo estimar el incremento de Carbono Orgánico (CO) en los suelos con aporte directo de hojarasca como alternativa para el manejo adecuado de residuos orgánicos y la conservación de suelos; contribuyendo así con estrategias locales para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El objetivo de la presente investigación consistió en incrementar el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) en suelos urbanos, a partir del aprovechamiento in situ de residuos forestales.

Metodología

Área de estudio

Ubicada en el Distrito de Cartagena de Indias, al norte de Colombia. Posee un clima tropical; con una humedad relativa del 84%, y con temperaturas entre 27 y 31°C. El sitio seleccionado, fue el Colegio Dios es Amor (10°24'30.84"N y 75°27'55.23"O), ubicado en el sector Sur Oriental del Distrito, a 4 m.s.n.m. Los ecosistemas asociados en este sector son Manglar, Ciénagas y Humedales. La geomorfología del área reseña rocas de la formación La Popa, de origen calcáreo, que se caracterizan por que las arcillas que las componen son de tipo expansivo, presentando sectores en los cuales el conjunto es básicamente arenoso con intercalaciones de arcilla y son altamente friables con susceptibilidad a la erosión.

Selección de individuos

Se tuvo como criterio la selección de individuos pertenecientes a una misma especie, aquella que estuviese generando mayor volumen en cuanto a producción de hojarasca, identificando al Almendro (*Terminalia catappa*), cuyas hojas son coriáceas, por causa del desarrollo del tejido esclerenquimático rico en lignina, además de presentar recubrimiento ceroso en la cutícula, ocasionando que la degradación de celulosa y hemicelulosa sea más lenta (Vargas, Hoyos y Mosquera, 2012). Se seleccionaron al azar, 10 individuos de esta especie, los cuales se encuentran dentro de la institución educativa.

Materiales

Malla en polietileno de alta densidad, tela verde aditivada, bisturí, plántulas de especies ornamentales, termómetro, herramientas de jardinería, materiales para toma de muestra de suelos, materiales para estimación de materia orgánica, pH, textura y humedad del suelo, en laboratorio.

Diseño de dispositivos

Se diseñaron tres modelos de dispositivos, los cuales estarían en la base del tronco, ocupando un diámetro aproximado de 2 metros y una altura de 50 centímetros; teniendo en cuenta el impacto visual para la comunidad educativa.

Aprovechamiento de residuos forestales

Se realizó la recolección de la hojarasca, con el apoyo del personal de servicios generales. Una vez recolectada la hojarasca, se calculó su volumen, utilizando un recipiente con capacidad de 100 litros, en el cual se depositó la hojarasca (hasta llegar al lleno del recipiente), sin hacer presión y remeciéndolo de manera que se llenaran los espacios vacíos en dicho recipiente. Luego, se procedió a estimar su peso, con una balanza portátil con gancho. El aporte de hojarasca se realizó una vez por semana, durante 4 meses.

Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico (CO) en el suelo.

Antes de instalar el dispositivo y siguiendo la metodología propuesta en la NTC 4213-4, (ICONTEC, 2004), se tomaron 3 muestras compuestas de la capa superior de suelo, con un peso estimado de 1Kg por muestra. Cada muestra representó un grupo de árboles que se encontraban a un radio entre 4 y 6 metros entre ellos.

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero, siguiendo las especificaciones técnicas del libro “Análisis de laboratorio de suelos y agua” (Duran, 2012), estimando el contenido de Materia Orgánica (método de calcinación (Robinson, 1927 en: Duran, 2012)), textura (método de Bouyoucos segunda modificación (Labs, 1999 en: Duran, 2012)), pH (en suspensión de suelo-agua 1:2 con método de lectura potenciométrico) y humedad (método gravimétrico).

El porcentaje de Carbono Orgánico (CO) se estimó de manera indirecta a partir del porcentaje de Materia Orgánica, según Malagón (1982), $\%CO \cdot 1,9 = \%MO$. Luego se repitió este procedimiento a los cuatro meses de haber tomado la primera muestra.

Resultados

La estimación del porcentaje de COS, se realizó antes de iniciar el aporte directo de hojarasca al suelo, permitiendo tener valores de referencia para las variables edáficas estudiadas. Ver *Tabla 1*. Se instalaron los tres dispositivos diseñados y se realizó el aprovechamiento de residuos forestales, correspondientes a la hojarasca generada por los individuos de Almendro presentes en el colegio. El total de residuos forestales aprovechados fue de 186 Kg de hojarasca, que ocuparon un volumen aproximado de 4,5 m³. Ver *Figura 1-3*.

Tabla 1. Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico (CO), pH, humedad y textura del suelo, antes de iniciar el proyecto.

MUESTRA	pH	HUMEDAD (%)	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (%)	TEXTURA
Muestra 1	7,71	5	1,02	Arcilloso
Muestra 2	7,82	9	0,78	Arcilloso
Muestra 3	7,82	7,5	1,04	Arcilloso



Figura 1. Dispositivos para el reciclaje de hojarasca.

Se realizó el segundo análisis de variables edáficas pasados cuatro meses de haber iniciado el aporte de hojarasca, obteniendo los resultados del proyecto.

Tabla 2. Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico (CO), pH, humedad y textura del suelo, al finalizar el proyecto.

MUESTRA	pH	HUMEDAD (%)	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (%)	TEXTURA
Muestra 1	7,58	12	1,48	Arcilloso
Muestra 2	7,7	13	1,39	Arcilloso
Muestra 3	7,63	11	1,43	Arcilloso

Discusión

Este proyecto constituye una base para la gestión de residuos forestales en las organizaciones, puesto que con el almacenamiento y aprovechamiento in situ, se genera poca o ninguna cantidad de CH₄, como lo asegura la CEPAL (2015), al referirse a procesos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos urbanos como estrategia para la mitigación en la generación de gases de efecto invernadero (GEI).

El manejo del suelo influye en el escenario actual de cambio climático, de tal manera que, al modificarse sus contenidos de Carbono, se podría pensar en un compartimiento del ecosistema que, pasaría de ser un sumidero de Carbono, a un emisor importante de GEI; por tanto, proteger de la capa superior del suelo, es vital para su conservación, ya que el contenido de COS disminuye con la profundidad (van Groenigen et al., 2014), resaltando que el incremento del Carbono del suelo es una estrategia clave que puede contrarrestar las emisiones de GEI (Burbano, 2018); contribuyendo así a la mitigación del calentamiento global, como lo señala Betts et al. (2011), al mencionar que el calentamiento global podría alcanzar los 4°C, a principios de la década de 2060, si las retroalimentaciones positivas entre el calentamiento global y la pérdida de Carbono continúan intensificándose. Es en este contexto que se realza la importancia y necesidad del desarrollo de estrategias como esta, que favorezcan el almacenamiento de COS y sean acciones por el clima, apoyando al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El efecto de la lluvia sobre los dispositivos, favoreció la pérdida de masa en la hojarasca, resultado similar al encontrado por Zhongqing et al. (2018), quienes concluyeron que la adición de agua aumenta significativamente la tasa de descomposición de la hojarasca; partiendo del hecho que los escenarios de cambio climático predicen cambios en la precipitación

y la deposición de N, y estudios previos han demostrado que los aumentos en la disponibilidad de agua y N afectan la tasa de descomposición de la hojarasca y la liberación de nutrientes.

Conclusiones

Con este estudio se presenta una medida económica, eficaz y sostenible para el manejo adecuado los residuos forestales generados en los centros urbanos, con prácticas de conservación y manejo de suelos; lo que permite que el sector público, privado y la sociedad civil se vinculen de manera activa con acciones precisas tendientes al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible; siendo el interrogante ¿cómo lograr un cambio en la cultura del manejo de residuos forestales?.

A nivel técnico, sería importante una segunda fase de este proyecto para aumentar el número de réplicas, tiempo, especies, tasa de descomposición de la hojarasca, densidad aparente, contenido de nutrientes, relación C:N, CIC, entre otras variables edáficas y ambientales. Igualmente se podría pensar en asignar un dispositivo únicamente para el aprovechamiento de las estructuras de madera de los árboles, ¿incrementaría el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) en el suelo, con relación a la hojarasca?.

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento a la comunidad educativa del Colegio Dios es Amor, al personal del Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero, a la instructora Milagro Escudero Aguirre, a la Doctora Omaira del Socorro Miranda Macias, Coordinadora Académica y a la Dra. Bibiana Cecilia Pinto Tovar, Subdirectora del Centro Agroempresarial y Minero.

Financiación

Para el desarrollo de la fase de campo, los materiales requeridos se adquirieron con recursos propios de las autoras; contando con el apoyo en especie, de algunos materiales de jardinería existentes en el inventario del Colegio Dios es Amor. Las plántulas ornamentales sembradas fueron obtenidas como donación por parte del vivero del Centro Agroempresarial y Minero. En la fase de análisis de las muestras en Laboratorio, se contó con la asesoría del personal y el apoyo, del Laboratorio de Biotecnología del Centro y la divulgación en eventos académicos se realizó gracias al área de Bienestar al Aprendiz, del Centro Agroempresarial y Minero.

Conflictos de Intereses

Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses.

Bibliografía

Agencia Europea del Medio Ambiente. (2015). El suelo y el cambio climático. Recuperado de: <http://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambio-climatico>

Betts, R., Collins, M., Hemming, D., Jones, C., Lowe, J. and Sanderson, M. (2011). When could global warming reach 4 °C?. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 369, pp. 67-84. Recuperado de <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/369/1934/67.full.pdf>

Burbano-Orjuela, H. (2018). El Carbono Orgánico (CO) del suelo y su papel frente al cambio climático. *Rev.Cienc. Agr.* 35(1): 82-96. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>.

Carballas F. Tarsy. (2004). Discurso: La materia orgánica del suelo y el cambio climático global. Academia de Farmacia de Galicia. 82 p.

Caviglia, O.P., Wingeyer, A.B. & Novelli, L. E. (2016). El rol de los suelos agrícolas frente al cambio climático. *Serie de Extensión INTA Paraná*. 78:27-32. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_parana_serie_extension_78_caviglia_27-32.pdf

CEPAL. (2015). Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector residuos. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo* N° 162. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39360/S1501012_es.pdf?sequence=1

FAO. (2015). Alianza Mundial por el Suelo. Sección ¿Por qué una Alianza Mundial por el Suelo? Recuperado de www.fao.org/globalsoilpartnership/es.

Horodecki, Pawel, & Jagodzinski, Andrzej M. (2017). Tree species effects on litter decomposition in pure stands on afforested post-mining sites. *Forest Ecology and Management*, 406, 1. Recuperado de <http://find.galegroup.com/bdigital.sena.edu.co/grnr/infomark>.