

2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN  
DE INGENIEROS EN LA  
ERA DIGITAL



# EFECTOS DE CUATRO TIPOS DE VEGETACIÓN SOBRE LA RESPIRACIÓN DEL SUELO EN LA UNIVERSIDAD DE SUCRE

**Euriel Millán Romero, Luis Salcedo Martínez, Carlos Millán Páramo**

**Universidad de Sucre  
Sincelejo, Colombia**

## Resumen

La respiración del suelo (RS) es la medida de la cantidad  $\text{CO}_2$  emitida desde el suelo hacia la atmosfera y la cual tiene gran importancia por el problema actual del calentamiento global. Por ello, se determinó la RS en cuatro usos de suelo al interior del campus de puerta roja de la Universidad de Sucre analizando su relación con factores como temperatura, humedad y algunas propiedades del suelo. La temperatura y la humedad resultaron ser grandes limitantes de la respiración edáfica, formándose lo que se denomina "rangos de optimización" para la RS, cuando sus valores se encuentran en el rango la RS se ve favorecida, pero, cuando están por encima o por debajo del rango se ve reducida. Además de esto, propiedades como la materia orgánica puede ser un tercer limitante en la RS, claramente mayor cantidad de materia orgánica favorece un mayor desarrollo de los microorganismos presentes en el suelo y así mismo se favorece la RS. Dentro de las medias mensuales de respiración en los cuatro usos, en la "vegetación nativa" fue mayor ( $61.9 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ), seguido de *Hura crepitans*  $58.7 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ , Pasto  $55.6 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$  y *Tectona grandis* fue  $54.2 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ , estas diferencias se dieron por las características de cada suelo y la exposición que tiene cada uno al sol. La RS acumulada resulto tener una relación lineal directa con respecto al tiempo en los cuatro usos de suelo. La tasa anual de RS, con base a la RS acumulada, se estimó entre  $295.7$  y  $296.5 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$  en el área con vegetación nativa de la región,  $285$  y  $285.8 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$  en *H. crepitans*,  $268.9$  y  $269.6 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$  en pasto, y  $265.7$  y  $266.4 \text{ mol CO}_2/\text{m}^2$  en *T. grandis*.

**Palabras clave:** propiedades del suelo respiración edáfica; usos del suelo

### Abstract

Soil respiration (RS) is the measure of the amount of CO<sub>2</sub> emitted from the soil to the atmosphere as a result of both aerobic and anaerobic processes, this RS is important because of the current problem of global warming. For this reason, RS was determined in four soil uses within the campus Puerta roja of the Universidad de Sucre, analyzing its relation with factors such as temperature, humidity and some of the properties of the soil. Temperature and humidity were great limiting factors for soil respiration, forming what is called "optimization ranges" for RS, when their values are in the range RS is favored but, when they are above or below of the range is reduced. In addition to this, properties such as organic matter can be a third limitant in RS, clearly greater amount of organic matter favors a greater development of the microorganisms present in the soil and also favors RS. Among the monthly means of respiration in the four uses, in native vegetation was higher (61.9  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ ), followed by Hura crepitans 58.7  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ , Pasto 55.6  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$  and Tectona grandis was 54.2  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ , these differences were given by the characteristics of each soil and the exposure that each has to the sun. The accumulated RS resulted to have a direct linear relation with respect to the time in the four uses of soil. The annual rate of RS, based on the accumulated RS was estimated between 295.7 and 296.5 mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in the area with native vegetation of the region, 285 and 285.8 mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in H. crepitans, 268.9 and 269.6 mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in pasture, and 265.7 and 266.4 mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in T. grandis.

**Keywords:** soil properties; soil respiration; soil uses

## 1. Introducción

La respiración del suelo (RS) es uno de los parámetros más antiguos para cuantificar la actividad microbiana, representando el flujo total de CO<sub>2</sub> producido por procesos metabólicos de los organismos, incluyendo la respiración heterotrófica y la autotrófica (Vargas, et al., 2010). Así mismo parte del CO<sub>2</sub> que se desprende desde suelo proviene de procesos distintos a la respiración microbiana, como lo son los procesos fermentativos y los anaeróbicos que emplean NO<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub> como aceptores de electrones (Medina, 2012).

La RS es uno de los componentes que más aporta CO<sub>2</sub> a la respiración total del ecosistema mundial (Rey, 2002), emitiéndose aproximadamente 80,4 Pg CO<sub>2</sub>-C (1 Pg=10<sup>15</sup> g) lo que representa 10% del Carbono atmosférico total (Raich, et al., 2002). La medida de esta refleja la cantidad y calidad de las fuentes de Carbono presentes en el suelo, o dicho de otra forma, el Carbono que potencialmente puede mineralizarse al encontrarse en el suelo, y asimismo constituye un índice del potencial de la microbiota para degradar la materia orgánica (Kennedy, et al. 1995). No obstante, debido que la presencia de los microorganismos se relaciona con la cantidad de componente orgánico presente en el suelo, al igual que la biomasa microbiana, la medición de la tasa de respiración en el suelo es un indicador sensible que permite valorar la respuesta de los ecosistemas a factores externos (Medina, 2012).

Las tasas de respiración dependen principalmente de la localidad, por lo general, son más alta en áreas de clima cálido y pueden variar de un lugar a otro por la temperatura, pH, contenido de

humedad, disponibilidad de Nitrógeno, cantidad de materia orgánica (Krebs, 2003); cantidad de hojarasca, Carbono (McCulley, et al., 2007); porosidad, textura y densidad aparente del suelo (Vargas, et al., 2010). Estas características pueden sufrir modificaciones al producirse un cambio en el uso de un determinado suelo y con ello se ve afectada directamente la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido desde el mismo (Arevalo, et al., 2012). Así mismo se ha evidenciado que las variaciones de temperatura y humedad presente en suelo pueden tener relación con la variación en la RS ya sea exponencialmente (Curiel, et al. 2012) o directamente, aunque en otros casos no se ha encontrado relación alguna (Borkhuu, et al., 2015).

En el presente estudio se determinó la tasa anual de respiración edáfica de cuatro usos de suelo antropizado al interior de la sede Puerta Roja de la Universidad de Sucre, evaluando las variaciones que se dan en temperatura, humedad y RS durante un año, de la misma manera comparando los efectos que tiene el uso del suelo sobre dicha tasa anual y estimando si las propiedades de cada suelo pueden influir en la RS.

## 2. Materiales y Métodos

### Área de Estudio

La investigación se realizó a partir del mes de junio del 2015 hasta el mes de Mayo del 2016 en la sede Puerta Roja de la Universidad de Sucre en el municipio de Sincelejo (Sucre - Colombia), la cual está ubicada a 09°19'01" de latitud Norte y 75°23'16.39" de longitud Oeste. Tiene una extensión aproximada de 235490.7 m<sup>2</sup> y se encuentra enmarcada en una zona de vida de bosque seco tropical, con una altitud de 182 msnm y condiciones de piso térmico cálido con una temperatura que oscila entre 25,5°C - 28,7°C y una humedad relativa promedio de 60 - 80% (Gobernación de Sucre, 2010).

En el interior del campus universitario se encuentran suelos con diferentes grados de antropización, entre los cuales se seleccionaron cuatro áreas antropizadas con usos de suelo diferentes: un área con presencia de plantas originarias de la región (de ahora en adelante "Vegetación nativa") con una extensión de 0.7 ha en la cual predominan las familias Fabaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Acanthaceae, Asteraceae y Anacardiaceae, y en menor proporción Amaranthaceae, Boraginaceae y Solanaceae según información del Herbario de la Universidad de Sucre (HEUS), un espacio de 0.5 ha que está cubierto de pasto y otras herbáceas (de ahora en adelante "Pasto"), y dos áreas con monocultivos forestales, uno con Teca (*Tectona grandis*) de 0.5 ha, y otro con ceiba de leche (*Hura crepitans*) de 0.6 ha.

### Trabajo de Campo

En cada una de las áreas se establecieron tres parcelas permanentes durante un año con un área de 200 m<sup>2</sup> y dimensiones de 10 x 20 m. La ubicación y la distancia entre las parcelas se adaptaron a las condiciones de las respectivas áreas de trabajo abarcando la mayor área posible. En las esquinas de las parcelas se instalaron "collares" PVC con un diámetro de 10.5 cm, altura de 10 cm y una profundidad de 8 cm en el interior del suelo, esto con el fin de disminuir la perturbación en éste. En total se ubicaron 48 collares teniendo en cuenta los cuatro usos de suelo. La toma de medidas y muestreos se realizaron cada 4 semanas entre las 08:00 y 18:00 horas del día; cada

parcela se visitó a una hora diferente entre muestreos para así tener en cuenta la variación ambiental en relación con la posición del sol al transcurrir el día.

### **Respiración, temperatura y humedad del suelo**

Para la RS se utilizó un equipo EGM-4 (PP-Systems) junto con una cámara de respiración de suelo SRC-1 (PP-Systems). Este instrumento es de la categoría cámaras dinámicas cerradas y dispone de un analizador de gases en infrarrojo o IRGA (Infra Red Gases Analyzer); en donde el flujo de CO<sub>2</sub> se determina por el incremento de la concentración en la cámara en un tiempo determinado (Pumpanen, et al., 2004). Además, este equipo cuenta con un sensor que mide la temperatura del suelo en forma simultánea con la RS.

Como el equipo da el valor de la RS en unidades de ppm se calculó la RS como un flujo de CO<sub>2</sub> mediante la siguiente fórmula (Oviedo, 2007):

$$CO_2 flux \left( \mu mol / m^2 s \right) = \frac{\Delta CO_2 \left( \mu mol / m^3 \right)}{\Delta t (s)} \times \frac{volumen \text{ cámara } (m^3)}{Superficie \text{ collar } (m^2)}$$

Para la humedad del suelo se utilizó un kit de medida de humedad del suelo ML3 ThetaKit marca Delta-T Devices, el cual cuenta con un medidor de humedad HH2 para la lectura instantánea y una herramienta de inserción para penetrar en los suelos duros.

### **Análisis físico-químico del suelo**

Para llevar a cabo el análisis de los suelos, se tomaron 4 submuestras por parcela en puntos al azar hasta llegar a una muestra de 1Kg por cada área (12 submuestras en total por cada uso de suelo). Para cada punto de toma de submuestras se procedió a retirar la capa de vegetación y superficie del suelo, luego se hizo un hueco en forma de "V" con profundidad de 10 cm. De inmediato se cortó una tajada del suelo de 2-3 cm de grosor de la pared del hueco, de la cual, se tomó la parte que estaba entre los 3 y 8 cm de profundidad del suelo, luego se homogenizó y se llevó al laboratorio (Bernier, 1999).

Se tomaron 0.5 Kg de muestra homogénea de suelo y se realizaron las pruebas físico-químicas siguiendo las indicaciones y metodologías expuestas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

### **Análisis estadísticos**

Mediante el programa estadístico R versión 3.4.1 se evaluó la normalidad de los datos obtenidos con los test de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba de Kruskal Wallis para diferencias entre tratamientos y posteriormente se realizaron dos versiones de la prueba U de Mann-Whitney, una normal y la otra mediante desigualdades de la prueba de Tukey para determinar la diferencia entre las medias de los valores de cada uno de los usos de suelo. Además, se efectuó un análisis de coeficiente de correlación de Spearman y/o Pearson cuando los datos lo permitieron, para determinar la relación de la RS con la temperatura, con la humedad y con las propiedades de los suelos.

Para la elaboración de gráficas se utilizó el programa Microsoft Excel 2010.

### 3. Resultados y Discusión

#### Variación de la Temperatura

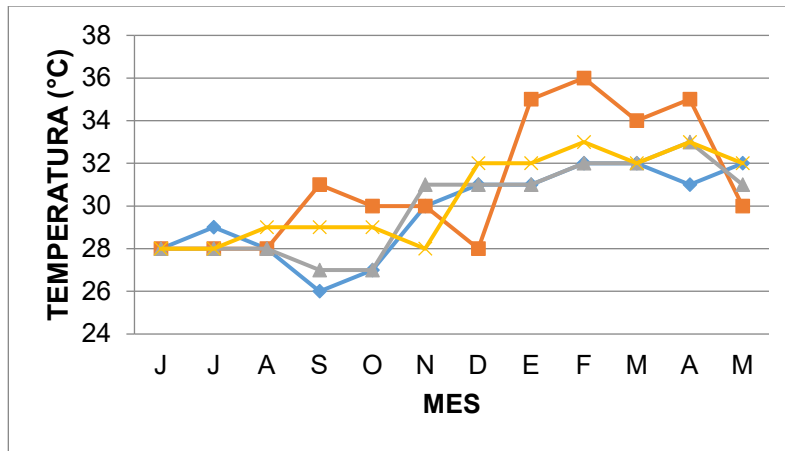
El valor más alto se registró en el suelo de *T. grandis*, con 36°C en febrero y el valor más bajo fue de 26°C en el suelo con vegetación nativa en septiembre. En la Figura 1a se observa que el suelo con *T. grandis* presentó mayores temperaturas que el resto de usos de suelo en seis meses y asimismo se puede decir que los meses de febrero, marzo, abril y mayo fueron los de mayores temperaturas y que, los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre fueron los de menor temperatura.

Teniendo en cuenta que el calentamiento del suelo depende directamente de la cantidad de radiación que llegue a su superficie (Allen, et al., 2000), en el suelo con *T. grandis* se tuvieron los registros más altos de temperatura básicamente por las características que presenta esta área muestreada. En el área de la especie *T. grandis*, el suelo presenta una superficie libre de otra especie vegetal, eso combinado con características fisionómicas de *T. grandis* como el fuste cilíndrico y falta de ramas hasta los primeros 20 o 25 m, las cuales no se expanden más allá de tres o cuatro metros en circunferencia (SEPHU, 2009), hacen que el suelo se encuentre expuesto al sol gran parte del tiempo y en un mayor porcentaje de área. Además, esta es una especie caducifolia (SEPHU, 2009), lo que significa que pierde sus hojas en los meses de verano (enero, febrero, marzo) y con ello una exposición del suelo al sol total lo que aumentaría la temperatura considerablemente.

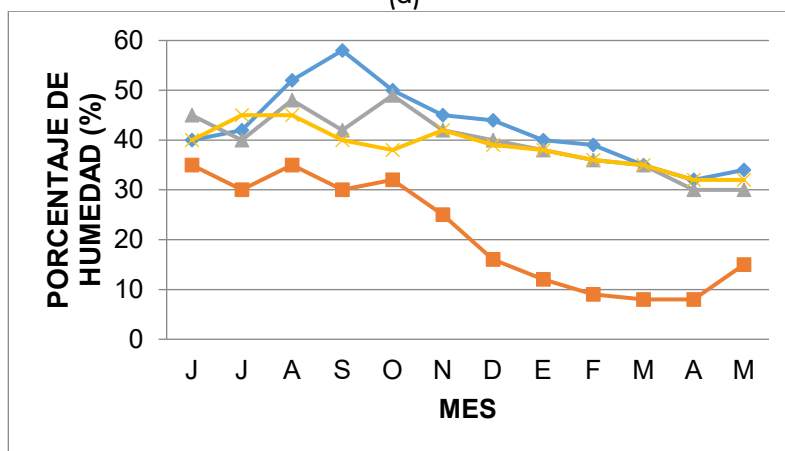
Sin embargo, en la prueba Kruskal Wallis se obtuvo un  $p$ -valor de 0.335 ( $>0.05$ ), por lo que podemos inferir que no existieron diferencias significativas entre las temperaturas de un suelo y otro a lo largo del año.

#### Variación de la Humedad

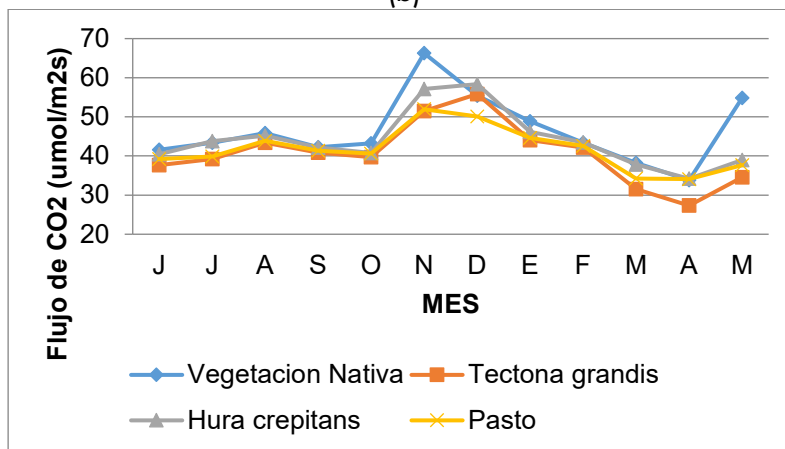
Con respecto a la humedad presente en el suelo, según la Figura 1b, se puede presumir un patrón de la humedad a lo largo del año, siendo mayor entre los meses de julio a noviembre, pero, al llegar diciembre hasta mayo va disminuyendo progresivamente para aumentar nuevamente en junio.



(a)



(b)



(c)

**Figura 1.** (a) Variación de la temperatura del suelo a lo largo de 12 meses en cuatro usos de suelo al interior de la Universidad de Sucre; (b) Variación de la humedad del suelo a lo largo de 12 meses en cuatro usos de suelo al interior de la Universidad de Sucre; (c) Variación de la respiración edáfica del suelo a lo largo de 12 meses en cuatro usos de suelo al interior de la Universidad de Sucre.

La humedad en los cuatro usos de suelo osciló entre 30% - 40%. Sin embargo, se registraron valores de humedad entre 5% y 9% en los meses de abril, marzo y febrero en el suelo con *T. grandis*. En contraste, los valores más altos estuvieron en el suelo con vegetación nativa, con cifras de 58% y 52% en los meses de septiembre y agosto respectivamente.

Los promedios de la humedad anual en cada uno de los suelos estuvieron dados de la siguiente forma: Vegetación nativa (42.4%), *H. crepitans* (39.58%), pasto (38.0%) y por último *T. grandis* (20.17%); en este caso la prueba de Kruskal Wallis arrojó un *p*-valor  $5.225 \times 10^{-16}$  ( $<0.05$ ) demostrando la existencia de diferencias significativas en la humedad de los cuatro usos de suelo. Los contenidos de humedad en el suelo con *T. grandis* fueron menores comparados con los otros tres usos de suelo debido a las mismas características por la que presenta un mayor promedio de temperatura. Entonces, un aumento de temperatura y una exposición directa al sol hace que el agua retenida en su interior se evapore con más facilidad y rapidez, lo que conlleva a un bajo contenido de humedad.

En contraste, el suelo de la zona con vegetación nativa tuvo menor temperatura promedio y mayor porcentaje de humedad a lo largo del año, siendo un hecho que se ha registrado para las zonas más verdes (Mendiara, 2012), por tener características contrarias al suelo de *T. grandis*. En esta zona el suelo está más cubierto tanto por árboles de gran porte como por diversas especies vegetales arbustivas y herbáceas que se mantienen siempre verdes a lo largo del año evitando que el sol llegue directamente a la superficie del suelo casi en su totalidad por lo que puede variar menos la temperatura y mantenerse más la humedad (Ferrara, et al., 1999), lo que, acompañado de una mayor cantidad de materia orgánica y menor porosidad en comparación con los otros tres suelos, favorece la retención de una mayor cantidad del agua al interior del suelo (Liebig, et al., 2004).

### **Variación de la Respiración Edáfica**

La RS tuvo un patrón similar en los cuatro usos de suelo en el campus universitario (Figura 1c), en los meses de lluvia (meses de junio a octubre) la RS es mayor luego de las primeras lluvias en junio, debido a la activación de los procesos metabólicos de las bacterias presentes en el suelo (Gutiérrez, 2009), pero al seguir las lluvias, la temperatura llega a los valores más bajos y la humedad a los más altos y la RS se reduce, lo que es similar a lo encontrado en otros estudios donde la emisión de CO<sub>2</sub> del suelo se reduce en tiempos de invierno lo que sería en nuestro ecosistema los meses de lluvia (Koncz, et al., 2015). En los meses secos (meses de enero a abril) donde la temperatura es más alta y la humedad se hace más baja, la RS se vio reducida significativamente con relación a los valores de meses de lluvia, coincidiendo esto con otras investigaciones, dado que en sequía las actividades en el interior del suelo se reducen por falta de agua o humedad (Tucker, et al., 2016).

Al pasar el periodo de sequía, se notó que la RS aumentó luego de un evento de lluvia (mes de mayo), esto mismo ha sido observado en otras investigaciones<sup>16,37</sup>, este hecho se explica debido a que cuando llueve, el agua ayuda a activar los procesos metabólicos en las raíces y bacterias dentro del suelo (Marañón, et al., 2009). Adicionalmente, hace que el gas guardado en los poros del suelo salga a la superficie (se conoce como desgasificación), provocando un aumento en RS.

La Figura 1c muestra que los valores de la respiración edáfica en los suelos con vegetación nativa y *H. crepitans* están por encima de los valores obtenidos en los suelos con *T. grandis* y pasto en la gran parte del tiempo. Lo anterior se ratifica al observar los valores promedios de RS por mes en las cuatro áreas de estudio, vegetación nativa con 46.42  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ , seguido de *H. crepitans* con 42.04  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ , pasto con 41.66  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$  y *T. grandis* con 40.65  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ .

Dentro de los registros, el valor más bajo fue de 27.32  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$  en el suelo con *T. grandis*, mientras que el más alto fue hallado en el suelo con vegetación nativa con 66.26  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ .

Todos estos valores de RS obtenidos fueron mayores a los reportados en Canadá (Gaumont, et al., 2006), China (Fan, et al., 2015), Eslovaquia (Gáfríková, et al., 2015), España (Barba, et al., 2016), Hungría (Kotroczó, et al., 2014), México (Cueva, et al., 2012), USA (Decina, et al., 2016) y los datos presentados para Colombia (Murcia, et al., 2008). Tal vez, porque en los ecosistemas de climas cálidos o tropicales, como los de esta investigación, la RS aumenta en comparación con suelos de clima frío y templado (Krebs, 2003), viéndose afectada por la altitud del suelo, siendo mayor en altitudes bajas como la de la presente investigación y menores en latitudes altas como en los suelos de los trabajos mencionados (Luo, et al., 2015). Además de las características climáticas, el método de medición puede tener efectos en los resultados (Pumpanen, et al., 2004). En investigaciones se ha demostrado que la RS *in situ* es mayor a lo esperado por muestras en laboratorios (Curiel, et al. 2012) o lo estimado por modelos matemáticos (Bosch, et al., 2016).

En la prueba Kruskal Wallis se obtuvo un *p*-valor 0.01718 (<0.05) dando a entender la existencia de diferencias significativas entre la RS de los cuatro usos de suelo. Al comparar entre sí los datos de respiración edáfica, se encontraron diferencias estadísticas solo entre el suelo de vegetación nativa y *T. grandis* con un *p*-valor de 0.038 (<0.05), lo que puede indicar que al antropizar o cambiar los usos del suelo en la zona de estudio, para sembrar especies como *T. grandis* puede afectar los procesos que ocurren en el suelo, uno de ellos es la RS. Se conoce que los tipos de vegetación presente alteran la cantidad de emisión de  $\text{CO}_2$ . En la vegetación nativa y en *H. crepitans* el promedio de RS se mantuvo por encima de los otros usos de suelo debido a una mayor protección del suelo por la presencia de árboles, arbustos, herbáceas y hojarasca (Arevalo, et al., 2012), lo que al mismo tiempo incrementa la biomasa microbiana y biomasa de raíces, favoreciendo aún más la RS (McCulley. et al., 2007). Por ello, en este caso se evidencia que suelos de bosque más conservado siempre presentaron mayor RS al compararlos con pastizales y suelos desnudos al igual que otros trabajos (Bosch, et al., 2016).

Las cuatro áreas seleccionadas en el estudio han sufrido cambios al interior de la universidad por efecto del hombre, pero el que la RS haya sido mayor en la zona con mayor cobertura y diversidad de plantas nativas es de mucho interés al momento de efectuar cambios en el uso del suelo. Por ejemplo, la deforestación de bosques para sembrar *T. grandis* como actividad económica y las reforestaciones de áreas solo con una especie no son una actividad que ayude a la conservación de un ecosistema, es decir, la presencia de un mayor número de especies nativas en un área puede conllevar a una mejor conservación del suelo, así como el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos y por ende una conservación de los demás componentes de la biodiversidad.



La RS se considera como una medida de la actividad de los microorganismos (Krebs, 2003), así como de la cantidad de Carbono disponible y de la calidad de suelo (Kennedy, et al. 1995), por lo que se infiere que el suelo con Vegetación nativa y de *H. crepitans* resultaron estar en mejor condición y más conservados que los suelos de pasto y *T. grandis*.

### Relación entre la respiración edáfica, temperatura y humedad en el suelo

En la tabla 1 se observan los valores de la correlación entre la RS con la temperatura y la humedad del suelo, así mismo se muestran los *p-valores* de cada coeficiente de correlación. Se puede deducir que en los cuatro usos de suelo no hubo una relación significativa entre la RS y la temperatura, pero si la hubo entre la RS y la humedad, similar a otros reportes (Curiel, et al. 2012). La temperatura no tuvo significancia en este trabajo debido a la cercanía de las áreas, en la literatura se encuentran reportes donde la relación entre la RS y la temperatura del suelo siempre fue mayor (Kotroczó, et al., 2014). En adición a ello, se afirma que, en suelos de clima caliente, como en este caso, la RS se relaciona más a la humedad que al resto de factores (Tucker, et al., 2016). Teniendo esto presente, se puede decir que la humedad tuvo mayor influencia sobre el valor de la RS en comparación con la temperatura.

Tabla 1. Resultados de pruebas de correlación Spearman de los valores de respiración edáfica con la temperatura y humedad presente en cada uno de los usos de suelo. Dónde: RS: Respiración del Suelo, T: Temperatura, H: Humedad.

VARIABLES	CORRELACIÓN	VEGETACIÓN NATIVA	T. <i>grandis</i>	H. <i>crepitans</i>	PASTO
RS-T SUELO	SPEARMAN	-0.1146	-0.2476	-0.1913	-0.2115
	P-VALOR DE CORRELACIÓN	0.5058	0.1454	0.2637	0.2156
RS-H SUELO	SPEARMAN	0,3509	0,3528	0,3975	0,5841
	P-VALOR DE CORRELACIÓN	0.0359	0.0348	0.0164	0.0002

### Propiedades físico - químicas del suelo

Al realizar los análisis en las muestras de los suelos se obtuvieron los resultados de la tabla 2, en la que se puede notar que la textura es similar en las muestras, es decir, que al interior del campus predominan los suelos arcillosos. Tres de los usos de suelo en estudio presentan un pH ligeramente alcalino (*H. crepitans*, vegetación nativa y pasto) mientras que el suelo con *T. grandis* es ligeramente ácido. Con respecto a la materia orgánica, se obtuvieron valores medios o regulares en la muestra de suelo con vegetación nativa, bajos en las muestras *H. crepitans* y pastizal, y valores muy bajos para *T. grandis*. Esto se debe básicamente a que la reposición de esta en monocultivos es deficiente en comparación a los suelos con variedad de vegetación por la especialización del suelo y la no rotación del uso (Shi, et al., 2016).

Tabla 2. Características físicas y químicas de los cuatro usos de suelos.

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>VEGETACIÓN NATIVA</b>	<b><i>Tectona grandis</i></b>	<b><i>Hura crepitans</i></b>	<b>PASTIZAL</b>
Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	1.60	1.64	1.35	1.27
pH	7.57	6.05	7.69	7.80
Textura	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Franco Arcilloso
Porosidad total (%)	30.63	38.11	49.05	52.07
Materia Orgánica (%)	2.45	0.45	2.00	1.91
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq. /100gr de suelo)	24.00	21.50	29.00	23.50

### Relación entre la respiración edáfica y las propiedades físicas del suelo

Al igual que la humedad, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida desde el suelo se ve relacionada con características físicas del suelo. Para establecer la existencia de una relación entre RS y las características de cada uso de suelo se utilizaron los valores promedio de RS y se efectuó la prueba de correlación Pearson (Tabla 3). El coeficiente de correlación más alto estuvo entre la RS y la materia orgánica (0.8263), siendo esta la única propiedad del suelo que tiene una relación significativa con la RS y dado que tiene un coeficiente mayor que los que se obtuvieron con relación a la temperatura y la humedad, se puede inferir que la presencia de materia orgánica fue el principal factor que condicionó la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por las cuatro áreas de estudio, antes que la humedad o la temperatura, presentándose mayores valores de RS en los usos de suelos con mayor cantidad de materia orgánica. La RS se incrementa cuando hay mayor cantidad de material orgánico, debido que el porcentaje de materia orgánica aumenta la producción y descomposición por parte del elemento microbiano en el suelo lo que ayuda a un incremento en la RS (Kotroczo, et al., 2014).

Tabla 31. Resultados de pruebas de correlación Pearson entre las características físico-químicas y la RS de cada uso de suelo. Donde RS: Respiración de suelo, CIC: Capacidad de intercambio catiónico.

<b>VARIABLES</b>	<b>CORRELACION PEARSON</b>	<b>P-VALORES DE LA CORRELACION</b>
RS – Densidad aparente	0.1325	0.7545
RS – pH	0.5703	0.1399
RS – Porosidad total	-0.4704	0.2395
RS – Materia orgánica	0.8263	0.0115
RS - CIC	0.4612	0.2501

Aunque la materia orgánica haya sido la única propiedad con una relación significativa con la respiración edáfica, para la interpretación de la RS se hace necesario ver otros caracteres que trabajan en conjunto en el suelo para optimizar o limitar la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Esto indica que, aunque la porosidad, el pH, la densidad aparente y la capacidad de intercambio catiónico hayan tenido pequeños valores en sus índices de correlación, estos pueden estar ejerciendo algún efecto a la RS en conjunto con los demás factores. Además de las evaluadas aquí, también se puede relacionar con la biomasa del suelo (Bosch, et al., 2016), biomasa de raíces (Han, et al., 2014), contenido de C orgánico (Shi, et al., 2006), entre otras.

#### **4. Conclusiones**

La variación de la RS a lo largo del año dependió del uso y del grado de antropización que tuvo cada uno de los suelos, presentándose siempre un promedio de RS mayor en los suelos que tienen una mayor diversidad de especies vegetales comparado con otros suelos con otro tipo de vegetación, debido a las propiedades intrínsecas de dichos suelos, así mismo, se considera que esta área es la que más contribuye a la captura de CO<sub>2</sub>. Sumado a esto, cambios en el uso del suelo conlleva a modificaciones en la cantidad de nutrientes, materia orgánica, entre otros, y así mismo a efectos en procesos físico-químicos como lo es la RS. En este estudio, se pudo notar en específico que las plantaciones de *T. grandis* pueden llegar a tener posibles efectos negativos en las propiedades del suelo, como el pH (produciendo acidificación) y la capacidad de retención de materia orgánica, y al mismo tiempo producir un desequilibrio en el intercambio de CO<sub>2</sub> de los suelos y con ello afectar los demás seres vivos.

Por otro lado, el factor limitante principal de la RS fue el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo, a mayor porcentaje mayor respiración de suelo, esto se da por el incremento en número y actividad de microorganismos y todo organismo presente en el suelo. De este modo, los suelos conservados con vegetación nativa de la región tienen mayores valores de RS que cualquier otro tipo de vegetación. Seguido de esta, la humedad del suelo resultó ser el segundo posible factor limitante de la respiración del suelo, formándose “rangos de humedad de optimización a la RS”, dentro de los cuales la RS se favorece y fuera de ellos decrece. Estos rangos de optimización van a depender directamente del uso que se le dé al suelo.

#### **5. Referencias**

- Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M. (2000). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and drainage paper. FAO: Roma.
- Arévalo C, Chang S, Bhatti J, Sidders D. (2012). Mineralization potential and temperature sensitivity of soil organic carbon under different land uses in the Parkland region of Alberta, Canada. *Soil Science Society of America Journal*, 76: 241–251.
- Barba J, Curiel J, Poyatos R, Janssens I, Lloret F. (2016). Strong resilience of soil respiration components to drought-induced die-off resulting in forest secondary succession. *Oecologia*, 182(1): 27 – 41.

- Bernier R. (1999). Técnicas de muestreo de suelo para análisis de fertilidad. En: Bernier, R. curso de capacitación para operadores del programa de recuperación de suelos degradados INDAP, décima región. Centro regional de investigación Remehue: Chile, 2-14.
- Bosch A, Dörfer C, He J, Schmidt K, Scholten T. (2016). Predicting soil respiration for the Qinghai-Tibet Plateau: An empirical comparison of regression models. *Pedobiologia – Journal of Soil Ecology*, 59: 41-49.
- Cueva A, Yépez E, Garatuza J, Watts C, Rodríguez J. (2012). Diseño y uso de un sistema portátil para medir la respiración del suelo en ecosistemas. *Terra Latinoamericana*, 30(4): 327-336.
- Curiel J, Baldocchi D, Gershenson A, Goldstein A, Misson L, Wong, S. (2007). Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Global Change Biology*, 13: 1-18.
- Decina S, Hutya L, Gately C, Getson J, Reinmann A, Short A, Templer P. (2016). Soil respiration contributes substantially to urban carbon fluxes in the greater Boston area. *Environmental Pollution*, 212: 433-439.
- Fan L, Yang M, Han W. (2015). Soil Respiration under Different Land Uses in Eastern China. *PLoS ONE*. 10(4): e0124198. doi:10.1371/journal.pone.0124198.
- Ferreras L, Costa J, García F. (1999). Temperatura y contenido hídrico del suelo en la superficie durante el cultivo de trigo bajo dos sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo*, 17(2): 39-45.
- Gaceta Departamental de Sucre. (2010). Plan vial departamental de Sucre. Gobernación de Sucre: Sucre, Colombia.
- Gáfríková J, Hanajík P. (2015). Soil respiration, microbial abundance, organic matter and C, H, N, S contents among recovering windthrow sites in Tatra National Park. *Phytopedon (Bratislava)*, 14(1): 7-14.
- Gaumont D, Black T, Riffis T, Barr A, Jassal R, Nesic Z. (2006). Interpreting the dependence of soil respiration on soil temperature and water content in a boreal aspen stand. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 220-235.
- Guntiñas M. (2009). Influencia de la temperatura y de la humedad en la dinámica de la materia orgánica en los suelos de Galicia y su relación con el cambio climático. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, España, 1-749 págs.
- Han G, Xing Q, Luo Y, Rafique R, Yu J, Mickle N. (2014). Vegetation Types Alter Soil Respiration and Its Temperature Sensitivity at the Field Scale in an Estuary Wetland. *PLoS ONE*. 9(3): e91182. doi:10.1371/journal.pone.0091182.
- Kennedy A, Papendick R. (1995). Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50: 243-248.
- Koncz P, Balogh J, Papp M, Hidy D, Pintér K, Fóti S, Klumpp K, Nagy Z. (2015). Higher soil respiration under mowing than under grazing explained by biomass differences. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 103(2): 201-215.
- Kotroczó Z, Veres Z, Biró B, Attila J, Feketec I. (2014). Influence of temperature and organic matter content on soil respiration in a deciduous oak forest. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3: 303 – 310.

- Krebs L. (2003). Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura. I. Desarrollo de un protocolo estándar para medir dióxido de carbono. Tesis de Grado, Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador, p. 1-67.
- Liebig M, Tanaka D, Wienhold B. (2004). Tillage and cropping effects on soil quality indicators in northern Great Plains. *Soil Tillage Res*, 78: 131-141.
- Luo S, Liu G, Li Z, Hu C, Gong L, Wang M, Hu H. (2015). Soil respiration along an altitudinal gradient in a subalpine secondary forest in China. *Forest - Biogeosciences and Forestry*, 8: 526-532.
- Marañón S, Castro J, Kowalski A, Serrano P, Sánchez E, Zamora R. (2009). Efecto de los tratamientos forestales post-incendio sobre los flujos de CO<sub>2</sub> de respiración del suelo. 5º congreso Forestal Español. Sociedad española de Ciencias Forestales: España.
- McCulley R, Boutton T, Archer S. (2007). Soil respiration in a Subtropical Savanna Parkland: response to water additions. *Soil Science Society of America Journal*, 7(3): 820-828.
- Medina M. (2012). Caracterización bioquímica y microbiológica de un suelo de pradera de «*Dactylis glomerata*» y «*Medicago sativa*» bajo diferentes proporciones de siembra. Ediciones Universidad de Salamanca: España.
- Mendiara S. (2012). Efecto de los usos del suelo en la emisión de Dióxido de carbono del suelo a la atmósfera en un agroecosistema semiárido del Valle del Ebro. Tesis para especialización en Industrias Agrarias y Alimentarias. Universidad de VIC, Escuela Politécnica Superior: España.
- Murcia M, Ochoa M. (2008). Respiración del suelo en una comunidad sucesional de pastizal del bosque altoandino en la cuenca del río Pamplonita, Colombia. *Caldasia*, 30(2): 337-353.
- Oviedo L. (2007). Medición de la respiración del suelo en ecosistemas mediterráneos con sistemas de cámaras y analizadores tipo IRGA. Tesis de Maestría. Universidad de Granada, España, p. 1-32.
- Pumpanen J, Kolari P, Ilvesniemi H, Minkinen K, Vesala T, Niinisto S, Lohila A, Larmola T, Morero M, Pihlatie M, Janssens I, Curiel J, Grünzweig J, Reth S, Subke J, Savage K, Kutsch W, Østreg G, Ziegler W, Anthoni P, Lindroth A, Hari P. (2004). Comparison of different chamber techniques for measuring soil CO<sub>2</sub> efflux. *Agricultural and forest Meteorology*, 123: 159-176.
- Raich J, Potter C, Bhagawati D. (2002). Interannual variability in global soil respiration, 1980-94. *Global Change Biology*, 8: 800-812.
- Rey A, Pegoraro E, Tedeschi V, De Parri I, Jarvis P, Valentini R. (2002). Annual variation in soil respiration and its components in a coppice oak forest in Central Italy. *Global Change Biology*, 8: 851-866.
- SEPHU (Sociedad Española de Productos Húmicos). (2009). El cultivo de la Teca. Noticias SEPHU, Sociedad española de productos húmicos S. A.: Zaragoza, España.
- Shi B, Jin G. (2016). Variability of soil respiration at different spatial scales in temperate forests. *Biology and Fertility of Soils*, 52: 561–571.
- Tucker C, Reed S. (2016). Low soil moisture during hot periods drives apparent negative temperature sensitivity of soil respiration in a dryland ecosystem: a multi-model comparison. *Biogeochemistry*, 128 (1-2): 155-169.

- Vargas R, Detto M, Baldocchi D, Allen M. (2010). Multiscale analysis of temporal variability of soil CO<sub>2</sub> production as influenced by weather and vegetation. *Global Change Biology*, 16: 1589-1605.
- Vargas R, Baldocchi D, Allen M, Bahn M, Black T, Collins S, Curiel J, Hirano T, Jassal R, Pumpanen J, Tang J. (2010). Looking deeper into the soil: biophysical controls and seasonal lags of soil CO<sub>2</sub> production and efflux. *Ecological Applications*, 20(6): 1569-1582.

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)