

**Variabilidad del almacenamiento del carbono en suelos cultivados con cacao en la  
provincia El Oro**

**Carbon storage variability in cocoa-grown soils in the province of El Oro**

Jenner Barrera-León, Omar Ramón-Pacheco, Carlos Dominguez-Sánchez, Salomón

Barrezueta-Unda

[jjbarrera\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:jjbarrera_est@utmachala.edu.ec)

**RESUMEN**

Con el objetivo de estimar la variabilidad de carbono secuestrado en suelos cultivados de cacao en la parte baja de la provincia El Oro. Fueron seleccionadas al azar 30 parcelas cultivadas con cacao del tipo Nacional (n=12) y del clon CCN51 (n=18), para lo cual se conformaron transectos de 30 x 15 metros en cada parcela donde se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm a las que realizaron análisis de arena, limo y arcilla, densidad aparente (Da), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno (N) y carbono (C). Para cuantificar la cantidad de C almacenado se empleó la profundidad del muestreo, la Da para determinar el volumen del suelo, el cual se multiplica por el C orgánico. Los resultados mostraron un predominio de la arena (>39%) y el limo (>30%), con poca variabilidad en la Da. La CIC fue superior en los cultivares de Nacional, al igual que el C orgánico (2,2%) y N (0,20%). Los niveles de C fueron 33,096 Mg de C ha<sup>-1</sup> en CCN51 y 45,555 Mg de C ha<sup>-1</sup> en Nacional, sin existir diferencias significativas.

**Palabras clave:** Cacao nacional, CCN51, carbono orgánico, densidad aparente.

**ABSTRACT**

With the objective of estimating the variability of carbon sequestered in cultivated soils of cocoa in the lower part of the El Oro province. Were Randomly selected 30 cultivated plots with cocoa in the national rate (n=12) and clone CCN51 (n=18), which formed transects of 30 x 15 meters in each plot where soil samples were taken at a depth of 0-30 cm to those who carried out analysis of sand, silt and clay, bulk density (Da), cationic exchange capacity (CIC), nitrogen (N) and carbon (C). To quantify the amount of C stored, the depth of the sampling was used, giving it to determine the volume of the soil, which is multiplied by the organic C. The results showed a predominance of the sand (> 39%) and silt (> 30%), with little variability in the Da. CIC was superior in national cultivars, as well as organic C (2.2%)

and N (0.20%). C levels were 33.096 Mg of C ha<sup>-1</sup> in CCN51 and 45.555 mg of C ha<sup>-1</sup> in National without significant differences.

**Keywords:** National cocoa, CCN51, organic carbon, bulk density.

## INTRODUCCIÓN

La evolución de la agricultura en los últimos 70 años trajo consigo cambios drásticos en el manejo del suelo como la compactación, salinización e integración de tierras no aptas para labores agrarias, agregando la sobre utilización de agroquímicos y la deforestación de bosques, aspectos que investigadores como Labrador, (2008); Lal, Follett, Stewart, y Kimble (2007) y Ramachandran-Nair, Mohan-Kumar y Nair (2009) consideran como los factores de la agricultura que contribuyen al calentamiento global por la continua liberación de Gases efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) o Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) a la atmósfera, siendo necesario determinar la cantidad de carbono (C) que los sistemas agrarios pueden almacenar en el suelo (secuestro de carbono) y si el efecto de las fertilización química, uso de agroquímicos y mecanización acentúa la disminución de este elemento en los ecosistemas (Paz-Pellat, Argumedo-Espioza, Cruz-Gaistardo, Etchevers y de Jong, 2016).

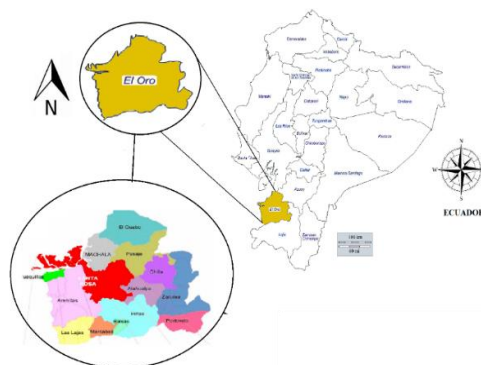
En los últimos 50 años del siglo XX el CO<sub>2</sub> concentrado en la atmósfera aumento de 280 a 367 partes por millón (Tubiello et al., 2015). Los cambio en el uso del suelo se consideran como la segunda fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> después del sector industrial, siendo necesarios los estudios en el ámbito regional y nacional sobre la capacidad del suelo de secuestra C, en sistemas agrosilvopastoriles sin perder competitividad los cultivos como el café, cacao (Concha, Alegre, y Pocomucha, 2007). Con lo expuesto en se planteó el objetivo de estimar la variabilidad de carbono secuestrado en suelos cultivados de cacao en la parte baja de la provincia El Oro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el cultivar cacao en 4 cantones de la provincia de El Oro (Figura 1), seleccionando al azar 30 parcelas cultivadas con el clon CCN51 (n=18) y del tipo Nacional (n=12) con diversos tipos de edad. De acuerdo al mapa ecológico del Ecuador, el sitio de ensayo corresponde a bosque muy seco tropical (bms-T), con una precipitación media anual de 500 mm, una temperatura media anual de 25°C y heliofanía de 2 a 3 horas diarias

(Cañadas Cruz, 1983; Villaseñor, Luna, y Jaramillo, 2016). El trabajo se realizó entre julio y octubre del 2017.

**Figura 1. Ubicación de la investigación**



### **Toma de muestra suelo**

Las muestras se tomaron dentro de transeptos de 30 x 15 metros a 15 cm de profundidad Con un cilindro metálico de 0,05m de diámetro por 0,10 de altura de insertados en el suelo de forma horizontal se tomó las muestras para determinar densidad aparente ( $D_a$ ) y en 1 a 2 kilogramos de suelo para determinar las propiedades físico-químicas, obteniendo un total de 1 muestra de suelo por parcela. Con las muestras codificadas en campo se procedió a la determinación analítica de propiedad física textura a nivel de porcentaje de agregados (arena, limo y arcilla) y la propiedad química pH, CIC por Acetato de amonio pH 7 (tabla 1) que se realizaron en el laboratorio de suelos de Unidad Académica de la UTMACH y en Servicio de Apoyo a la investigación de la Universidade da Coruña, España donde solo se determinó C orgánico elemental.

**Tabla 15. Análisis físico-químicos para muestra de suelo**

Análisis	Propiedades	Métodos
Físicos	Arena, limo y arcilla (%)	Bouyoucos (modificado USDA)
	$D_a$ ( $g^{-1} m^3$ )	Método del cilindro
Químicos	pH	Relacion 1:25 lectura Potenciómetro
	CIC ( $cmol (+) kg^{-1}$ )	Acetato de amonio con pH 7
	C (%)	Análisis elemental
	N (%)	Análisis elemental

### Estimación-almacenamiento de Carbono en suelo

Para obtener el carbono secuestrado, el valor del C orgánico determinado a nivel elemental se multiplica por el peso del suelo (ecuación 1) para obtener los valores en Megagramos (Mg)  $h^{-1}$  (Díaz, Ruiz, Tello, y Arévalo, 2016).

*Ecuación 1*

$$PVs (Mg ha^{-1}) = Da \times Ps \times 10000$$

Dónde: PVs (Mg  $ha^{-1}$ )= Peso del volumen de suelo, Da= Densidad aparente ( $g^{-1} m^3$ ), Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo (cm), 10 000 = Constante para transformar en megagramos. Para establecer el cálculo de Carbono en el suelo (Mg  $ha^{-1}$ ) se aplica la ecuación 2 (Andrade-Castañeda, Seguro-Madrigal, y Rojas-Patiño, 2016).

*Ecuación 2*

$$CS (Mg ha^{-1}) = (PVs \times \% C) / 100$$

Dónde: CS (Mg  $ha^{-1}$ )= Carbono en el suelo, PVs= Peso del volumen de suelo, %C= porcentaje de C, analizados en laboratorio, 100= Factor de conversión. Para comparar los resultados se realizó un análisis descriptivo, de varianza por uso de suelo y profundidad, utilizando para este fin el software SPSS versión 21.

### DISCUSIONES

En la tabla 2 se observa un predominio de arena (38,323%), seguido de limo (34,017%) y una media de Da ( $1.371 g^{-1} m^3$ ). Resultados que concuerdan con investigaciones en suelo de la parte baja de la provincia de El Oro realizados por (Chabla-Carrillo et al., 2015; Más Martínez et al., 2015; Villaseñor, Chabla, y Luna, 2015). Para Aro Flores, Reyes Hernández, Cairo Cairo, y Ferras Negrin, (2016) el predominio de partículas gruesas como la arena en suelo se debe a la formación aluvial, la cual arrastra material fluvio marino y lacustre.

El pH mostró un nivel casi neutro (6,697) con rango de 3,390 que indica algunos suelos en estudio estuvieron una reacción ácida y básica. El CIC fue elevado con una media de 30,507  $cmol (+) kg^{-1}$  con rango de 46,70  $cmol (+) kg^{-1}$  que indica una alta variabilidad, valores que dependen de la cantidad de arcilla, pH y contenido de C orgánico el cual registró una media de 1,854% considerado como bajo. Los niveles de N estuvieron en 0,172% con un error estándar de 0,015.

**Tabla 2. Propiedades físico-químicas de suelo cultivados con cacao en El Oro**

Estadísticos descriptivos propiedades físicas			
	Media	ES(±)	Rango
ARCILLA	27,660	2,043	43,300
LIMO	34,017	2,133	46,700
ARENA	38,323	2,555	56,000
Da	1,371	0,013	0,320
Estadísticos descriptivos propiedades químicas			
	Media	ES(±)	Rango
pH	6,697	0,162	3,390
CIC	30,507	2,245	45,600
C	1,854	0,185	4,308
N	0,172	0,015	0,338

ES(±) Error Estándar

Los análisis de las propiedades del suelo por tipo de cacao se presentan en la tabla 3, donde el cacao Nacional muestra mayor porcentaje de arcilla, pero se mantiene el predominio de la arena, la Da en ambos cultivares son muy similares (CCN51=1,373 g<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>; Nacional=1,367 g<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>) los cuales corresponde a suelos de tipo Franco limosos y Franco arenosos.

La reacción del suelo es ligeramente neutra en CCN51 (pH=6,589) a prácticamente neutra en Nacional (pH=6,858). Los contenidos en cacao Nacional de CIC (35,250 cmol (+) kg<sup>-1</sup>), N (0,200%) y C (2,205%) fueron superiores a CCN51.

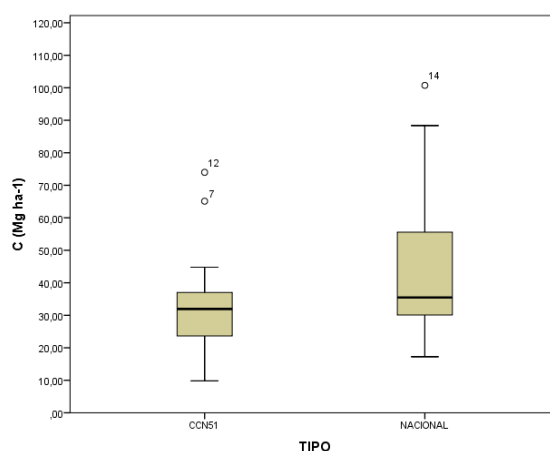
**Tabla 3. Resumen descriptivo de propiedades físico-químicas de suelo por tipos de cacao**

Estadísticos descriptivos propiedades físicas					
TIPO		N	Media	DS(±)	ES(±)
ARCILLA	CCN51	18	26,478	11,940	2,814
	NACIONAL	12	29,433	10,200	2,945
LIMO	CCN51	18	36,267	12,933	3,048
	NACIONAL	12	30,642	8,987	2,594
ARENA	CCN51	18	37,256	14,558	3,431
	NACIONAL	12	39,925	13,569	3,917
Da	CCN51	18	1,373	0,082	0,019
	NACIONAL	12	1,367	0,053	0,015
Estadísticos descriptivos propiedades químicas					
TIPO		N	Media	DS(±)	ES(±)
pH	CCN51	18	6,589	0,923	0,218
	NACIONAL	12	6,858	0,839	0,242
CIC	CCN51	18	27,344	12,417	2,927
	NACIONAL	12	35,250	10,928	3,155
N	CCN51	18	0,154	0,073	0,017

C	NACIONAL	12	0,200	0,096	0,028
	CCN51	18	1,620	0,825	0,194
	NACIONAL	12	2,205	1,197	0,345

En la figura 2 se observa que el valor de almacenamiento de C fue superior en cacao Nacional con una observación fuera de rango que sobre paso los 100 Mg de C ha<sup>-1</sup>. En el caso de CCN51 la media de C secuestrado se ubicó en 33,096 Mg de C ha<sup>-1</sup> inferiores al del tipo de cacao Nacional con 45,555 Mg de C ha<sup>-1</sup>. Valores inferiores a los estimados por Jadán, Torres, y Günter, (2012) en la amazonia ecuatoriana con valores de media >70 Mg de C ha<sup>-1</sup> en CCN51 y > 100 Mg de C ha<sup>-1</sup> en Nacional bajo sombra.

**Figura 2. Diagrama de caja entre tipos de cacao en estudio y los niveles de C secuestrado en suelo**



La prueba T para muestras independiente al 0,05 no muestra diferencias estadísticas entre los tipos de cacao ( $p=0,112$ ). Chafra, Rodríguez, Boucourt, y Torres, (2016) expresa que los niveles de C secuestrado en suelos de clima tropical y con predominio de arena mantiene poca diferencia entre sus ratios siendo el factor manejo el que realmente incide en un mayor o menor secuestro de C.

**Tabla 4. ANOVA entre tipos de cacao**

	prueba t para la igualdad de medias			
	F	t	gl	Sig. (bilateral)
Entre grupos	3,170	-1,639	28,000	0,112
Dentro del grupo		-1,493	16,614	0,154

## CONCLUSIONES

Los suelos en estudio mostraron alta heterogeneidad de las propiedades químicas CIC, N y C. los cultivares de cacao Nacional mostraron mayor secuestro de C en suelo, pero sin mostrar diferencias significativas entre los dos tipos de cacao.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade-Castañeda, H., Seguro-Madrigal, M. & Rojas-Patiño, A. (2016). Carbono orgánico del suelo en bosques riparios, arrozales y pasturas en piedras, Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 233–241.

Aro Flores, R., Reyes Hernández, A., Cairo Cairo, P. & Ferras Negrin, Y. (2016). Propiedades físico-químicas del suelo aluvial en la finca Morrocuya, Barinas para su uso sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 42–49.

Cañadas Cruz, L. (1983). *Mapa bioclimático del Ecuador*. Quito: Banco Central del Ecuador.

Chabla-Carrillo, J., Espinoza-Scaldeferri, E., Barrezueta-Unda, S., Lado-Liñares, M., Vidal-Vázquez, E. & Paz-González, A. (2015). Spatial variability of general properties and micronutrients at the country scale in south Ecuador. In *Pedometrics 2015*. Cordova: Universidad de Córdoba.

Chafla, A. L., Rodríguez, Z., Boucourt, R. & Torres, V. (2016). Bromatological characterization of cocoa shell (*Theobroma cacao*), from seven cantons of the Amazonia, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(2), 245–252.

Concha, J., Alegre, J. & Pocomucha, V. (2007). Determinacion de las reservas de carbon en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Peru. *Ecología Aplicada*, 6, 75–82.

Dias, R., De Abreu, C., De Abreu, M., Paz-Ferreiro, J., Matsura, E. & Gonzalez, A. (2013). Comparison of Methods to Quantify Organic Carbon in Soil Samples from SAo Paulo State, Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(1–4), 429–439.

Díaz, P., Ruiz, G., Tello, C., & Arévalo, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *Revista Intenacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 1(2), 57–67.

Jadán, O., Torres, B. & Günter, S. (2012). Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de

Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revista Amazónica: Ciencias Y Tecnología*, 1(3), 173–186.

Labrador, J. (2008). Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. *SEAE- Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, 1–47.

Lal, R., Follett, R., Stewart, B. & Kimble, J. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Science*, 172(12), 943–956.

Más Martínez, R., Gómez Ruíz, A., García Bautista, R., Ordellana, J., Ventura Cruz, M., Baños Rodríguez, C. & Becerra de Armas, E. (2015). Niveles de los micronutrientes Fe, Zn, Cu, Mn y B en suelos de La Cuenca del Río Guayas. In *I Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH* (pp. 12–16). Machala: Universidad Técnica de Machala.

Paz-Pellat, F., Argumedo-Espioza, J., Cruz-Gaistardo, C., Etchevers, J. & de Jong, B. (2016). Distribución espacial y temporal del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas terrestres de México. *Terra Latinoamericana*, 34, 289–310.

Ramachandran-Nair, P., Mohan-Kumar, B. & Nair, V. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(1), 10–23. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800030>

Tubiello, F., Córdor-Golec, Rocío Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., Rossi, S. & Prospero, P. (2015). *Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura Un Manual para Abordar los Requisitos de los Datos para los Países en Desarrollo*. Disponible en: <https://doi.org/978-92-5-308674-0>

Villaseñor, D., Chabla, J. & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34.

Villaseñor, D., Luna, E. & Jaramillo, E. (2016). Protección del Ambiente Caracterización de las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los suelos del humedal. *Revista La Técnica*, 17(3), 84–95.