



16

ALMACENAMIENTO DEL CARBONO EN VARIOS SUELOS CULTIVADOS CON CACAO EN LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR

CARBON STORAGE IN SEVERAL SOILS PLANTED WITH COCOA IN EL ORO PROVINCE, ECUADOR

Dr. C. Salomón Barrezueta-Unda¹
E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec
Ing. Eduardo Luna-Romero²
Jenner Barrera-León¹

¹ Universidad Técnica de Machala. República del Ecuador.

² Universidad Nacional Agraria "La Molina." República del Perú.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Barrezueta Unda, S., Luna-Romero, E., & Barrera-León, J. (2018). Almacenamiento del carbono en varios suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro-Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 147-154. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

RESUMEN

Con el objetivo de estimar la variabilidad de carbono almacenado 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) tomado como modelo agroforestal y del clon de cacao CCN51 (n=18) como modelo en monocultivo, para lo cual se conformaron transeptos de 30 x 15 metros en el centro de cada parcela de donde se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm a las que realizaron análisis de arena, limo y arcilla por Bouyucos, densidad aparente (Da) por el método del cilindro, pH relación 1:25 con lectura en potenciómetro en laboratorio, Capacidad de intercambio catiónico (CIC) con acetato de amonio pH 7, nitrógeno (N) y carbono (C) en un analizador elemental. Para cuantificar la cantidad de C almacenado se utilizó 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 con medias de 1,37 g-1 m³. La CIC fue superior en los cultivares de Nacional con 35,25 cmol (+) kg⁻¹ al determinado en CCN51 (27,34 cmol (+) kg⁻¹), al igual que el C orgánico (2,2%) y N (0,20%). Los niveles de C almacenados fueron de 33,096 Mg de C ha⁻¹ en CCN51 y 45,555 Mg de C ha⁻¹ en Nacional, sin existir diferencias significativas (p=0,117).

Palabras clave: Cacao Nacional, CCN51, carbono orgánico, densidad aparente.

ABSTRACT

With the objective of estimating the variability of carbon stored in cultivated soils of cocoa in the lower part of the province El Oro, were selected at random 30 parcels cultivated with cacao of the national type (n = 12) taken as Agroforestry model and of the clone of cocoa CCN51 (n = 18) as a monoculture model, for which transects of 30 x 15 meters were formed in the center of each plot from where soil samples were taken at a depth of 0-30 cm to which they performed sand, silt and clay analyses by Bouyucos, apparent density (Da) by cylinder method, PH ratio 1:25 with reading in laboratory potentiometer, cation exchange Capacity (CIC) with ammonium acetate PH 7, nitrogen (N) and carbon (C) in an elemental analyzer. To quantify the amount of C stored, the depth of the sampling was used, given to determine the soil volume, which is multiplied by the organic C. The results showed a predominance of the sand (> 39%) and the silt (> 30%), with little variability in the Da with means of 1.37 g-1 m³. CIC was higher in the cultivars of Nacional with 35.25 cmol (+) kg⁻¹ to determined in CCN51 (27.34 cmol (+) kg⁻¹), as well as organic C (2.2%) and N (0.20%). The stored C levels were 33.096 mg of C ha⁻¹ in CCN51 and 45.555 mg of C ha⁻¹ in Nacional, without significant differences (P = 0,117).

Keywords: National cocoa, CCN51, organic carbon, apparent density.

INTRODUCCIÓN

La evolución de la agricultura desde la década de los años 50 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 & Kimble (2007); y Ramachandran-Nair, Mohan-Kumar & Nair (2009) agroforestry has become recognized the world over as an integrated approach to sustainable land use because of its production and environmental benefits. Its recent recognition as a greenhouse gas mitigation strategy under the Kyoto Protocol has earned it added attention as a strategy for biological carbon (C, en otros los 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 (CO₂), metano (CH₄) o Óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera, siendo necesario determinar la cantidad de carbono (C) que los sistemas agrarios pueden almacenar en el suelo (almacenamiento de carbono) y si el efecto de las fertilización química, uso de pesticidas y mecanización agrícola, acentúa la disminución de este elemento en los ecosistemas (Paz-Pellat, Argumedo-Espioza, Cruz-Gaistardo, Etchevers & De Jong, 2016).

En este contexto el suelo cumple el papel de almacén de grandes cantidades de Carbono (C) como lo expresa Dias, et al. (2013); y Nocita, Stevens, Noon & Van Wesemael (2013), además es el principal elemento biogeoquímico del planeta, el cual está presente dentro de la estructuras orgánicas en un 99,99 %, siendo su determinación fundamental para comprender e interpretar fenómenos como la adsorción de nutrientes en condiciones agroforestales y hasta que nivel mejor las condiciones del suelo a través del aporte de biomasa de las plantas superiores (Minasny et al., 2017) Chile, South Africa, Australia, Tanzania, Indonesia, Kenya, Nigeria, India, China Taiwan, South Korea, China Mainland, United States of America, France, Canada, Belgium, England & Wales, Ireland, Scotland, and Russia.

Tubiello, et al. (2015) presentados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, menciona que desde 1950 años hasta el año 2000 el CO₂ concentrado en la atmósfera aumento de 280 a 367 partes por millón, gran parte de estas emisiones se debe al cambio en el uso del suelo, que se consideran como la segunda fuente CO₂ después del sector industrial, siendo necesarios los estudios en el ámbito regional y nacional sobre la capacidad del suelo

de almacenar C, en especial en el modelo agrícola agroforestal sin perder su capacidad productiva y garantizar la sostenibilidad, ejemplo de este modelo son los cultivos de café y cacao (Concha, Alegre & Pocomucha, 2007).

El ciclo C terrestre está estrechamente ligado a las necesidades metabólicas de las plantas y parte intrínseca de la materia orgánica del suelo (MOS) la cual es suministrada desde la vegetación como residuos de la biomasa (De Rouw, Soullieuth & Huon, 2015); influyendo las proporciones de C en la liberación de los nutrientes esenciales para la sostenibilidad de los ecosistemas como lo expresan (Gautam et al, 2016).

Las plantaciones forestales y los modelos agroforestales son una opción equilibrada para incrementar el secuestro de carbono en los agroecosistemas (Andrade, Segura & Varona, 2015). En este contexto los cultivos de cacao son considerado como prestadores de servicios ecosistémico cuando el modelo agroforestal se maneja de forma sostenida, debido a que se integran con otras especies vegetales, como el café, plátano, frutales (cítricos, mango, etc.) y maderables (Laurel, Palo Santo, etc.), los cuales producen sombra y permiten al agricultor tener otras alternativas de ingresos (Barrezueta-Unda & Chabla-Carrillo, 2017).

Preciado, Ocampo & Ballesteros (2011), expresan que el sistema tradicional de producción de cacao se caracteriza tener arreglos espaciales y temporales muy diversos lo cual genera alta variabilidad de los ratios de carbono en el suelo como lo determino Jadán, Torres & Günter (2012), con estimaciones >80 mega gramos (Mg) ha⁻¹ año⁻¹ en la amazonia ecuatoriana

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 a una profundidad de cero a 30 cm.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los municipios de El Guabo, Machala, Santa Rosa y Pasaje en la provincia de El Oro en la costa sur del Ecuador (Figura 1), localizado entre las coordenadas 3.05°-3.62° de latitud Sur y 79.55°-80.06° longitud Oeste. La región presenta condiciones climáticas con temperatura promedio de 26,1 °C y precipitación promedio anual de 575,8 mm y heliofanía de 2 a 3 horas diarias (Cañadas Cruz, 1983; Villaseñor, Luna & Jaramillo, 2016). Con una diferencia topográfica de 01 a 702 m snm entre los puntos de muestreo (Figura 1D). Los suelos son de origen aluvial, encontrando los

órdenes Inceptisol, Alfisol y Entisol, con vegetación circundante de tipo arbórea con manejo agronómico para fines comerciales (Villaseñor, et al., 2015). El trabajo se realizó entre julio y octubre del 2017.

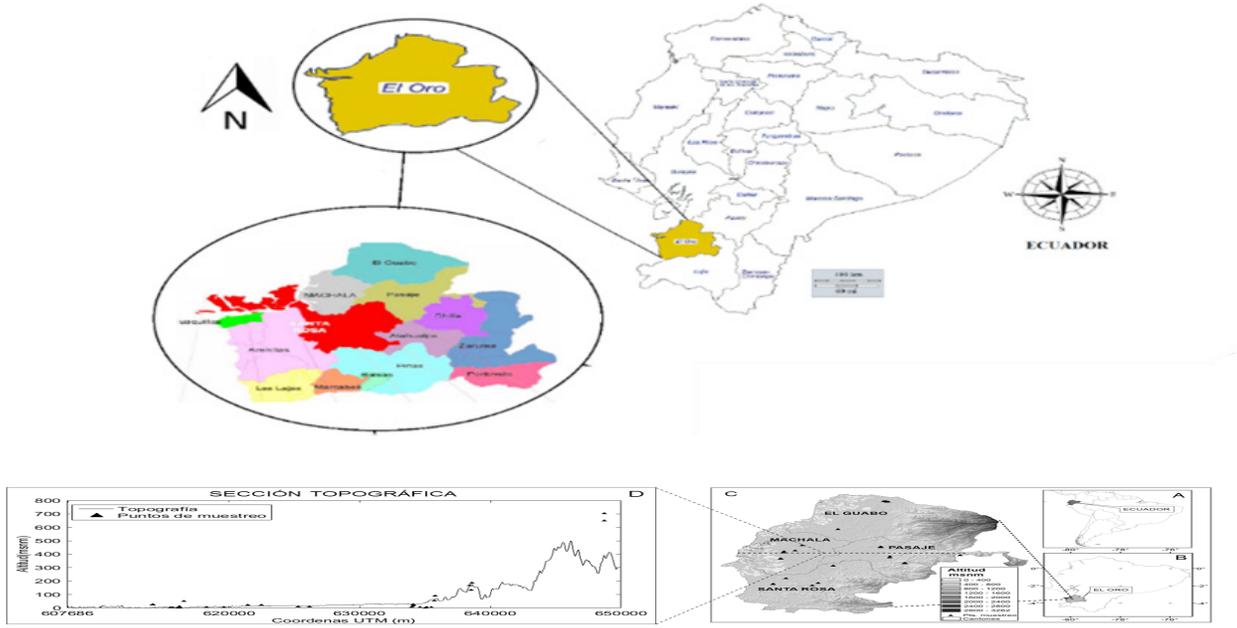


Figura 1. Ubicación de la investigación: A) Ubicación geográfica de Ecuador en Sudamérica. B) Ubicación de la provincia El Oro. C) Modelo de elevación digital (DEM) del área de estudio (Machala, El Guabo, Pasaje, Santa Rosa), y los 30 puntos de muestreo. D) Perfil de sección topográfica (línea color negro) y puntos de muestreo, el eje x representa la ubicación geográfica en coordenadas UTM (m) y el eje y es la altitud (m snm).

Selección de las parcelas

En los cuatros municipios se delimito dos segmentos, en función de los modelos de producción agrícola agroforestal (Figura 2A) y de monocultivo (Figura 2B). A continuación, se realizó un muestreo al azar con dos criterios de selección como son: a) fincas con más de dos años en plena producción y b) la extensión de las fincas fue entre 2 a 8 hectáreas (ha). Donde fueron seleccionadas 12 parcelas de cacao Nacional (modelo agroforestal) y 18 parcelas cultivadas con el clon CCN51 (modelo monocultivo).



Figura 2. Producción de cacao en la provincia El Oro: A) cultivo de cacao en modelo agroforestal; B) cultivo de cacao en modelo monocultivo.

Toma de muestra suelo

Identificadas las parcelas las muestras se tomaron dentro de transectos de 30 x 15 metros (m) en doble W de cero a 30 centímetros (cm) de profundidad, con un cilindro metálico de 0,05 m de diámetro por 0,10 de altura, los cuales fueron de insertados en el

suelo de forma horizontal, para tomar las muestras utilizada para determinar densidad (Da).

De cada transecto también se extrajo de 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 en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala. Las propiedades físicas fueron: a) textura a nivel de porcentaje de agregados (arena, limo y arcilla) por Bouyucos y b) Da por el método del cilindro, donde se registró el peso de los cilindros con el suelo húmedo antes de colocarlos en la estufa a 105 °C y vuelvo a pesar después de 72 horas. Las propiedades químicas determinadas fueron pH con una relación 1:25 con lectura en potenciómetro, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por Acetato de amonio pH 7.

En el Servicio de Apoyo a la investigación de la Universidad da Coruña, España se determinó C orgánico y Nitrógeno (N) total en un analizador elemental modelo Flash EA1112 marca Thermo Finnigan, las cuales fueron encapsulada en estaño 0,01 g de suelo obteniendo los resultados en porcentaje.

Estimación almacenamiento de Carbono en suelo

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 como lo recomienda Díaz, Ruiz, Tello & 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 m³), Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo (cm), 10 000 = Constante para transformar en Mg.

Para establecer el cálculo de Carbono en el suelo (Mg ha⁻¹) se aplica la ecuación 2 propuesta por Andrade-Castañeda, Seguro-Madrugal & Rojas-Patiño (2016).

Ecuación 2

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

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 compara los resultados se realizó un análisis descriptivo, de varianza por uso de suelo y profundidad, utilizando para este fin el software SPSS versión 21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observa un predominio de arena (38,32%), seguido de limo (34,02%) y una media de Da (1.37 g⁻¹ m³). 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 & 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 arrastro material fluvio marino y lacustre.

El pH mostro un nivel casi neutro (6,70) con rango de 3,39 que indica algunos suelos en estudio estuvieron una reacción acida y básica. El CIC fue elevado con una media de 30,51 cmol (+) kg⁻¹ con rango de 45,60 cmol (+) kg⁻¹ que indica una alta variabilidad, valores que depende la cantidad de arcilla, pH y contenido de C orgánico, el cual registro una media de 1,85% considerado como bajo, pero con rango de 4,3%. Los niveles de N estuvieron en 0,17% con un erro estándar de 0,015.

Tabla 1. Resumen descriptivo de propiedades físico-químicas de suelo cultivados con cacao en la provincia El Oro (n=30).

Estadísticos descriptivos propiedades físicas			
	Media	ES(±)	Rango
ARCILLA (%)	27,66	2,04	43,30
LIMO (%)	34,01	2,13	46,70
ARENA (%)	38,32	2,56	56,00
Da (g-1 m3)	1,371	0,01	0,32
Estadísticos descriptivos propiedades químicas			
	Media	ES(±)	Rango
pH	6,70	0,16	3,39
CIC (cmol (+) kg-1)	30,51	2,25	45,60
C (%)	1,85	0,19	4,31
N (%)	0,17	0,02	0,34

ES(±) Error Estandar

Los análisis de las propiedades del suelo por tipo de cacao se presentan en la tabla 2, donde el cacao Nacional muestra mayor porcentaje de arcilla, pero se mantiene el predominio de la arena, la Da en ambos cultivare son muy similares (CCN51=1,37 g⁻¹ m³; Nacional=1,37 g⁻¹ m³) los cuales corresponde a suelos de tipo Franco limosos y Franco arenosos.

La reacción del suelo es ligeramente neutra en CCN51 (pH=6,57) a prácticamente neutra en Nacional (pH=6,86). Jaime-Proaño (2006), estudió algunos suelos del litoral ecuatoriano cultivado con cacao presentando valores de pH que oscilaron

entre 7,14 a 7,54 los cuales mantenían rendimientos para cacao Nacional y CCN51 >4500 kg ha⁻¹. En el caso del CIC los contenidos en cacao Nacional fueron (35,25 cmol (+) kg⁻¹) fueron superiores a CCN51 valores altos para este cultivo (Puentes-Páramo et al., 2014) localizado en el municipio de Miranda, Cauca (Colombia, pero que indicaron buena fertilidad característicos de suelo francos arcilloso con altos niveles de MO (Fuentes Yague, 1994).

El C y N registraron una media de 2,21% y 0,20% respectivamente valor que se ajusta al criterio de que los suelos en clima tropical cultivados con cacao mantiene un nivel medio de estos elementos, debido a la extracción del C y N en la adsorción de nutrientes, elemento que necesita ser compensado con la aplicación de fuentes orgánicas como humus o compost (Hartemink, 2005).

Tabla 2. Resumen descriptivo de propiedades físico-químicas de suelo por tipos de cacao.

Estadísticos descriptivos propiedades físicas					
TIPO		N	Media	DS(±)	ES(±)
ARCILLA (%)	CCN51	18	26,48	11,94	2,81
	NACIONAL	12	29,43	10,20	2,95
LIMO (%)	CCN51	18	36,27	12,93	3,05
	NACIONAL	12	30,64	8,99	2,59
ARENA (%)	CCN51	18	37,26	14,56	3,43
	NACIONAL	12	39,93	13,57	3,92
Da	CCN51	18	1,37	0,08	0,02
	NACIONAL	12	1,37	0,05	0,02
Estadísticos descriptivos propiedades químicas					
TIPO		N	Media	DS(±)	ES(±)
pH	CCN51	18	6,59	0,92	0,22
	NACIONAL	12	6,86	0,84	0,24
CIC (cmol (+) kg ⁻¹)	CCN51	18	27,34	12,42	2,93
	NACIONAL	12	35,25	10,93	3,16
N (%)	CCN51	18	0,15	0,07	0,02
	NACIONAL	12	0,20	0,10	0,03
C (%)	CCN51	18	1,62	0,83	0,19
	NACIONAL	12	2,21	1,20	0,35

En la Figura 2 se observa que el valor de almacenamiento de C fue superior en el tipo de cacao Nacional con una observación (14) fuera de rango que sobre paso los 100 Mg de C ha⁻¹. En el caso de CCN51 la media de C secuestrado se ubicó en 33,096 Mg de C ha⁻¹ inferiores al del tipo de cacao Nacional con 45,555 Mg de C ha⁻¹. Valores menores a los estimados por Jadán, Torres & Günter (2012), en la amazonia ecuatoriana con media >70 Mg de C

ha⁻¹ en CCN51 y > 100 Mg de C ha⁻¹ en Nacional bajo sombra.

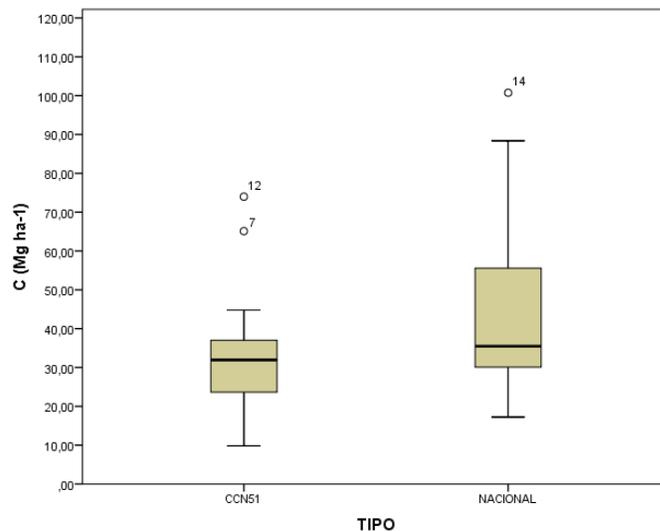


Figura 2. Diagrama de caja entre tipos de cacao en estudio y los niveles de C secuestrado en suelo.

La prueba T (Tabla 3) para muestras independiente al 0,05 no muestra diferencias estadísticas entre los tipos de cacao (p=0,112). Chafra, Rodríguez, Boucourt & 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 almacenamiento de C.

Tabla 3. Prueba t para muestra independiente 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 almacenamiento de C en suelo el cual mantuvo un modelo agroforestal, pero sin mostrar diferencias significativas con el clon de cacao CCN51 cultivado en monocultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Castañeda, H., Seguro Madrigal, M., & Rojas Patiño, A. (2016). Carbono orgánico del suelo en bosques riparios, arrozales y pasturas en piedras, Toluima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 233–241. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/437/43745945002/>
- Andrade, H., Segura, M., & Varona, J. (2015). Estimation of the carbon footprint of the production system of sugar cane (*Saccharum officinarum*) in Palmira, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental*, 6(1), 19–28. Recuperado de <http://oaji.net/pdf.html?n=2017/5565-1508814599.pdf>
- 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. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/85/116/>
- Barrezueta-Unda, S., & Chabla-Carrillo, J. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro. *Agroeconomía Revista La Técnica*, 25–34. <http://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/952>
- 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*. Córdoba: Universidad de Cordova.
- 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. Recuperado de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85007321749&partnerID=40&md5=1c5aba4a5aecb1232b4891ceb0fabe3a>
- Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (2007). Determinación 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. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a09v6n1-2.pdf>
- De Rouw, A., Soulileuth, B., & Huon, S. (2015). Stable carbon isotope ratios in soil and vegetation shift with cultivation practices (Northern Laos). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 161–168. Recuperado de <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010063898>
- Dias, R. D., De Abreu, C. A., De Abreu, M. F., Paz-Ferreiro, J., Matsura, E. E., & Gonzalez, A. P. (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. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2013.742345>
- 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*, 2(1-2), 57–67. Recuperado de <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/22/06>
- Fuentes Yague, J. L. (1994). *El suelo y los fertilizantes* (Cuarta). Madrid: Mundi-Prensa.
- Gautam, M. K., Lee, K.-S., Song, B.-Y., Lee, D., & Bong, Y.-S. (2016). Early-stage changes in natural ¹³C and ¹⁵N abundance and nutrient dynamics during different litter decomposition. *Journal of Plant Research*, 129(3), 463–476. Recuperado de <https://europepmc.org/abstract/med/26915037>
- Hartemink, A. E. (2005). *Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: A review* (Vol. 86). Wageningen: Advances in Agronomy.
- 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. Recuperado de <https://www.uea.edu.ec/revista/images/ARTICULO2/influencia-tierra-almacenamiento-carbono-sistemas-productivos-revista-cientifica-articulo-2-vol-1-N-3.pdf>
- Jaime-Proañó, C. (2006). Determinación de la curva de absorción de nutrientes en el cultivo de cacao fino de aroma bajo riego localizado y su influencia en la salinidad del suelo , provincia del Guayas. *X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Guayaquil: Sociedad Ecuatoriana de Ciencias del Suelo.
- Labrador, J. (2008). Manejo Del Suelo En Los Sistemas Agrícolas De Producción Ecológica. *SEAE- Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, 1–47. Recuperado de http://five.dsm.usb.ve/bibliografia/manejo_de_suelos.pdf
- Lal, R., Follett, R. F., Stewart, B. A., & Kimble, J. M. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Science*, 172(12), 943–956. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300849545>

- 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. *I Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Minasny, B., et al. (2017). Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, *292*, 59–86. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706117300095>
- Nocita, M., Stevens, A., Noon, C., & Van Wesemael, B. (2013). Prediction of soil organic carbon for different levels of soil moisture using Vis-NIR spectroscopy. *Geoderma*, *199*, 37–42. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/7/613/pdf>
- 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. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/573/57346617004/>
- Preciado, O., Ocampo, C., & Ballesteros, W. (2011). Caracterización del sistema tradicional de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.), en seis núcleos productivos del municipio de Tumaco, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *28*(2), 58–70. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/42635/46836>
- Puentes-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J., Gómez-Carabalí, A., & Aranzazu-Hernández, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica*, *63*(2), 145–152. Recuperado de http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/40041/45755
- Ramachandran-Nair, P. K., Mohan-Kumar, B., & Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *172*(1), 10–23. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.200800030>
- Tubiello, F., et al. (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*. Roma: FAO.
- 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. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5121>
- 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.