

Secuestro de Carbono en suelos cultivados con cacao nacional en la parroquia

Progreso

Carbon sequestration in soils cultivated with national cocoa in the Progreso parish

Stalin Sanmartin, Salomón Barrezueta-Unda

talinsanmartin@hotmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de cuantificar la captura de carbono en suelos del orden Inceptisol cultivados con *Theobroma cacao* L. tipo Nacional a diferentes profundidades y compara con un suelo en Barbecho. Se delimitaron en la parroquia Progreso, cantón Pasaje-Ecuador 3 parcelas, 2 en el cultivar cacao y una en barbecho. Las muestras se tomaron sobre un transecto de 30 metros a 0-15-30 m, extrayendo el suelo a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-40 centímetros) proceso que se repitió en las tres parcelas. Las determinaciones analíticas fueron: densidad aparente (Da) por método del cilindro, proporciones de arcilla, limo y arena por Bouyoucos, pH (relación 1:25) y materia orgánica (MO) por Walkey Black. Los resultados mostraron un predominio de arena (50-65% en las tres parcelas, relacionado los rangos Da (1,38-1,59 g⁻¹ m³) con las clases texturales franco arenoso para cacao y franco arcillo arenoso para el suelo en barbecho. El pH en suelo fue prácticamente neutro (pH 6,73) en cacao y acida (pH 4,77) para el uso en barbecho. El nivel de MO del suelo fue >4,67% de 0 a 10 cm para uso cacao que descendieron en el perfil sin llegar a obtener registros inferiores a ≤0,75% como el suelo en barbecho. El mayor registro de C almacenado fue de 36,78 Mg ha⁻¹ en el primer sustrato del cacao, seguido de 18,75 Mg ha⁻¹ y 28,66 Mg ha⁻¹ en la segunda y tercera profundidad, mientras que en barbecho el valor más alto fue de 8,39 de Mg C ha⁻¹ en el estrato 20-40 cm, resultados que demuestran diferencias significativas entre los dos usos de suelo y las profundidades a las que se tomaron las muestras, incidiendo la biomasa generada por el cultivar cacao en los niveles de C.

Palabras clave: Barbecho, cacao, uso de suelo, materia orgánica.

ABSTRACT

With the aim of quantifying the carbon sequestration in soils of the order Inceptisol cultivated with *Theobroma cacao* L. National type at different depths and compare with a fallow soil. Three parcels were delimited in Progreso parish, Pasaje-Ecuador canton, two in the cultivation of cacao and one in fallow. The samples were taken on a 30 meter transept at 0-

15-30 m, extracting the soil at three depths (0-10, 10-20 and 20-40 cm), a process that was repeated in the three plots. The analytical determinations were: apparent density (Da) by cylinder method, proportions of clay, silt and sand by Bouyoucos, pH (ratio 1:25) and organic matter (MO) by Walkey Black. The results showed a predominance of sand with values between 50-65% in the three plots, related the Da ranges ($1.38-1.59 \text{ g}^{-1} \text{ m}^3$) with the sandy loam textures classes for cocoa and sandy clay loam for the fallow ground. The pH ranges in the soil were practically neutral (pH 6.73-6.75) in cocoa and acid (pH 4.77-4.83) for fallow use. Soil OM levels were high (4.67%) from 0 to 10 cm for cocoa use, which fell in their profile in order to obtain records below $\leq 0.75\%$ as fallow land. The highest recorded C in use was 36.78 Mg ha^{-1} in the first cocoa substrate, followed by 18.75 Mg ha^{-1} and 28.66 Mg ha^{-1} in the second and third depth, while in fallow the highest value of $8.39 \text{ Mg C ha}^{-1}$ in the stratum 20-40 cm, results that contain significant differences between the land uses and the depths at which the samples were taken, affecting the biomass generated by the cultivate cocoa in the levels of C.

Keywords: Fallow, cocoa, land use, organic matter.

INTRODUCCIÓN

Se ha estimado que la deforestación y la transición de bosque a tierras de cultivo ha llegado a constituir hasta el 20% de las emisiones de gas de invernadero (GEI) a nivel mundial (Tubiello *et al.*, 2015). Vidal-Solórzano y Vera-Moreina (2017) citan que Ecuador representa el 0,2% de la población mundial y es responsable por un 0,1% de las emisiones de GEI del planeta, con un promedio de emisión de 2,2 Megagramos (Mg) de Dióxido de Carbono (CO_2) por persona ha^{-1} .

Con este panorama una de las estrategias para disminuir las emisiones de los GEI es la captura de carbono orgánico en el suelo (COS), principalmente en sistemas de uso de la tierra en sistema forestales y agroforestales. Pero la deforestación causada por los modelos agrícolas intensivo tipo monocultivo, incrementaron los niveles de CO_2 en la atmósfera (Andrade-Castañeda, Seguro-Madrigal, y Rojas-Patiño, 2016).

En la provincia de El Oro los suelos predominante en la parte baja de la provincia que comprende a los cantones El Guabo, Pasaje, Machala y Santa Rosa en la cual se cultiva cacao corresponde a los órdenes Inceptisol, Entisol y Alfisol (Barrezueta-Unda, Prado-Carpio, Jimbo-Sarmiento, 2017; Villaseñor, Chabla, Luna, 2015), centrando la investigación en la

parroquia Progreso del cantón Pasaje donde los suelos son Inceptisol, orden que es el segundo con mayor porcentaje de C almacenado en el planeta con 352 Gt de C después de Histisoles (357 Gt C) y por delante de Entisol (148 Gt C) y Alfisol (127 Gt C) como lo detalla (Lal, Follett, Stewart, y Kimble, 2007). Por tanto, los objetivos del artículo son cuantificar la captura de carbono en suelos del orden Inceptisol cultivados con *Theobroma cacao* L. tipo Nacional a diferentes profundidades y comparado con un suelo en Barbecho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en la finca *Nueva Esperanza* cultivado con cacao tipo nacional de 50 años y finca *La María* en descanso por 15 años y que antes estuvo dedicada al pastoreo libre de ganado vacuno. Ambas fincas se ubican en la parroquia El Progreso del cantón Pasaje, perteneciente a la provincia de El Oro-Ecuador (figura 1).

Con las siguientes coordenadas geográficas 79°42'01''W, 03°15'09''S, entre 20 – 300 msnm. 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 (Villaseñor, Luna, y Jaramillo, 2016). El trabajo se realizó entre abril y junio del 2017.

Toma de muestra suelo

Se establecieron tres parcelas temporales (dos para el uso de suelo cacao y una para el suelo en Barbecho) en el centro de cada finca, donde se establecieron dos transeptos de 30 metro (m) por 10 m de ancho con una separación de 50 m en paralelo entre transeptos. Las muestras se tomaron cada 15 m (0-15-30 m) en el centro del transepto a profundidades de 0-10 centímetros (cm), 10-20 cm y 20-40 cm de formando escalones.

Con un cilindro metálico de 0,05 m de diámetro por 0,10 m de altura de insertados en el suelo de forma horizontal se tomó las muestras para determinar Da y en 1 a 2 kilogramos de suelo para determinar las propiedades físico-químicas, obteniendo un total de 9 muestras de suelo por transepto conformando en total 27 muestras.

Estimación almacenamiento de Carbono en suelo

Estimados los valores de MO del suelo se multiplico por el coeficiente 1,725 para obtener carbono orgánico, valor que se multiplico por el peso del suelo y obtener los niveles de C convertidos a Megagramos (Mg) h^{-1} (Díaz, Ruiz, Tello, y Arévalo, 2016).

Ecuación 1

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

Donde: 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 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

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

Donde: 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; así como, una prueba de comparación múltiple de medias (HDS Tukey al 5%). Para este fin el software SPSS versión 21.

RESULTADOS

Las propiedad físicas (Tabla 1), densidad aparente (Da) expreso el menor coeficiente de variación (CV%) en los tres estratos para ambos usos de suelo, obteniendo la menor media (1,38 g⁻¹m³) en el estrato 0-10 cm en el uso suelo cacao seguido de 1,42 g⁻¹m³ en barbecho también en el primer estrato descendiendo los valores a 1,59 g⁻¹m³ a 20-40 en cacao y 1,50 g⁻¹m³ para barbecho. Valores típicos de clases texturales franco arenoso y arenoso producto de una formación aluvial de material lacustre (Campitelli, Aoki, Gudelj, Rubenacker, y Sereno, 2011).

En el caso de las variables granulométricas se observa por cada profundidad un predominio de arena (67,67%-63,33%-63%), seguido de limo (19,33%-20,67%-20,33%) y arcilla (13,00%-16,00%-16,67%) en el cultivo de cacao la cual corresponde a una clase textural Franco arenoso. Mientras que el suelo en barbecho el contenido de arcilla (30,00%-31,33%-32,67%) fue superior a limo (20,00%-19,33%-18,67%) aunque el contenido de arena fue <60%, los suelos mantienen la condición de suelos franco arenosos y franco arcillo arenoso.

Tabla 1. Propiedades físicas: densidad aparente y porcentajes de arcilla, limo y arena

		Cacao			Barbecho		
		PROFUNDIDAD (cm)			PROFUNDIDAD (cm)		
		0_10	10_20	20_40	0_10	10_20	20_40
Da (g ⁻¹ m ³)	Media	1,38	1,45	1,59	1,42	1,50	1,44
	CV(%)	6,83	3,22	5,33	5,50	1,54	7,67
ARCILLA (%)	Media	13,00	16,00	16,67	30,00	31,33	32,67
	CV(%)	28,78	20,92	31,90	30,55	9,75	15,41
LIMO (%)	Media	19,33	20,67	20,33	20,00	19,33	18,67
	CV(%)	24,19	21,78	27,41	10,00	5,97	16,37
ARENA (%)	Media	67,67	63,33	63,00	50,00	49,33	48,67
	CV(%)	12,03	9,30	16,53	16,00	8,44	16,61

En la tabla 2 se presenta la media pH en el uso de suelo cacao con un valor de 6,75 en el primer estrato a 6,73 en el tercer estrato que corresponde a suelos prácticamente neutros. En el caso de barbecho el suelo fue ácido con valores entre 4,83 y 4,77. La variable materia orgánica (MO) en cacao fue alta entre 0_10 cm con 4,67% descendiendo a 1,55% en la profundidad 20_40 cm. En el uso de suelo Barbecho los valores de MO fueron bajos en los tres estratos (0,74%-0,46%-0,90%), presento la mayor desviación estándar (DS±). La condición de neutralidad del suelo incide en los niveles de MO en cacao, siendo característico en los suelos en la provincia de El Oro estos valores en el estrato 0-30 cm con rangos mínimos que van de 2,80% a 4,00% de MO (Más Martínez et al., 2015; Valarezo, Iñiguez, Valarezo, y Guaya, 1998).

Tabla 2. Estadística descriptiva de pH y materia orgánica por uso de suelo

		Cacao			Barbecho		
		PROFUNDIDAD (cm)			PROFUNDIDAD (cm)		
		0_10	10_20	20_40	0_10	10_20	20_40
pH	Media	6,75	6,77	6,73	4,83	4,77	4,83
	CV(%)	7,24	9,42	5,76	10,21	7,94	10,21
MO (%)	Media	4,67	2,22	1,55	0,74	0,46	0,51
	CV(%)	49,81	34,45	37,80	86,98	82,69	64,18
CO (%)	Media	2,71	1,29	0,90	0,43	0,27	0,29
	CV(%)	49,82	34,53	37,90	87,11	82,61	64,44

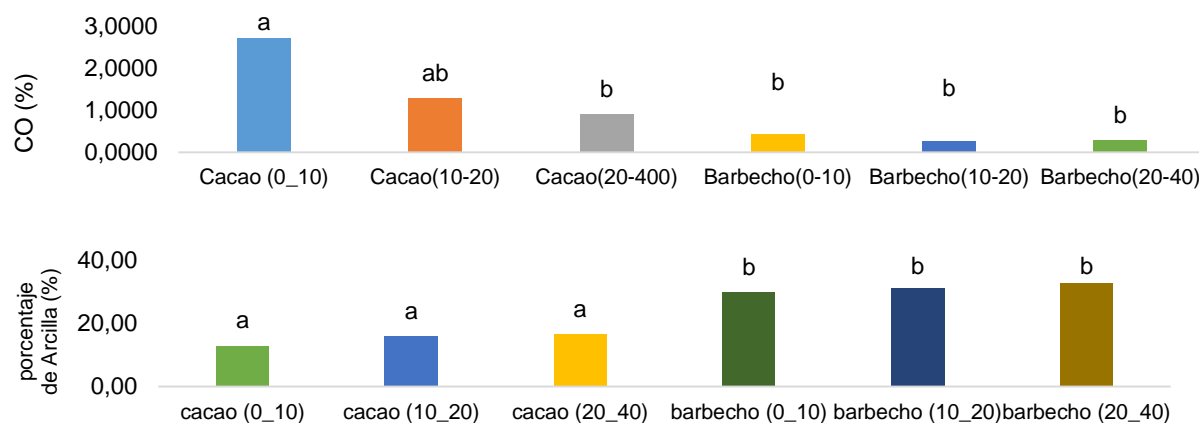
La tabla 3 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) al 5% por uso de suelo donde Da con un p=0,813 fue la unidad variable (arcilla p<0,000) y CO p=0,010) que no mostro diferencia significativa entre grupos. En el análisis por profundidades las tres variables Da (p=0,004), arcilla (p<0,00) y CO (p<0,00) mostraron diferencias estadísticas. Tomando como referencia el trabajo de (Arévalo-Gardini et al., 2015) que explican que los suelos del orden Inceptisol

se conforman de capas con predominio de proporciones de limo y arena, como los obtenidos en la investigación que inciden en la variabilidad de los datos. Otro factor es el aporte de biomasa de las plantas lo que modifica sus porciones a través del perfil (Rincón, Marina, y Muñoz, 2005).

Tabla 3. ANOVA por uso de suelo y profundidad

Uso de suelo						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Da	Entre grupos	0,005	2	0,002	0,209	0,813
	Dentro de grupos	0,272	24	0,011		
ARCILLA	Entre grupos	1584,296	2	792,148	35,587	0,000
	Dentro de grupos	534,222	24	22,259		
CO	Entre grupos	10,255	2	5,127	5,611	0,010
	Dentro de grupos	21,931	24	0,914		
Profundidades						
Da	Entre grupos	0,147	5	0,029	4,809	0,004
	Dentro de grupos	0,129	21	0,006		
ARCILLA	Entre grupos	1613,852	5	322,770	13,431	0,000
	Dentro de grupos	504,667	21	24,032		
CO	Entre grupos	21,079	5	4,216	7,971	0,000
	Dentro de grupos	11,107	21	0,529		

El test de Tukey al 5% muestra en los porcentajes de CO (Figura 1) diferencias significativas en el uso de suelo cacao, obteniendo valores que decrecen a medida que se profundizó en el perfil. En el caso del suelo barbecho las ratios de CO fueron <1% sin diferencia estadística entre los estratos analizados. Para el caso de la arcilla se formaron dos subconjuntos por uso de suelo, los cuales no se modifican de forma significativa a medida que se defiende en el perfil. Para Chafra, Rodríguez, Boucourt, y Torres, (2016), los niveles bajos de carbono orgánico obtenidos en suelos en descanso o barbecho son la escasa biomasa que aporta la vegetación espontánea (malezas y arbustos) y una baja población de organismos descomponedores, factores que en el cultivo de cacao no son deficitarios.

Figura 1. Test HDS de Tukey (0,05) por uso del suelo y profundidad para CO y arcilla

En la tabla 4 se muestra las medias por profundidad del C almacenado en suelo, donde el ANOVA indica diferencias estadísticas ($p < 0,05^{**}$) para todos los estratos en cacao y a la profundidad 10_20 cm en barbecho. El test de Tukey indico cinco subconjuntos, siendo el primer estrato (0_10 cm) en cacao el que mayor media expreso.

Tabla 4. ANOVA y comparación de medias HDS Tukey 5%, para C (Mg ha^{-1})

		N	Media	Test de Tukey 0,05
Cacao	0_10	6,00	36,78**	c
	10_20	6,00	18,75**	abc
	20_40	6,00	28,66**	bc
Barbecho	0_10	3,00	6,10	ab
	10_20	3,00	4,01**	a
	20_40	3,00	8,39	ab

^{Sn} Sin diferencia estadística al 0,05

** Diferencia estadística al 0,05

CONCLUSIONES

Los suelos en estudio mostraron una textura franco-arenosa para cacao y barbecho. La propiedad del suelo pH mostro valores de neutralidad en el uso de suelo cacao con niveles de MO de medio a altos y pH acido en barbecho con deficientes contenidos de MO, variabilidad expresada por las emisiones de biomasa en cacao. El nivel de CO fue mayor en el primer estrato de cada transecto en cacao el cual decreció a medida que se profundizó el muestreo, pero manteniendo niveles superiores los suelos con cacao al uso en barbecho. Se demostró diferencias estadísticas en el almacenamiento de C en suelos del orden Inceptisol, influyendo el aporte de sombra y biomasa del cacao en los niveles de C.

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.

Arévalo-Gardini, E., Canto, M., Alegre, J., Loli, O., Julca, A. & Baligar, V. (2015). Changes in Soil Physical and Chemical Properties in Long Term Improved Natural and Traditional Agroforestry Management Systems of Cacao Genotypes in Peruvian Amazon. *Plos One*, 10(7).

Barrezueta-Unda, S., Prado-Carpio, E. & Jimbo-Sarmiento, R. (2017). Características del comercio de cacao a nivel intermediario en la provincia de El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(16), 273–282.

Campitelli, P., Aoki, A., Gudelj, O., Rubenacker, A. & Sereno, R. (2011). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del Suelo*, 28(2), 223–231.

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

Chafla, A., 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.

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.

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. Machala: Repositorio Utmach.

Rincón, L., Marina, L. & Muñoz, M. (2005). Enzimas del suelo: indicadores de salud y calidad. *Acta Biológica Colombiana*, 10(1), 5–18.

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>

Valarezo, C., Iñiguez, M., Valarezo, L. & Guaya, P. (1998). *Condiciones físicas de los suelos de la region sur del Ecuador*. Loja: Universidad Nacional de Loja.

Vidal-Solórzano, G. & Vera-Moreina, J. (2017). *Relación de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo en la contaminación de CO₂ eq. en el cantón Junín*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.

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.