

Secuestro de carbono en dos usos de suelo en la provincia de El Oro

Carbon sequestration in two land uses in the province of El Oro

Mayra Solano-Pineda, Salomón Barrezueta-Unda, Julio Chabla Carrillo

masolano_est@utmachala.edu.ec

RESUMEN

Con el objetivo de estimar el secuestro de carbono (C) en los usos de suelo en Pasto variedad *Cynodon plectostachyus* y Bosque. Para lo cual se demarcó dos transectos de 30 metros (m) en paralelas a 50 m de distancia por uso de suelo, donde se tomaron muestras de suelo a intervalos de 0-15-30 m a tres profundidades (0-10; 10-20; 20-40 cm) los cuales se denominaron Transecto Pasto (TP) y Transecto Bosque (TB); para evaluar las propiedades densidad aparente (Da), Textura, pH, , materia orgánica (MO) y carbono orgánico (CO), estableciendo la cantidad secuestrada de C expresada en Megagramos (Mg) ha⁻¹, con la profundidad en estudio y Da . Para Da la media fue de 1,09 g⁻¹ cm⁻³; 1,10 g⁻¹ cm⁻³; 1,13 g⁻¹ cm⁻³ en Pasto y 1,04 g⁻¹ cm⁻³; 1,13 g⁻¹ cm⁻³; 1,12 g⁻¹ cm⁻³ en Bosque. El contenido de arcilla para las profundidades en estudio mostro en la PP (40,63%-43,63%-38,33%) mayor porcentaje que la PB (28,33%-30,63%,33%). El contenido para C por profundidad fue de 36,38 Mg ha⁻¹; 8,70 Mg ha⁻¹; 0,0 en PB y 18,42 Mg ha⁻¹; 12,29 Mg ha⁻¹; 15,34 Mg ha⁻¹ en PP. La prueba de Tukey al 5% conformando tres subconjunto donde TB 0_10 con b y TP 0_10, TP 10_20 y TP 20_40 con ab fueron diferente a TP 10_20 y TP 20_40 que conformó el subconjunto a.

Palabras clave: Bosque, pasto, materia orgánica, arcilla, densidad aparente.

ABSTRACT

With the objective of estimating carbon sequestration (C) in the land uses in Pasto variety *Cynodon plectostachyus* and Forest. For which two transects of 30 meters (m) in parallel to 50 m distance by land use were demarcated, where soil samples were taken at intervals of 0-15-30 m at three depths (0-10; 10-20 20-40 cm) which were called Transecto Pasto (TP) and Transecto Bosque (TB); to evaluate the properties apparent density (Da), Texture, pH, organic matter (OM) and organic carbon (CO), establishing the sequestered amount of C expressed in Megagrams (Mg) ha⁻¹, with the depth under study and Da . For Da the average

was 1,09 g⁻¹ cm⁻³; 1,10 g⁻¹ cm⁻³; 1,13 g⁻¹ cm⁻³ in Grass and 1,04 g⁻¹ cm⁻³; 1,13 g⁻¹ cm⁻³; 1,12 g⁻¹ cm⁻³ in Forest. The clay content for the depths in the study showed in the PP (40,63%-43,63%-38,33%) higher percentage than the PB (28,33%-30,63%,33%). The content for C per depth was 36,38 Mg ha⁻¹; 8,70 Mg ha⁻¹; 0,0 in PB and 18,42 Mg ha⁻¹; 12,29 Mg ha⁻¹; 15,34 Mg ha⁻¹ in PP. The Tukey test at 5% conforming three subsets where TB 0_10 with b and TP 0_10, TP 10_20 and TP 20_40 with ab were different from TP 10_20 and TP 20_40 that formed the subset a.

Keywords: Secondary forest, grass, organic matter, clay, bulk density.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático que afecta al planeta por el incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido nitroso (N₂O), han aumentado su concentración en la atmósfera, a consecuencia de la industria y la agricultura (Ley-de Coss *et al.*, 2015). En este contexto el suelo cumple el papel de almacenar grandes cantidades de Carbono (C) como lo expresa (Díaz *et al.*, 2016; Anguiano *et al.*, 2013).

Para Cuervo Barahona, Cely Reyes, & Moreno Perez (2016), la biomasa vegetal producida en los sistemas agroforestales tiene la capacidad de almacenar tres veces más Carbono Orgánico (CO) que la biomasa vegetal de los modelos de producción intensivo (monocultivo). Característica que favorece la reducción los GEI (Saynes-Santillán *et al.*, 2016).

En general los suelos a un metro de profundidad contienen 1500 Gt¹ de carbono, de allí que, las pérdidas de este elemento se den por la conversión de ecosistemas naturales a sistemas agrícolas con fines comerciales, reduciendo los aportes de MO, con efecto indirectos sobre otras propiedades generales del suelo (Carvajal *et al.*, 2009).

Para Rodríguez-Gil, (2013) el contenido de C en el suelo depende especialmente de los principales factores relacionados con la formación del suelo, pudiendo ser estos fuertemente modificados, degradados o mejorados; debido al cambio en el uso y manejo del suelo. El C almacenado en los suelos tiene un papel importante en los procesos globales de cambio climático, debido a que pueden funcionar como un sumidero del CO₂ atmosférico (Vela-

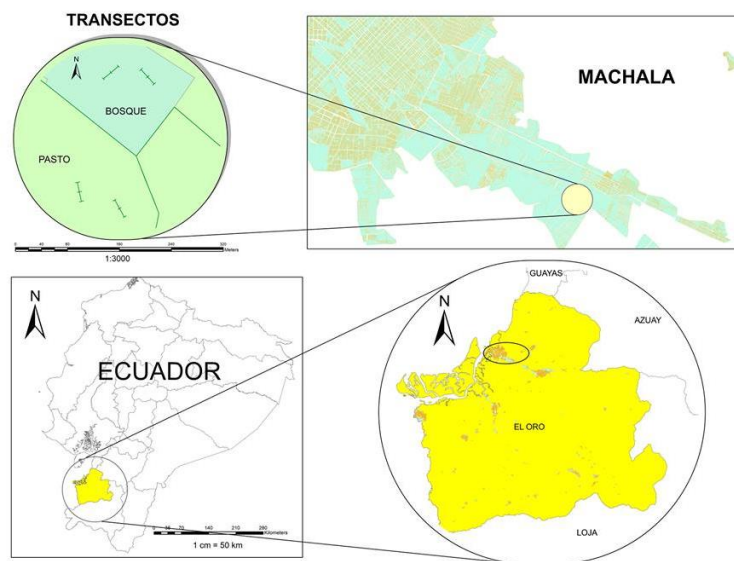
1 Gt⁻¹ C= Gigatonelada (1000000000 Mg) de Carbono

Correa *et al.*, 2012). En este contexto se planteó el objetivo de estimar el secuestro de carbono en los usos de suelo en Pasto variedad *Cynodon plectostachyus* y Bosque secundario.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en La Granja Santa Inés (Figura 1) en el cantón Machala, provincia de El Oro en la costa sur del Ecuador, comprendiendo sus coordenadas: 79° 54' 05" W y 03° 17' 16" S y una altura 6 msnm (INAMHI, 2012). De acuerdo al mapa ecológico del Ecuador, corresponde a un bosque muy seco Tropical (bms-T) con una precipitación media anual de 699 mm, temperatura media anual de 25 °C y humedad relativa media de 84% (Cañadas-Cruz, 1983). Los suelos son de origen aluvial y correspondiente al orden Inceptisol como lo señala Villaseñor *et al.*, (2015).

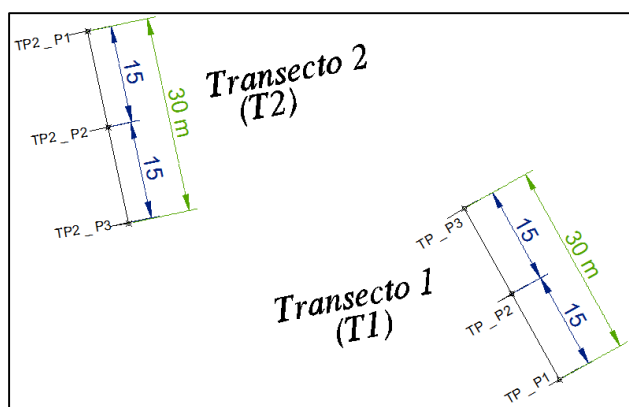
Figura 3. Sitio de la investigación: Ubicación Granja Santa Inés



Establecido el área en estudio se delimito una parcela para los usos de suelo Pasto (3 ha) y Bosque (2,5 ha) secundario. La parcela 1 que corresponde al uso de suelo ganadería y pastizal conformado con la especie de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y árboles dispersos como: Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L), Samán [*Samanea saman* (Jacq.) Merr.], Acacias. La parcela 2 se encuentra especies como: Samán [*Samanea saman* (Jacq.) Merr.], Fernán Sánchez [*Triplaris cumingiana* Fisher y Meyer.], Guachapelí [*Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms], Caoba (*Swietenia macrophylla* King) Palma real cubana [*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook.] las cuales son las de mayor abundancia (Mendoza-Castro, 2015; Guamán-Espinoza, 2015).

En cada parcela se demarco dos transectos (Figura 2) de 30 metros (m) paralelas a 50 m de distancia, donde se tomaron muestras de suelo a intervalos de 0-15-30 m a tres profundidades (0-10; 10-20; 20-40 cm) los cuales se codificaron como Transecto Pasto (TP) y Transecto Bosque (TB); Obteniendo un total de 9 muestras de suelo por transecto, con un total de 18 muestras por parcela, formando un total de 36 muestras.

Figura 4. Ubicación de transectos en las parcelas



Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuaria donde se determinó (Tabla 1) pH, densidad aparente (Da) por el método del cilindro y porcentaje de arena, limo y arcilla por Bouyoucos, materia orgánica (MO). El Carbono Orgánico (CO) se determinó multiplicando por 1,724 el resultado de MO.

Tabla 12. Análisis físico-químicos para muestra de suelo y mantillo

Parámetro	Tipo de análisis	Método
Da	Físico	Método del cilindro
Textura	Físico	Bouyoucos (modificado USDA)
Materia orgánica del suelo (MOS)	Químico	Walkley y Black (digestión húmeda)
pH	Químico	Potenciómetro

Para cuantificar el secuestro de C en los uso se suelo fue necesario determinar el peso del volumen de suelo por cada profundidad de muestreo, para lo cual se tomó la ecuación (1 y 2) referencia tomada de Ayala *et al.*, (2014) y Ruiz *et al.*, (2016).

Ecuación 1

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

Dónde: PVs (tha^{-1})= Peso del volumen de suelo, Da = Densidad Aparente, Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo, 10 000 = Constante

Ecuación 2

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

Dónde: CS (tha^{-1})= Carbono en el suelo, en tha^{-1} , PVs = Peso del volumen de suelo, $\%C$ = Resultados porcentaje de C, analizados en laboratorio, 100= Factor de conversión. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial (análisis de varianza y comparación de medias). Utilizando el programa SPSS versión 21.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se indica la propiedad física textura donde el contenido de arcilla para los estratos 0-10, 10-20, 20-40 cm, en Pasto fueron mayores (40,67%; 44,33%; 38,33%) a los determinados en Bosque (28,33%; 30,67%; 33,00%). El mayor contenido de limo fue de 42,33% en el estrato 20-40 cm para Bosque y el menor contenido entre los 10-20cm de Pasto. En comparación con el contenido de arena los rangos son similares para ambos tipos de uso del suelo. Los valores extremos fueron mayores entre el tercer estrato en el uso de suelo Pasto, mostrando un menor coeficiente de variación (CV%) en Bosque en los estratos 1 y 2. Resultados similares a los obtenidos por Barrezueta-Unda *et al.*, (2017) en suelos cultivados con cacao en la provincia de El Oro con valores >34,02 % de Limo. En un estudio realizado por Gómez-Egas (2015) en suelos inceptisoles de la granja Santa Inés a profundidades 20-45 cm con un % Arena de 24.46, valor muy cercano a los resultados obtenidos en Pasto y Bosque a profundidades de 20-40 cm.

Las medias de Da para los estratos 0-10 cm para el uso de suelo Pasto ($1,09 g^{-1} cm^{-3}$) y Bosque ($1,04 g^{-1} cm^{-3}$) presentan menor valor en comparación con los estratos a mayor profundidad. Gómez-Egas (2015) establece una Da de $1,23 g^{-1} cm^{-3}$ a profundidades de 0-20 cm y $1,38 g^{-1} cm^{-3}$ de 20-45 cm, siendo valores muy superiores al estudio desarrollado. El CV (%) fue superior en Pasto (>4,46 %) en comparación con los reportados en Bosque, resultados que pueden ser producto de una menor incidencia antrópica.

Tabla 2. Descriptivos de propiedades físicas del suelo por estratos

Uso de suelo	VARIABLES	Estratos (cm)	Media	DS	CV (%)	Mínimo	Máximo	
Pasto	Arcilla	0-10	40,67	4,13	10,16	36,00	48,00	
		10-20	44,33	6,98	15,74	38,00	54,00	
		20-40	38,33	9,42	24,56	22,00	48,00	
Bosque		0-10	28,33	3,67	12,95	24,00	32,00	
		10-20	30,67	3,01	9,82	28,00	36,00	
		20-40	33,00	7,24	21,94	24,00	44,00	
Pasto		Limo	0-10	32,33	5,28	16,33	22,00	36,00
			10-20	30,00	7,16	23,85	20,00	36,00
			20-40	35,33	8,07	22,83	26,00	50,00
Bosque	0-10		42,00	3,10	7,38	38,00	46,00	
	10-20		41,33	1,63	3,95	40,00	44,00	
	20-40		42,33	6,50	15,36	32,00	50,00	
Pasto	Arena		0-10	27,00	2,10	7,77	24,00	30,00
			10-20	25,67	0,82	3,18	24,00	26,00
			20-40	26,33	2,34	8,88	24,00	30,00
Bosque		0-10	29,67	2,66	8,96	26,00	32,00	
		10-20	28,00	2,53	9,04	24,00	30,00	
		20-40	24,67	2,42	9,82	22,00	28,00	
Pasto		Da	0-10	1,09	0,05	4,59	1,04	1,17
			10-20	1,10	0,06	5,45	1,00	1,16
			20-40	1,13	0,03	5,31	1,10	1,18
Bosque	0-10		1,04	0,04	3,85	0,98	1,11	
	10-20		1,13	0,05	4,42	1,06	1,20	
	20-40		1,12	0,05	4,46	1,07	1,19	

En la tabla 3 se muestra las propiedades químicas del suelo, donde los valores de CO y MO que fluctuaron entre 64.51% en el estrato 1 y 125.97 en bosque en el nivel 20-40 cm. La media de pH subió en Pasto de 8,76 alcalino en la profundidad 0-10 cm hasta 9,06 extremadamente alcalino (10-20 cm). En Bosque el pH correspondió a 7,54; 8,74; 8,98. Los porcentajes de MO para Pasto fueron 2,90% (0-10 cm); 1,92% (10-20 cm); 1,16% (20-40 cm) y en Bosque 6,12% (0-10 cm); 1,33% (10-20 cm); 0,00 % (20-40 cm). Estimando así que los niveles de MO fueron de medios en bosque a bajos en pasto.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos¹ de propiedades químicas² del suelo (n=36)

Uso del suelo	Variables	Estratos (cm)	Media	DS	CV (%)	Mínimo	Máximo	
Pasto	pH	0-10	8,76	0,52	5,98	7,83	9,43	
		10-20	9,06	0,34	3,79	8,62	9,52	
		20-40	9,03	0,40	4,47	8,34	9,47	
Bosque		0-10	7,54	0,75	9,97	6,08	8,05	
		10-20	8,74	0,24	2,79	8,39	9,00	
		20-40	8,98	0,27	2,96	8,54	9,30	
Pasto		CO	0-10	1,68	0,32	19,05	1,16	2,08
			10-20	1,11	0,28	25,23	0,68	1,40
			20-40	0,67	0,49	73,13	0,04	1,36
Bosque	0-10		3,55	2,29	64,51	1,84	6,60	
	10-20		0,77	0,97	125,97	0,00	2,70	
	20-40		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pasto	MO		0-10	2,90	0,55	18,88	2,00	3,59
			10-20	1,92	0,49	25,40	1,17	2,41
			20-40	1,16	0,84	72,20	0,07	2,34
Bosque		0-10	6,12	3,95	64,65	3,17	11,38	
		10-20	1,33	1,68	126,32	0,00	4,65	
		20-40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

¹ DS (\pm)=Desviación estándar, CV (%)= Coeficiente de Variación,

² CO= Carbono Orgánico, MO=Materia Orgánica

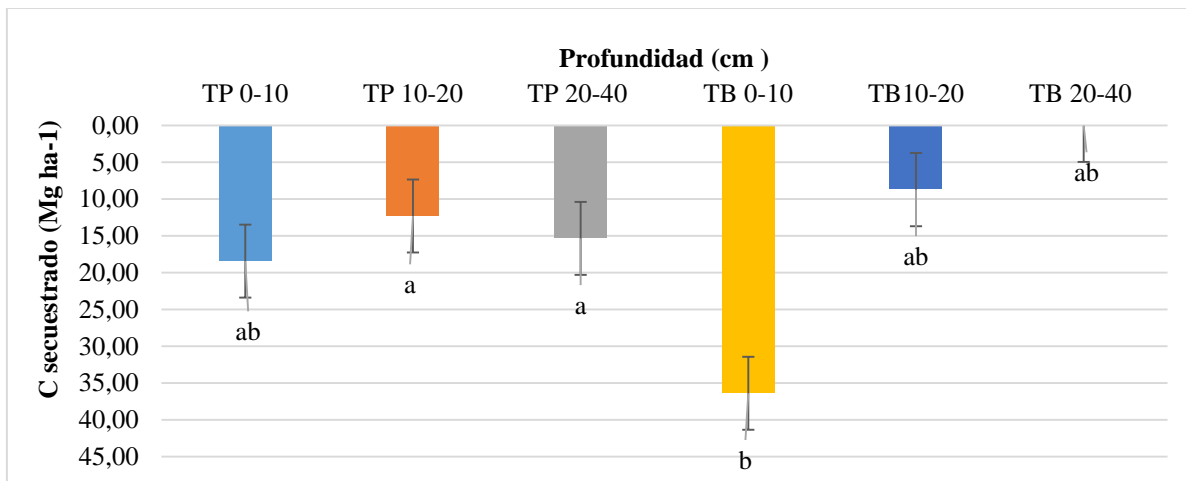
Los resultados descriptivos del almacenamiento de C por uso de suelo y estrato se muestran en la Tabla 4, donde la mayor media fue en TB 0_10 cm con 36,38 Mg ha⁻¹ y rango 18,72 a 66,21Mg ha⁻¹ seguido TP 0_10 cm (18,42 Mg ha⁻¹) con rangos 12,13 Mg ha⁻¹ y 24,42 Mg ha⁻¹. En el caso del menor secuestro de C fue para TB de 10-20 cm (8,70 Mg ha⁻¹) y 20-40 cm (0,00).

Tabla 4. Análisis descriptivo del almacenamiento de C (Mg ha⁻¹) por estratos

Transecto	Estrato(cm)	Media	DS(\pm)	Mínimo	Máximo
TP	0-10	18,42	4,11	12,13	24,42
	10-20	12,29	3,35	7,87	16,01
	20-40	15,34	11,27	0,89	32,09
TB	0-10	36,38	22,64	18,72	66,21
	10-20	8,70	10,70	0,00	29,82
	20-40	0,00	0,00	0,00	0,00

En la Figura 3 el estrato de 20 a 40 cm en TB no se registra secuestro C y poca variación de las medias en TP. La prueba de Tukey al 5% conformando tres subconjunto donde TB 0_10 con *b* y TP 0_10, TP 10_20 y TP 20_40 con *ab* fueron diferente a TP 10_20 y TP 20_40 que conformo el subconjunto *a*.

Figura 5. Comparación de medias (HDS Tukey al 5%) de C (Mg ha⁻¹) secuestrado por uso de suelo (Pasto y bosque secundario) y profundidades



CONCLUSIONES

El contenido de arcilla fue el predominante en los suelos en estudio, donde los valores de Da guardan relación con esta propiedad física. Mientras que el CO en todos los estratos del uso de suelo Pasto fueron bajos y medio en el primer sustrato en Bosque, lo que indico un mayor secuestro de C producto del aporte de biomasa en este uso de suelo, aunque descendieron a cero en el último estrato por su reacción alcalina y menor proporción de arcilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anguiano, J., Aguirre, J. & Palma, J. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(1), 149-160.

Ayala, L., Villa, M., Mendoza, Z. & Mendoza, N. (2017). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1).

Barrezueta-Unda, S. (2017). Determinación de Indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro-Ecuador. *Cumbres*, 2(2).

Cañadas Cruz, L. (1983). Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. In *Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Banco Central del Ecuador.

Carvajal, A., Feijoo, A., Quintero, H. & Rondón, M. (2009). Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 9(3), 222-235.

Cuervo Barahona, E., Cely Reyes, G. & Moreno Perez, D. (2016). Determinación de las fracciones de carbono orgánico en el suelo del páramo La Cortadera, Boyacá. *Ingenio Magno*, 7(2), 139-149.

Díaz Chuquizuta, P., Fachin Ruiz, G., Tello Salas, C. & Arévalo López, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *Rinderesu*, 1(2), 57-67.

Gómez Egas, D. (2015). Levantamiento de información agrológica de suelos dedicados a la producción agrícola en la parroquia el Cambio provincia de El Oro.

Guamán Espinoza, A. (2015). Diseño de sendero agroecoturístico en la granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala.

Ley de Coss, A., Aguirre Medina, J., Posada Cruz, S. & Mina Brione, F. (2015). *Stevia rebaudiana* Bert. Una alternativa para la captura de carbono en el Soconusco, Chiapas. *Universidad y Conocimiento*, 4(7).

Mendoza Castro, M. (2015). *Inventario florístico de la granja Santa Inés*, Machala.

Rodríguez-Gil, M. S. y., Renda-Sayoux, I. A. & Mercadet-Portillo, D. C. A. (2013). Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferríticos *Revista Forestal Baracoa*, 32 (1), 51-55.

Saynes Santillán, V., Etchevers Barra, J., Paz Pellat, F. & Alvarado Cárdenas, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83-96.

Vela Correa, G., López Blanco, J. & Rodríguez Guamiño, M. (2012). *Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación*.

Villaseñor, D., Chabla, J. & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro.