



Impacto de la rotación de cultivos en el suelo

Impact of crop rotation on the soil

Impacto da rotação de culturas no solo

Nayely Carolina Moreira Bermeo ^I
nayely.moreirab@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-3111-0832>

Viviana Monserrate Muñoz Solorzano ^{II}
viviana.munoz@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-1154-1186>

José Javier Mendoza Vargas ^{III}
jmendoza@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-1824-7607>

José Lizardo Reyna Bowen ^{IV}
jlreyna@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-0042-3276>

Correspondencia: nayely.moreirab@espam.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de febrero de 2025 * **Aceptado:** 24 de marzo de 2025 * **Publicado:** 13 de abril de 2025

- I. Estudiante de la carrera de ingeniería agrícola universidad ESPAM MFL, Calceta, Manabí, Ecuador
- II. Estudiante de la carrera de ingeniería agrícola universidad ESPAM MFL, Calceta, Manabí, Ecuador
- III. Ingeniero Agropecuario, Magister en administración y mercadeo agropecuario, y Docente en la ESPAM MFL
- IV. Ingeniero Agrícola, magister en ciencias de la geo información y observación de la tierra mención información de tierra para la planificación del territorio, Doctor Dentro del Programa de Doctorado en Ingeniería Agraria, Alimentaria, Forestal Y del Desarrollo Rural Sostenible, y Docente en la ESPAM MFL, Ecuador.

Resumen

La agricultura intensiva con cultivos únicos ha provocado una reducción global en los niveles de carbono orgánico del suelo, el carbono orgánico es esencial para la fertilidad del suelo y una solución sostenible es implementar sistemas de rotación con cultivos de cobertura. El objetivo de esta investigación es determinar el impacto de la rotación de cultivos en el suelo, este estudio se llevó cabo en CIIDEA donde principalmente se tiene cultivos de ciclo corto. Para la determinación de los perfiles del suelo se realizaron calicatas, y para realizar el análisis químico y de concentración de carbono se realizaron 10 mini calicatas de las cuales se tomaron muestras cada 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm. Los resultados obtenidos en la investigación muestran que con la rotación de cultivos la densidad aparente aumento un 37,83 % en relación a los datos tomados hace 5 años.

Palabras Clave: densidad aparente; rotación de cultivo; carbono orgánico.

Abstract

Intensive agriculture with single crops has caused a global reduction in soil organic carbon levels. Organic carbon is essential for soil fertility, and a sustainable solution is to implement rotation systems with cover crops. The objective of this research is to determine the impact of crop rotation on the soil. This study was carried out at CIIDEA, where there are mainly short-cycle crops. To determine soil profiles, pits were dug, and to perform chemical and carbon concentration analyses, 10 mini pits were dug, from which samples were taken every 0-5, 5-10, 10-20, and 20-30 cm. The results obtained in the research show that with crop rotation, the apparent density increased by 37.83% compared to data taken 5 years ago.

Keywords: bulk density; crop rotation; organic carbon.

Resumo

A agricultura intensiva de monocultura levou a um declínio global dos níveis de carbono orgânico do solo. O carbono orgânico é essencial para a fertilidade do solo, e uma solução sustentável é implementar sistemas de rotação com culturas de cobertura. O objetivo desta investigação é determinar o impacto da rotação de culturas no solo. Este estudo foi realizado no CIIDEA, onde são cultivadas principalmente culturas de ciclo curto. Para a determinação dos perfis do solo foram feitas covas, e para a realização das análises químicas e de concentração de carbono foram feitas

10 mini covas, das quais foram retiradas amostras a cada 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm. Os resultados obtidos no inquérito mostram que com a rotação de culturas a densidade aparente aumentou 37,83% em relação aos dados de há 5 anos.

Palavras-chave: densidade aparente; rotação de culturas; carbono orgânico.

Introducción

La intensificación de la agricultura con cultivos únicos ha ocasionado una marcada disminución a nivel mundial en los niveles de carbono orgánico del suelo (COS), según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017). Este COS desempeña un papel crucial en mantener la fertilidad y productividad del suelo (Lal, 2004). Una opción sustentable para contrarrestar esta pérdida implica adoptar sistemas de cultivos en rotación, que incluyan el uso de cultivos de cobertura (Poeplau, 2015).

La rotación de cultivos es una práctica agrícola esencial que implica cambiar el tipo de cultivares en un terreno específico a lo largo del tiempo, no se repite la siembra del mismo en una parcela, se alterna con diferentes plantas en ciclos establecidos; esta técnica ofrece una serie de beneficios significativos para el suelo y la agricultura en general. La variación de los cultivos ayuda a devolver los nutrientes al suelo prescindiendo de insumos sintéticos, también actúa como un método efectivo para interrumpir los ciclos de plagas y enfermedades, esta práctica contribuye al bienestar del suelo al incrementar la biomasa de las raíces de diversos cultivos, promoviendo así la biodiversidad (AgroSpray, 2021). Además, la diversidad vegetal mejorada facilita la exploración de nutrientes, aumenta los exudados radicales y promueve la actividad biológica, favoreciendo la formación y estabilización de la materia orgánica (McDaniel et al. & Tiemann et al., 2014).

Los cultivos de rotación ofrecen varios beneficios en términos de acumulación de carbono orgánico en el suelo, uno de los principales beneficios es el mayor aporte de biomasa, ya que la diversidad vegetal en los cultivos permite una mayor cantidad y variedad de residuos que se incorporan al suelo (McDaniel et al. & Tiemann et al., 2014). Además, la inclusión de especies con diferentes sistemas radiculares maximiza la exploración del perfil del suelo y aumenta los aportes de carbono a través de la rizo deposición; en conjunto, estas prácticas potencian la entrada de carbono orgánico en comparación con los monocultivos (Diman., 2020).

En la interrupción de los ciclos de plagas y enfermedades no solo impulsa la productividad, sino que también aumenta las contribuciones de biomasa durante la rotación de cultivos (Valera, 2014). La cantidad y presencia de carbono orgánico en el suelo son de suma importancia en disciplinas como la ciencia del suelo, la agricultura, la ecología y la lucha contra el cambio climático, comprende principalmente carbono junto con otros elementos como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y pequeñas cantidades de otros componentes, se refiere a la materia orgánica en diferentes etapas de descomposición y transformación en el suelo (Burbano Orjuela, 2018) El COS, es un indicador clave de la calidad del suelo, este señala tanto en términos físicos como químicos cuando se presenta en porcentajes elevados (Reyna Bowen et al., 2018) La cantidad de carbono orgánico que se presencia en el suelo puede variar significativamente dependiendo de varios factores, tales como el tipo de suelo, el clima, la vegetación y las prácticas agrícolas. Los suelos que contienen una cantidad elevada de COS suelen ser más fértiles, retienen mejor la humedad y pueden actuar como sumideros de carbono (Lefèvre et al., 2017).

Además, las especies en rotación también juegan un papel importante en la mejora de la estructura del suelo, esto se debe a que las raíces de estas especies se modifican físicamente y liberan exudados que promueven la formación de agregados, estos agregados, tanto macro como micro agregados, contribuyen a proteger la materia orgánica al reducir su tasa de descomposición. De esta manera, las especies en rotación contribuyen a la estructuración del suelo y a la preservación de la materia orgánica.

La rotación de cultivos puede aumentar o mantener el contenido de carbono, esto implica evaluar los efectos que existen en los cultivos con la tasa de acumulación o pérdida de carbono orgánico, así como identificar los factores que pueden influir en esta dinámica, como el tipo de cultivos utilizados, las prácticas de manejo del suelo y las condiciones ambientales. El objetivo de esta investigación es determinar el impacto de la rotación de cultivos en el suelo.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El proyecto se llevó a cabo en CIIDEA (Ciudad de Investigación e Innovación y Desarrollo Agro productivo); en el área de cultivos de rotación, localizados en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM), ubicada en la zona central de la provincia

de Manabí, Ecuador, cerca de los cantones Bolívar y Tosagua. Situada geográficamente a $0^{\circ}59'10''S$, $79^{\circ}77'879''O$ y a una altitud de 24 msnm ([Figura 1](#)). Las condiciones climáticas presentadas como características climatológicas actualmente son precipitación anual con 960 mm, su temperatura máxima de $32^{\circ}C$, la temperatura mínima $23^{\circ}C$, humedad relativa 83 % y su Heliófila con 1008,8 h/sol/año.

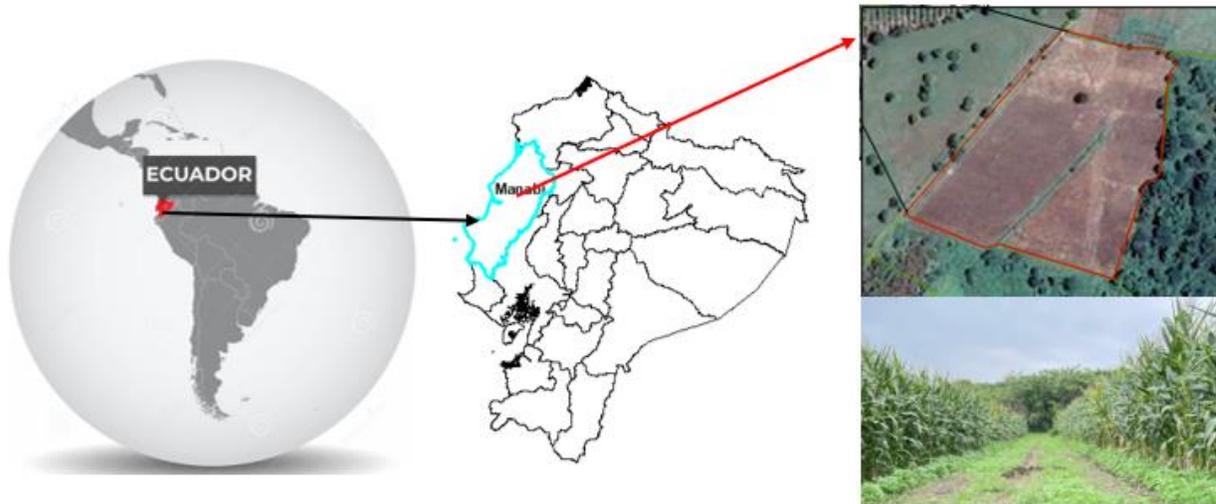


Figura 1.- Área de cultivos de rotación CIIDEA

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en un suelo utilizado para cultivos de ciclo corto en los cuales se determinó rotación en zapallo (*Cucúrbita moschata*), el mismo que tuvo una duración de 120 días sembrado de 1 a 3 m entre hileras y de 1 a 1.5 m entre plantas, y en cultivo de maíz el cual se encontraba sembrado, con una edad de 105 días a una distancia de 0.85 x 0.20 m, definiendo 1 ha para el sembrío que es la población de estudio (Vélez, 2021) determinó que se tenía una densidad poblacional de 62 500 plantas de sembrío de maíz híbrido (Dekalb) que es conocido por su alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. Este suelo ya ha tenido un uso desde hace 4 años lo cual, antes de que se escogiera para la siembra solo contenía pasto, luego de eso se optó por sembrar melina (*Gmelina arborea* Roxb) y algodón de colores (*Gossypium hirsutum*), lo cual no fue favorable debido a las precipitaciones este suelo se mantenía húmedo constantemente y no permitía su crecimiento.

Toma de muestras en campo y descripción de los perfiles del suelo

Para definir los perfiles de suelo se elaboró una calicata de 1.50 metros de profundidad, 2 metros de largo y un metro de ancho, para determinar los horizontes, textura, estructura, compactación del suelo, actividad biológica, peso y humedad. Para la determinación de los horizontes se utilizó la tabla de Munsell, la textura fue definida a través del tacto y la estructura se obtuvo de acuerdo al manual de la ESPAM MFL, para la densidad aparente se introdujo el cilindro con la ayuda del martillo en los diferentes perfiles del suelo, se procedió a quitar el exceso que se encontraba en el exterior del cilindro y se ubicó la muestra del interior en una funda plástica, evitando que el suelo que contiene el objeto se desmorone o se caiga, los resultados obtenidos se encuentran detallado en la (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de perfiles de suelo.

Área	Horizonte	Profundidad (m)	PH		Conductividad (Us)		Da (%)	Dr gr/cm3	Humedad (%)	Textura		
								Arcilla		Limo	Arena	
Cultivo de Rotación	A	0-20	6.42	180.9	2.27	1.03	2.07	43	64	28	8	
	B	20-95	6.53	186.6	1.12	1.02	2.04	45	39.2	23.2	37.6	
	IIA	95-150	6.87	171.4	1.63	1.32	2.23	6.12	32	30.4	37.6	

Fuente. Autores

Para el análisis químico y determinar la concentración de carbono almacenado en el suelo del cultivo de rotación en maíz, se realizaron 10 mini calicatas con una profundidad de 30 cm, donde se tomaron las muestras intercaladas del suelo de 500 g a cuatro profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm, donde se obtuvo la información del pH, materia orgánica y carbono orgánico del suelo, teniendo un total de 40 muestras.

Tabla 2. Descripción de profundidades para análisis químico del suelo

Área de estudio	Mini calicatas	Profundidades	Total
Suelo con cultivos de rotación	10	0-5, 5-10, 10-20, 20-30	40

Fuente: Autores

Procedimiento de laboratorio

Los análisis se realizaron en el laboratorio de agua, suelo y planta de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM MFL), perteneciente al sitio El Limón, cantón Bolívar con coordenadas de 0°49’8.12”S Latitud Sur y 80°10’53.08”O Longitud Oeste.

Las muestras se prepararon en el laboratorio en donde se pesaron, secaron, tamizaron y etiquetaron y luego se procesaron. Para la determinación del carbono orgánico del suelo se utilizó el método de Walkley y Black.

Para el cálculo de la densidad aparente, las muestras tomadas se llevaron al laboratorio y se colocó el cilindro sobre un vidrio de reloj tarado evitando desperdiciar muestra de suelo, luego se colocó en la estufa por 24 horas, a continuación, se retiró y se colocó en el desecador para enfriar durante una hora para obtener el peso eliminado del peso del cilindro y se aplicó la fórmula 1.

$$Da = \frac{(\text{Peso de la muestra})}{(\text{Volumen del cilindro})} / \left(\frac{g}{cm^3} \right) \quad (1)$$

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuadrículas para un método de distribución aleatorio. El análisis estadístico ANOVA se realizó en el software InfoStat versión 2018, donde se analizaron y compararon las diferencias de las mediciones utilizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Resultados y discusión

Humedad y densidad aparente de los suelos de estudio

La humedad del suelo es un factor clave que influye en los niveles de carbono orgánico, según (Izquierdo y Arévalo, 2021) el comportamiento de la humedad en cada una de las profundidades del perfil del suelo si influye a la captación de humedad en todos sus perfiles, de igual manera hay una variación mínima notable entre las capas superiores e inferiores, además, el contenido de humedad se encuentra relacionado con la compactación del suelo, esto consiste en una reducción del espacio poroso causado por una carga la cual ha sido aplicada a la superficie del suelo (Martínez et al., 2008).

Lo que se puede visualizar en los resultados que se obtuvieron en el suelo que es utilizado para cultivos de rotación en ciclos cortos, tiene una humedad con un rango que va desde un 5,99 % en la primera capa de 0-5 a 6,58% que lo mantiene la profundidad de 5-10 cm, lo que podemos expresar que la humedad de este suelo rotativo mantiene un rango de 6% lo que se demuestra que este suelo se mantiene sin diferencia significativa (**Tabla 3**).

Tabla 3. Porcentaje de humedad a diferentes profundidades.

Profundidad (cm)	Cultivo de rotación		
	n	media	
0-5	10	5,99 ± 0,31	A
5-10	10	6,58 ± 0,31	A
10-20	10	6,26 ± 0,31	A
20-30	10	6,12 ± 0,31	A

Fuente: Autores

La densidad aparente es un parámetro clave en la rotación de cultivos, ya que tiene un impacto directo en la calidad y la productividad del suelo, (Fernandez et al., 2019) comenta que su monitoreo y manejo adecuado son fundamentales para optimizar los beneficios de la rotación de cultivos a largo plazo, además, Raws et al., (2003), mencionan que la inclusión de materia orgánica aumento considerablemente la predicción de los contenidos de agua en el suelo, comparando con las ecuaciones que solo incluyen la textura y la densidad aparente.

La densidad aparte se obtuvo mediante las profundidades de 10 a 20 cm con las mini calicatas en la cual se extrajeron las muestras del suelo en estudio, las cuales mostraron que se encuentran sin diferencia significativa con un valor de 1,38 g/cm³ (**Tabla 4**), la densidad aparente en este suelo no varía de forma importante entre este sitio de estudio, (Cuya et al., 2018) indica que suelo tiene propiedades físicas comparables, lo cual puede deberse a que han sido sometidos a manejos o usos similares, por otra parte, Fernández et al., (2019), manifiestan que, en suelos que se mantiene cultivos forestales se encontrara una densidad baja que al momento de realizar la siembra pudo generar un aumento de la Da y desencadenar un menor espacio poroso, lo cual dificulta la retención y movimiento de agua.

Tabla 4. Densidad aparente a diferentes profundidades.

Profundidad (cm)	Cultivo de rotación		
	n	media	
0-5	10	1,38 ± 0,01	A
5-10	10	1,38 ± 0,01	A
10-20	10	1,38 ± 0,01	A
20-30	10	1,38 ± 0,01	A

Fuente: Autores

Comparación de densidad

La densidad que se obtuvo del suelo en estudio, el cual se lo utiliza para cultivos de rotación en ciclos cortos, se la procedió a comparar con un suelo que se encuentra dentro de Manabí en el Valle Carrizal de Chone, estudio realizado por (Reyna Bowen et al., 2018) utilizado para varios usos, entre esos los cultivos de rotación, en esta comparación se puede apreciar diferencias de cantidades de la densidad aparente (valor $p = 0,858 \text{ g/cm}^3$) entre las diferentes profundidades analizadas del suelo, que al compararlo con el estudio que se encuentra realizando en CIIDEA se tiene una densidad aparente de (valor $p = 1,38 \text{ g/cm}^3$), se visualiza una diferencia de $\pm 37,83\%$, cabe resaltar que, estos suelos tienen también una diferencia de 5 años en comparaciones a las densidad, por ende, este puede ser este el motivo por el cual hay un extensa variedad entre las densidades aparente, (Landriscini et al., 2020) deduce que puede ser este el motivo de la cantidades varíen u también el manejo al cual han sido sometido en estos años pero los dos no tienen diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la implementación de cultivos de rotación incremento la densidad aparente del suelo un 37,83%, estos datos obtenidos son similares a los obtenidos por (Bazzani et al., 2018), donde se analizó la densidad aparente de suelos con cultivos de alfalfa con 5 años y 5 meses implantada aumentando alrededor de un 8,39%, al igual que en la presente investigación no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). (Gutierrez Mariscal, 2014), menciona en su investigación que se obtuvieron diferencias estadísticas en la densidad aparente en una profundidad de 0 a 5 cm, esto en suelos donde se cultiva maíz, esos

resultados difieren de los obtenidos en esta investigación ya que no se encontraron diferencias significativas en ningunas de las profundidades analizadas.

Conclusión

Las mayores variaciones en las propiedades físicas de los suelos analizados son explicadas principalmente por la densidad aparente de los suelos analizados, esto es influenciado debido al rango de tiempo y a que se usó se le proporciona al suelo, además, la rotación de cultivos ayuda a mejorar la estructura del suelo, la reducción de la erosión, el aumento de la actividad biológica.

Referencias

1. AgroSpray. (09 de Junio de 2021). BeneBazzani, J. L., Solimano, P. J., Salazar-Martínez, A. E., & Martínez, R. S. (2018). Variaciones de la comunidad edáfica dentro de suelos cultivados y de estepa en la Patagonia Norte. CONEBIOS V - Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos. EdUNLu: Editorial Universidad Nacional de Luján, 1, 17–25.
2. Bazzani, J. L., Solimano, P. J., Salazar-Martínez, A. E., & Martínez, R. S. (2018). Variaciones de la comunidad edáfica dentro de suelos cultivados y de estepa en la Patagonia Norte. CONEBIOS V - Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos. EdUNLu: Editorial Universidad Nacional de Luján, 1, 17–25.
3. Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>.
4. Cuya, J., & Sánchez, N. (2018). La densidad aparente del suelo como indicador ecológico para la restauración de plataformas y campamentos petroleros en el bosque húmedo tropical. (Gsi-Me-Oc-10-N) Ix Ingepet 2018, October. <https://www.researchgate.net/publication/329466167>.
5. Dignac, M., Derrien, D., Barré, P., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., Chevallier, T., Freschet, G., Garnier, P., Guenet, B. y otros. (2017). Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(2), 14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0421-2>.
6. Fernandez, C. J., Cely, G. E., & Serrano, P. A. (2019). Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales y una plantación de pino en el páramo de Rabanal, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 121–133. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.66152.1>.
7. Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). El suelo está vivo: Infografía del año internacional de los suelos 2015. <https://www.fao.org/3/bl812s/bl812s.pdf>.
8. Gutierrez Mariscal, J. (2014). Efecto de tres sistemas de labranza y rotación de cultivos en las propiedades físicas de un suelo franco-arcilloso. Tesis de Maestría En Ingeniería de Sistemas de Producción, 94.

9. Izquierdo, J., & Arévalo, J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20–28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>.
10. Landriscini, M. R., Galantini, J. A., Forján, H., & García, R. J. (2020). Fracciones de carbono y nitrógeno del suelo y productividad del trigo en el sudeste bonaerense, Argentina. *Ciencias Agronómicas*, 35, e006. <https://doi.org/10.35305/agro35.281>.
11. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>.
12. Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). Soil organic carbon: The hidden potential. Food and Agriculture Organization.
13. Martínez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
14. McDaniel, M.D., Tiemann, L.K., & Grandy, A.S. (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics meta-analysis. *Ecological Applications*, 24(3), 560–570 <https://doi.org/10.1890/13-0616.1>.
15. Poeplau, C. & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils vía cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>.
16. Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., Bloodworth, H., 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*. p116, 61-76. [https://doi.org/10.1016/s0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/s0016-7061(03)00094-6)
17. Reyna, L., Vera, L., & Reyna, L. (2018). Soil-organic-carbon concentration and storage under different land uses in the Carrizal-Chone Valley in Ecuador. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/app9010045>.
18. Tautges, N.E., Sullivan, T.S., Reardon, C.L. & BBazzani, J. L., Solimano, P. J., Salazar-Martínez, A. E., & Martínez, R. S. (2018). Variaciones de la comunidad edáfica dentro de suelos cultivados y de estepa en la Patagonia Norte. *CONEBIOS V - Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos*. EdUNLu: Editorial Universidad Nacional de Luján, 1, 17–25.

19. Valera, A. (2014). ROTACIÓN DE CULTIVOS. de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7856/NR40199.pdf?sequence=8&isAllowed=y>.
20. Vélez, M. (31 de 12 de 2021). Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/500>.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).