

Evaluación de las propiedades edáficas y su relación con el manejo del suelo en cultivos de pitahaya

Evaluation of soil properties and their relationship with soil management in pitahaya crops

Cristhian Fernando Vera-Sabando ^{1,*}, Laura Germania Mendoza-Bravo ² y Saskia Valeria Guillén-Mendoza ^{3,*}

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador, Calceta; <https://orcid.org/0009-0009-1015-6483>

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador, Calceta; <https://orcid.org/0009-0006-2535-718X>; laura.mendozab@espam.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador, Calceta; <https://orcid.org/0000-0002-1725-8548>

* Correspondencia: cristhian.veras@espam.edu.ec; sguillen@espam.edu.ec

 <https://doi.org/10.70881/hnj/v3/n2/63>

Cita: Vera-Sabando, C. F., Mendoza-Bravo, L. G., & Guillén-Mendoza, S. V. (2025). Evaluación de las propiedades edáficas y su relación con el manejo del suelo en cultivos de pitahaya. *Horizon Nexus Journal*, 3(2), 117-137. <https://doi.org/10.70881/hnj/v3/n2/63>

Recibido: 26/03/2025

Revisado: 22/04/2025

Aceptado: 24/04/2025

Publicado: 30/04/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Resumen: El manejo del suelo tiene un impacto directo en sus propiedades físicas y en la productividad de los cultivos. En el caso de la pitahaya (*Hylocereus spp.*), la cobertura vegetal podría ser fundamental para conservar la humedad y la estructura del suelo. Este estudio analizó cómo el manejo de la cobertura vegetal en el cultivo de pitahaya afecta las propiedades del suelo en los diferentes tamaños de partícula (arena, limo y arcilla). Se evaluaron dos lotes: uno con cobertura vegetal y otro con manejo tradicional, evaluando humedad, densidad aparente y tamaño de partícula a diferentes profundidades. El análisis estadístico se realizó mediante el ANOVA y la prueba de Tukey al 5%. Los resultados revelaron que el manejo de suelos con cobertura vegetal mostró mayor humedad en la capa superficial (0-5 cm) y una menor densidad aparente en comparación con los suelos sin cobertura. Esto sugiere que la cobertura vegetal reduce la evaporación y ayuda a mejorar la estructura del suelo. El manejo con cobertura vegetal se sugiere como una estrategia para optimizar la calidad del suelo en cultivos de pitahaya, promoviendo así su productividad y sostenibilidad.

Palabras clave: manejo del suelo, cobertura vegetal, densidad aparente, humedad del suelo, tamaño de partícula, pitahaya.

Abstract: Soil management has a direct impact on its physical properties and crop productivity. In the case of pitahaya (*Hylocereus spp.*), mulch could be essential for conserving soil moisture and structure. This study analyzed how mulch management in pitahaya cultivation affects soil properties at different particle sizes (sand, silt, and clay). Two plots were evaluated: one with mulch and the other with traditional management, assessing soil moisture, bulk density, and particle size at different depths. Statistical analysis was performed using ANOVA and the Tukey test at 5%. The results revealed that soils managed with mulch showed higher moisture in the surface layer (0–5 cm) and lower bulk density compared to unmulched soils. This suggests that mulch reduces evaporation and helps improve soil structure. Mulch management is suggested as a strategy to optimize soil quality in pitahaya crops, thus promoting its productivity and sustainability.

Keywords: soil management, vegetation cover, bulk density, soil moisture, particle size, pitahaya.

1. Introducción

El manejo del suelo es un aspecto fundamental para la conservación del mismo, su gestión sostenible no solo cuida el medio ambiente, sino que garantiza la seguridad alimentaria, el cambio de uso del suelo sin un manejo eficiente puede traducirse en el aumento de las tasas de degradación (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2017; Rodrigo et al., 2022; Urgiles et al., 2023). En el ámbito agrícola, una de las principales causas que afectan las propiedades físicas del suelo están relacionadas a las labores que se realizan sobre la superficie de los cultivos, causando alteraciones en el mismo, llegando a influir de manera negativa su fertilidad (Carrasco et al., 2018; Paniagua, 2023).

La calidad del suelo, sin embargo, incluye a más de fertilidad otras características importantes como las propiedades físicas, biológicas y su degradación (Velasquez et al., 2007). Las prácticas de manejo en sistemas de frutales modifican significativamente las propiedades edáficas de forma interconectada; la mecanización intensiva, por ejemplo, ha demostrado alterar sustancialmente la estructura física del suelo, como se ha documentado en cultivos como la caña de azúcar, donde la compactación provocada por la maquinaria incrementa la densidad aparente y reduce la porosidad, limitando la infiltración de agua y el intercambio gaseoso (Cherubin et al., 2016). Así mismo, en estudios en Pitahaya con cobertura de tamo de arroz para el control de malezas se demostró que el manejo de los cultivos es crucial para prevenir la erosión del suelo (Guillén et al., 2023).

La pitahaya, un cultivo no tradicional, ha generado un gran interés en los últimos años en Ecuador, gracias a las propiedades nutricionales y funcionales de su fruto (Linde & Vila, 2005; Pitizaca Guamán, 2024). En el año 2023 Ecuador exportó un total de 54,380 toneladas de pitahaya, generando ingresos de 172 millones de dólares, lo cual lo convierte en un cultivo de gran importancia para la economía nacional. A nivel de generación de empleo, el cultivo de pitahaya tiene un impacto positivo, generando en el mismo año hasta 13,895 plazas de trabajo aproximadamente. A escala nacional, existen aproximadamente 3,073 hectáreas dedicadas al cultivo de esta fruta, concentradas principalmente en las provincias de Morona Santiago, Guayas y Manabí (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023). Estados Unidos se posiciona como uno de los principales destinos, absorbiendo el 80% de la producción de pitahaya ecuatoriana, seguido por Hong Kong, España, Perú y Canadá (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2024).

Se ha observado la eliminación de la cobertura vegetal en los campos cultivables, el uso poco técnico de agroquímicos y un sistema de monocultivo, siendo estas prácticas las más comunes en el manejo del cultivo de pitahaya, las cuales afectan negativamente las propiedades del suelo, como la materia orgánica, la biodiversidad y la retención de agua en el suelo (Córdova, 2022).

Estudios locales consideran que estos aspectos son muy limitados pero esenciales para recomendaciones de manejo apropiadas hacia los productores, considerando que, la producción de este cultivo requiere suelos saludables y fértiles para un crecimiento óptimo y alta productividad (Dieguez et al., 2020; Visconti et al., 2021).

En los cultivos donde el suelo queda descubierto, la falta de cobertura vegetal favorece a la pérdida del suelo, siendo los sitios con pendiente los más afectados por la erosión. Esto tiene como consecuencia también la pérdida de fertilidad, baja productividad de los cultivos y compactación del suelo, provocando un impacto negativo en el ecosistema terrestre (Tauta et al., 2023; Trujillo, 2022). La implementación de técnicas como la cobertura vegetal es crucial, ya que favorece la creación de microclimas que optimizan la nutrición del suelo, mejoran su retención de agua y facilitan la fijación de nitrógeno. Esta práctica, puede lograrse mediante el uso de vegetación o residuos orgánicos, favoreciendo la regulación del ciclo del agua y en la conservación de la calidad del suelo (Guamán et al., 2023).

Entender las características físicas del suelo es fundamental para determinar su estado actual, ayuda a comprender cómo el cambio de uso del suelo y las prácticas agrícolas pueden afectar su calidad y funcionamiento. Se ha observado que la intensificación de la agricultura tiende a disminuir la fertilidad (Rodríguez et al., 2025). En este sentido conocer el estado las propiedades del suelo como: su estructura, densidad aparente y capacidad de retención de humedad, permite evaluar su fertilidad y relacionarlo con la productividad, la reproducción y la calidad de los cultivos sembrados sobre estas superficies (Nuñez et al., 2022). La promoción y el monitoreo de la calidad del suelo son la base para la gestión sostenible del uso de la tierra (da Luz et al., 2019).

Existe una relación entre los diferentes tamaños de agregados o partículas del suelo, la reactividad química y su fertilidad. Por lo tanto, la investigación sobre las características físicas del suelo es de suma importancia para la gestión ambiental y la seguridad alimentaria de este cultivo de alto valor exportable (Matus, 2021; Zhao et al., 2023).

A pesar del creciente valor económico de este cultivo de exportación en Ecuador, se identifica una brecha de conocimiento científico sobre la relación entre las propiedades edáficas y el manejo del suelo en los sistemas productivos locales, de acuerdo a las bases de publicación científica, se observa que el 70 % de las publicaciones del cultivo contemplan el manejo fitosanitario, pos cosecha y la calidad de los frutos, además de aspectos agronómicos generales y apenas un 5% relacionados con la interacción suelo-planta. La ausencia de investigaciones locales impide la comprensión profunda de los efectos del uso de coberturas sobre la productividad, la sostenibilidad del cultivo y los servicios ecosistémicos que este puede proporcionar (González et al., 2023). Por esta razón, es fundamental desarrollar estudios que aborden esta falta de información,

permitiendo así la implementación de estrategias basadas en evidencia científica para optimizar el rendimiento del cultivo de pitahaya y minimizar su impacto ambiental.

Este estudio se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: Producción y Consumo Responsables, ya que proporciona información sobre el estado del suelo, identificando prácticas de manejo que pueden optimizar los niveles de humedad, reduciendo la degradación y promoviendo una producción más sostenible. Al generar información sobre las condiciones edáficas en cultivos de pitahaya, se facilita la adopción de prácticas responsables, como el uso de coberturas vegetales y la rotación de cultivos, fundamentales para mantener la salud del suelo a largo plazo (Gamboa, 2015).

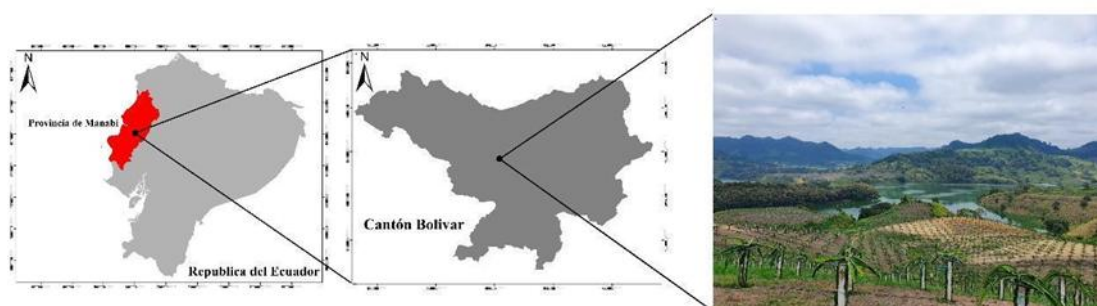
Esta investigación tiene como objetivo analizar cómo el manejo de la cobertura vegetal en el cultivo de pitahaya influye sobre las propiedades del suelo.

2. Materiales y Métodos

Este estudio se enmarca dentro de la investigación descriptiva y cuantitativa. Se realizó en la plantación de pitahaya de la finca San José, localizada la parroquia Quiroga del cantón Bolívar, de la Provincia de Manabí, Ecuador, con coordenadas geográficas 0°54'54.40" S de latitud Sur y 80°3'42.70" de longitud Oeste (Figura 1).

Figura 1.

Ubicación de la Hacienda San José. Fuente. Autores.



Nota: Ubicación del área de estudio mediante imágenes obtenidas del software ArcGis, donde se muestra el país, provincia, el cantón y finalmente acompañado con una foto del cultivo donde se tomaron las muestras

Los datos meteorológicos para conocer el comportamiento climatológico en la producción de esta fruta fueron tomados de la estación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" (ESPAM MFL), que se encuentra en la ciudad de Calceta, dentro del cantón Bolívar. Según los registros de los últimos 10 años, la temperatura en la zona oscila en una media anual de 26,1 °C, con máximas de 30,8 °C y mínimas de 21,2 °C. La humedad relativa promedio es del 82,4%, mientras que la precipitación anual asciende a 1003.8 mm. Además, la evaporación acumulada es de 1241.4 mm, el recorrido del viento alcanza los 549,3 km h⁻¹ y la heliofanía anual es de 1084.4 horas de

sol, lo que refleja la disponibilidad de radiación solar en la zona (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2024).

Manejo del cultivo

El estudio se realizó en un cultivo de pitahaya de un año de edad, el cual ha tenido dos manejos en cuanto a la preparación del suelo y el manejo de malezas. En el lote denominado “con cobertura” no se usó maquinaria para la preparación previa a la siembra, lo que permitió el crecimiento de vegetación, la cual se controló de manera química y manual, pero dejaron los restos de maleza cubriendo la superficie del suelo. El lote denominado “sin cobertura” fue preparado el suelo con maquinaria, realizado mezcla de este y erradicando la vegetación.

Ambos lotes de este cultivo se encuentran sembrados con un distanciamiento de 3 metros entre hileras y 3 metros entre plantas, se utiliza un poste de hormigón armado de 2 metros, el cual es enterrado 70 cm y tiene una altura de 1,30 m para darle soporte y guía a las plantas, para posterior a aquello colocar dos plantas en cada uno de ellos.

Por otro lado, la irrigación se realizó a través de un sistema de riego localizado, con dos emisores por planta con un caudal de 8 l h^{-1} . La fertilización del cultivo se realiza de tres maneras: vía drench, foliar y edáfica; la frecuencia de estas fertilizaciones se da de acuerdo con el tipo: Al drench y foliar cada 21 días y la edáfica cada dos meses. El control fitosanitario se realiza por aspersiones de insecticidas y fungicidas dependiendo del estado del cultivo. El control de malezas se realiza de manera química y manual, dejando los rastrojos sobre las calles en el lote donde existe mayor cobertura.

Toma de muestra en campo y descripción de los perfiles de suelos.

Para la descripción de los perfiles de suelo se elaboró una calicata de 1.50 metros de profundidad, 2 metros de largo y un metro de ancho en cada manejo 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 (Munsell, 2009). La textura fue definida a través del tacto y la estructura se obtuvo de acuerdo con el manual suelos de la ESPAM MFL (Hernández et al., 2017) (Tabla 1). Para determinar la densidad aparente del suelo, se aplicó el método del cilindro biselado mencionado por Aquino Montoro et al. (2021). Para aquello se utilizó un martillo de goma para introducir el cilindro en los diferentes horizontes del suelo, asegurando una inserción uniforme y poca alteración de este. Una vez extraída la muestra, se eliminaron los excedentes de suelo que se encontraban en los bordes del cilindro. Posterior a lo mencionado, se introdujo la muestra en una bolsa plástica bien sellada para evitar la pérdida de humedad y suelo antes de su análisis en laboratorio.

Para el análisis químico se realizaron 12 mini calicatas con una profundidad de 30 cm, 6 en el lote con cobertura y 6 en el lote sin cobertura, de las 6 mini calicatas que se hicieron en cada lote, 3 fueron debajo de la planta y 3 en la calle. Cada una de las muestras se tamizó para obtener 3 tamaños de partículas, obteniendo un total de 144 muestras (Tabla 1).

Para determinar la humedad se realizó por medio de una balanza de infrarrojos, cada muestra tuvo un peso de 5 gramos y fue procesada en la máquina durante 10 minutos a una temperatura de 105°C

Análisis en 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.

Para el cálculo de la densidad aparente, como menciona NTE INEN 0573 (2015) las muestras tomadas son llevadas al laboratorio y colocadas en el mismo cilindro sobre un vidrio de reloj tarado evitando la pérdida de la muestra de suelo para proceder a colocarlo en la estufa por 24 horas, y al finalizar el tiempo estipulado se retiró para colocarlo en el desecador durante una hora, obteniendo el peso final para aplicar la ecuación 1.

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

El tratamiento de las muestras para obtener los tres tamaños de agregados del suelo se realizó en base a una metodología propuesta por Six et al. (2002), donde utilizó filtros 53 µm y 250 µm para obtener los tres tamaños de partículas más agua destilada para ayudar en el filtrado de 50 gr de suelo, la parte de la muestra que permanecía sobre el filtro de 250 µm es arena, lo que se encontraba debajo de este filtro es limo y pasando el filtro de 53 µm es arcilla. Para el secado de las muestras se utilizó la estufa a una temperatura de 50°C durante 72 horas y así obtener las muestras finales en tres tamaños de agregados, donde aquel dato de las partículas nos da a conocer el tipo de suelo y a su vez correlacionarlo con otras variables edáficas (densidad aparente, retención de agua en el suelo, porosidad, etc).

Tabla 1.

Distribución de las muestras.

Manejo	Mini calicatas ubicación		Profundidad	Tamaño de partícula en micrómetros (μm)	Total
	Bajo de la planta	Calles			
Con cobertura	3	3	0-5	<53	72
			5-10	>53-<250	
			10-20	>250	
			20-30		
Sin cobertura	3	3	0-5	<53	72
			5-10	>53-<250	
			10-20	>250	
			20-30		
Total	6	6			144

Nota: Numero de muestras totales, ordenadas desde las muestras tomadas en campo según el manejo y ubicación, hasta las cantidades finales después de haberlas separado en sus tres tamaños de partícula (<53 arcilla, >53 y <250 limo y >250 arena).

Análisis Estadístico

La investigación se planificó con un Diseño de Bloques completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial $A \times B \times C \times D$, en donde el factor A corresponde al lote con cobertura y sin cobertura; el factor B a la localidad en dos niveles (debajo de la planta y en la calle); el factor C es la profundidad en cuatro niveles (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm) y el factor D que corresponde al tamaño de las partículas del suelo en tres niveles (<53, >53-<250; >250).

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.

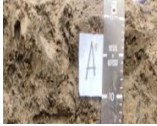


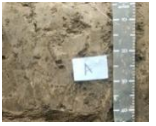

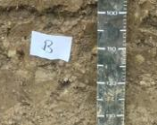
3. Resultados

3.1. Características físico-química de los perfiles de cada manejo

Los resultados presentados en la Tabla 2 revelan contrastes notorios en las propiedades físicas del suelo según el tipo de manejo aplicado. En los perfiles donde no hay cobertura vegetal, se aprecia una estructura claramente definida tanto en los horizontes superficiales (A) como en los subsuperficiales (AB). En estas capas predominan los agregados de tipo bloque angular y granular, especialmente en las zonas más cercanas a la superficie. La textura es mayormente franco arenoso, con un contenido de arcilla inferior al 15%, lo que se traduce en una baja capacidad para retener agua y una escasa presencia de partículas finas.

Tabla 2.

Características Físicas de los perfiles del suelo manejado.

Tipo de Manejo	Sin cobertura			Con cobertura		
Horizonte						
Perfil (cm)	0-15	15-65	65-150	0-40	45-100	100-150
Color	10 YR 2/2 Café muy oscuro	10 YR 5/4 Café amarillento	10 YR 6/4 Café	10 YR 2/2 Negro Amarillento	10 YR 3/4Café	10 YR 5/4 Café Amarillento
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco	Franco Arcilloso	Franco Arenoso	Arcilloso
Estructura	Bloque Angular	Granular	Bloque Subangular	Granular	Subangular	Subangular
Consistencia	Compacta	Friable	Friable	Compacta	Semicompato	Friable
Actividad Biológica	Notable	Notable	Sin Presencia	Notable	Notable	Sin Presencia
Presencia de Raíces	Raicillas muy finas	Sin presencia	Sin presencia	Raicillas	Raicillas	Raicillas

Nota: Calicatas de 1.50 m (prof.) x 1 m (ancho) x 2 m (largo) para análisis físico-químico.

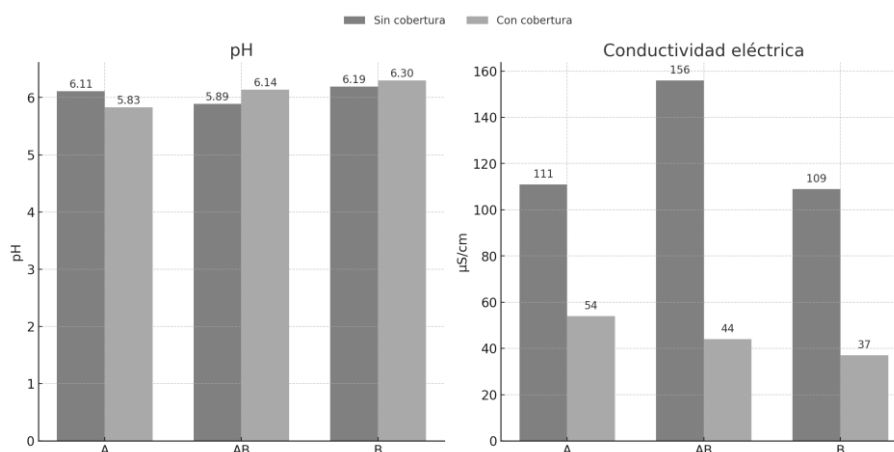
En cambio, los suelos bajo cobertura vegetal muestran una configuración estructural distinta. En los horizontes más profundos (AB - Bc), la estructura tiende a ser de tipo subangular, lo cual sugiere una mayor estabilidad y menor compactación en profundidad. Además, estos perfiles presentan una transición textural más marcada: desde una textura franco arcillosa en la superficie hasta una textura netamente arcillosa en los horizontes inferiores, donde el contenido de arcilla supera el 80%. Esta acumulación de materiales finos está posiblemente asociada con una mayor retención de humedad, favorecida por el manejo con cobertura.

También se observan diferencias en cuanto al color del suelo. En los perfiles sin cobertura, la tonalidad varía desde un café muy oscuro en la capa superficial hasta colores más claros a medida que se profundiza, lo que podría estar vinculado con una disminución progresiva del contenido de materia orgánica. Por otro lado, en los suelos con cobertura, el horizonte A presenta un color más oscuro con matices amarillentos, lo cual podría indicar una mayor acumulación de materia orgánica en superficie y posibles diferencias en la mineralogía del suelo, influenciadas por el tipo de manejo.

Otro aspecto destacable es la actividad biológica. En presencia de cobertura vegetal, tanto las raíces como la fauna edáfica se distribuyen hasta horizontes más profundos, mientras que en los perfiles descubiertos esta actividad se restringe a las capas superficiales. Esto sugiere que la cobertura no solo protege al suelo, sino que también favorece el desarrollo biológico en profundidad, aspecto clave para mantener la estructura y dinámica del suelo. Finalmente, la consistencia en los perfiles con cobertura es notablemente más friable en los

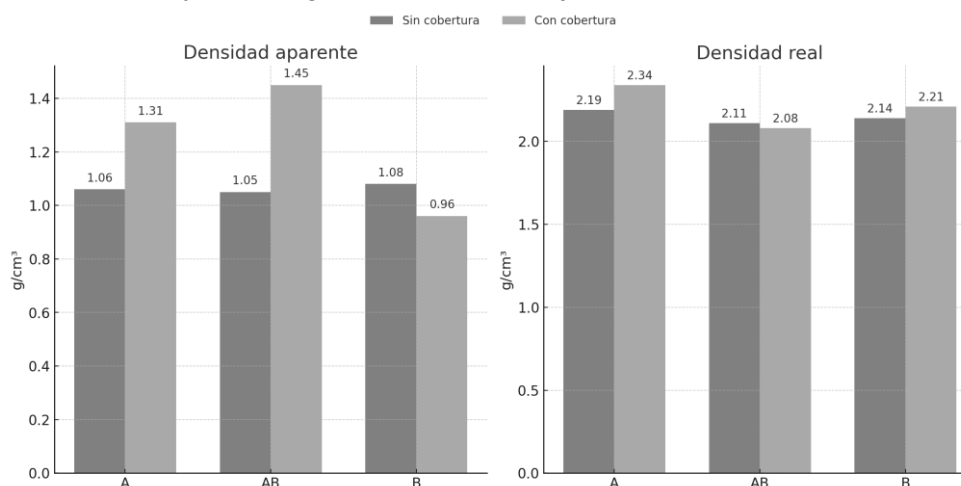
horizontes profundos, lo que refleja una menor compactación y mayor porosidad, condiciones esenciales para mejorar la infiltración y la retención de agua.

Figura 2.
pH y Conductividad eléctrica según el tipo de manejo.



Tal como se muestra en la Figura 2, los valores de pH presentan variaciones entre ambos manejos, con valores entre 5.83 y 6.30 en la calicata con cobertura y entre 5.89 y 6.19 en la sin cobertura, indicando suelos ligeramente ácidos en ambos casos. Este comportamiento es común en horizontes superficiales, donde la acumulación de materia orgánica y la actividad biológica tienden a acidificar el perfil. En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), los valores fueron menores en los suelos con cobertura ($54 \rightarrow 44 \rightarrow 37 \mu\text{S/cm}$), lo que sugiere una mejor distribución de sales y un menor riesgo de acumulación superficial.

Figura 3.
Densidad aparente y Real según el tipo de manejo.



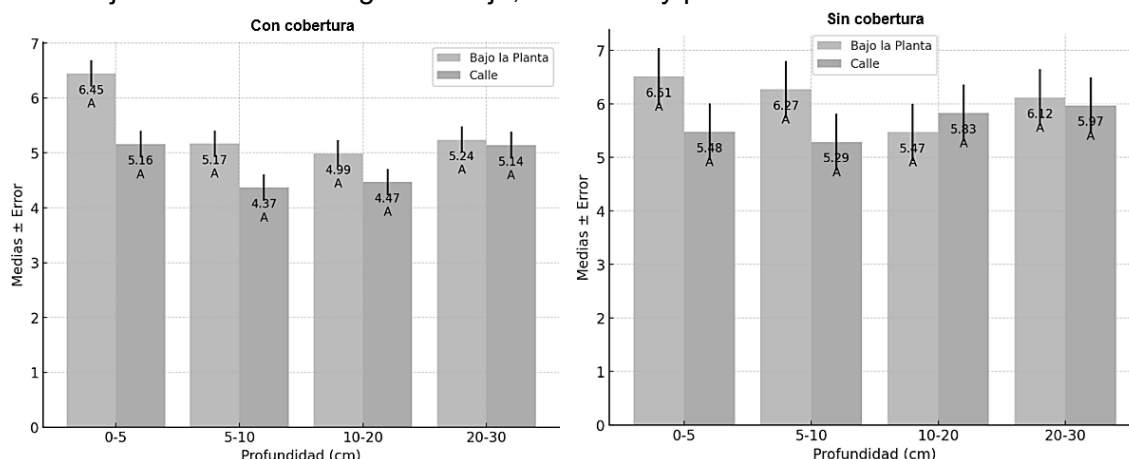
La densidad aparente es más alta en los horizontes del suelo con cobertura (hasta 1.45 g/cm^3) como se visualiza en la Figura 3, lo que puede deberse al contenido de arcilla, mientras que la densidad aparente del suelo sin cobertura es más baja pero no necesariamente mejor, ya que su menor contenido de

materia orgánica y estructura suelta no garantizan una buena retención de agua. La densidad real es similar en ambos manejos, con ligeras variaciones, pero es más constante en la calicata sin cobertura. Esto sugiere que el manejo con cobertura, aunque puede tener mayor densidad aparente, mejora otras propiedades funcionales del suelo, como la actividad biológica, profundidad útil y fertilidad.

3.2. Humedad y densidad aparente del suelo

Figura 4.

Porcentajes de humedad según manejo, ubicación y profundidad.

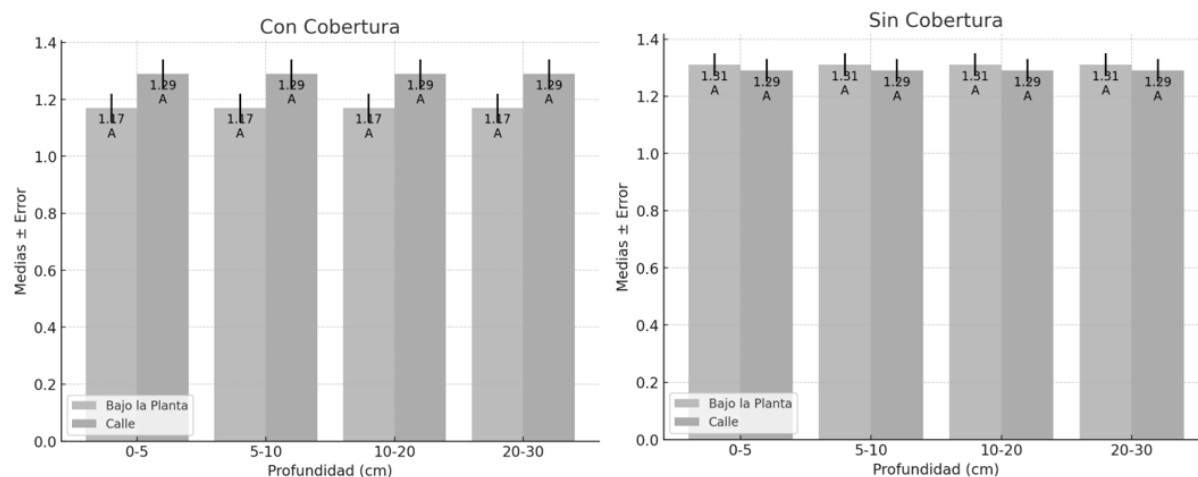


Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Según la Figura 4, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad entre las distintas profundidades, tanto en el manejo con cobertura como sin cobertura. Sin embargo, se observa una tendencia en el manejo con cobertura a presentar mayores valores de humedad en la capa superficial (0–5 cm), especialmente bajo la planta (6,45%), en comparación con las demás profundidades. En contraste, en el manejo sin cobertura, la humedad más alta se registró en la profundidad de 20–30 cm bajo la planta (6,12%). Esta distribución sugiere que la cobertura vegetal podría estar ayudando a conservar la humedad en las capas superiores del suelo, posiblemente al reducir la evaporación, mientras que su ausencia favorecería la percolación hacia capas más profundas.

Figura 5.

Densidad aparente según manejo, ubicación y profundidad.



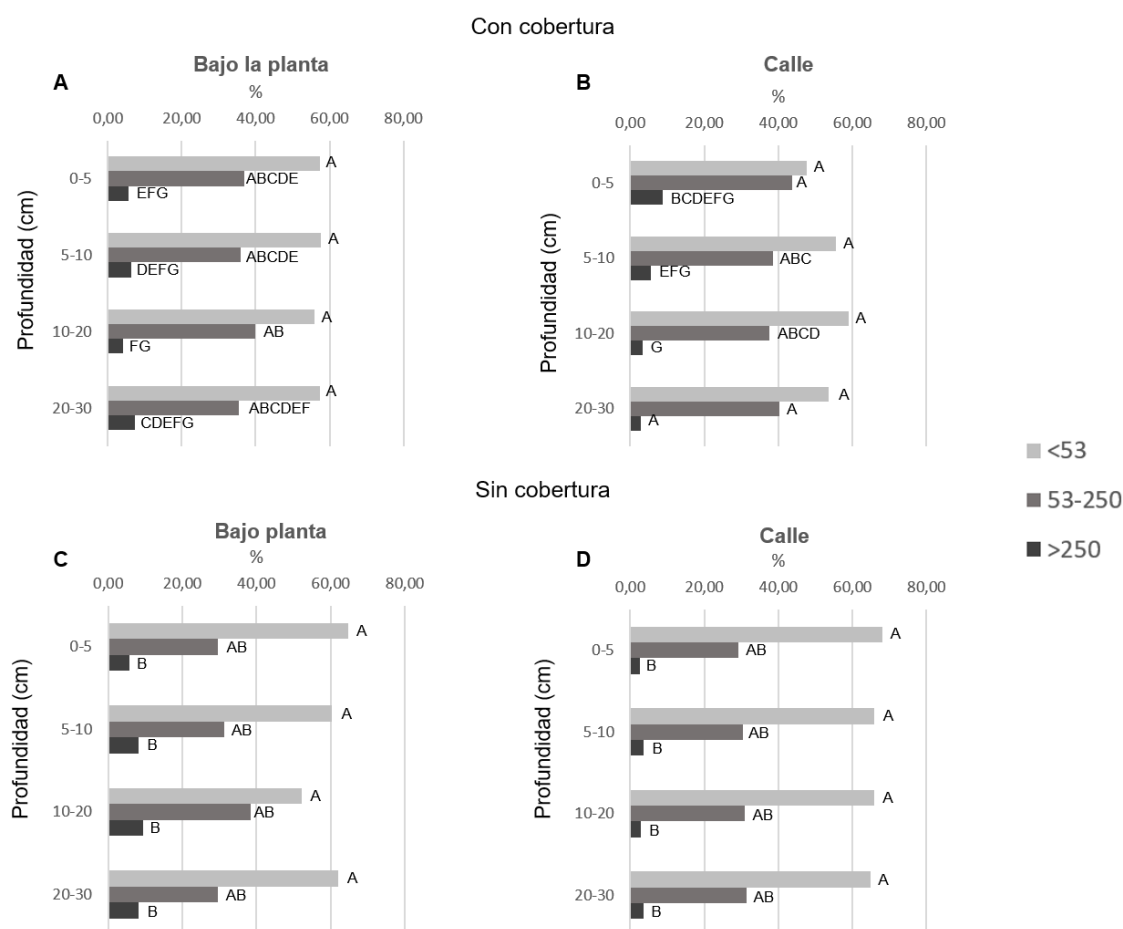
Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Referente a la densidad aparente (Figura 5), no se observaron diferencias significativas entre las distintas profundidades ni entre las posiciones muestreadas. Sin embargo, se identifica una tendencia clara en la que el manejo sin cobertura presenta valores consistentemente más altos de densidad aparente ($1,31 \text{ g/cm}^3$ bajo la planta) en comparación con el manejo con cobertura ($1,17 \text{ g/cm}^3$ bajo la planta). Esta diferencia sugiere que el tipo de manejo influye en el grado de compactación del suelo, donde la ausencia de cobertura podría estar asociada a una mayor compactación debido a la falta de protección superficial, lo que puede afectar negativamente propiedades como la porosidad, infiltración y aireación del suelo.

3.3. Tamaño de partícula

Figura 6.

Distribución del tamaño de las partículas del suelo según profundidad, ubicación y tipo de manejo.



Nota: Datos obtenidos de la separación de tamaño de partícula en tres fracciones (<53 arcilla, >53 y <250 limo y >250 arena) en cada tipo de manejo, según su ubicación y sus diferentes profundidades.

Los resultados del análisis de distribución de tamaños de partícula se presentan en la Figura 6. En general, el manejo con cobertura vegetal mostró una tendencia a mantener una distribución más equilibrada entre las distintas fracciones de tamaño, sin importar la profundidad. Destacó especialmente la fracción intermedia (53–250 μm), la cual alcanzó proporciones considerables tanto bajo la planta como en la calle, con valores promedio entre 35 y 43 % y sin diferencias estadísticamente significativas entre profundidades, compartiendo grupos estadísticos como ABC, ABCDE y similares. Esta consistencia sugiere que la cobertura vegetal contribuye a estabilizar los agregados de tamaño medio, lo cual es clave para mejorar propiedades físicas del suelo como la porosidad y la aireación.

En cuanto a la fracción más fina (<53 μm), los valores fueron similares en todas las profundidades, oscilando entre 56 y 59 % bajo la planta y entre 47 y 59 % en la calle. Todas las medias pertenecen al mismo grupo estadístico (letra A), lo que refleja una distribución homogénea de estas partículas en el perfil. Esta uniformidad podría estar relacionada con el efecto protector de la cobertura

vegetal, que atenúa los procesos erosivos y favorece la retención de partículas finas al promover la formación de agregados estables.

La fracción gruesa ($>250\ \mu\text{m}$), aunque fue la menos abundante en todos los tratamientos, presentó una mayor diversidad estadística en su distribución dentro del suelo con cobertura. En este manejo, esta fracción participó en múltiples grupos (EFG, FG, etc.), lo que sugiere una mayor heterogeneidad estructural, posiblemente vinculada a una dinámica más activa de formación y descomposición de agregados grandes.

Por el contrario, el manejo sin cobertura vegetal mostró patrones menos equilibrados. Aunque la fracción fina también fue dominante (52 a 68 %), su distribución presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a las demás fracciones en todas las profundidades, especialmente en la calle, donde se observó una acumulación aún mayor (hasta 68 %, grupo A). Esto indica que la ausencia de cobertura incrementa la proporción de partículas finas, posiblemente por la pérdida de estructura del suelo y una mayor vulnerabilidad a la erosión superficial.

La fracción media, si bien estuvo presente en proporciones considerables (29 a 38 %), mostró menor variabilidad estadística (grupo AB en todas las profundidades), lo que puede reflejar una menor dinámica estructural en este tipo de manejo. En cuanto a la fracción gruesa, los valores fueron bajos y homogéneos, con medias entre 2,7 y 9,3 %, sin diferencias estadísticas (grupo B en todos los casos), lo que sugiere una posible compactación del suelo o pérdida de agregados grandes por falta de protección superficial.

En conjunto, estos resultados evidencian que la cobertura vegetal no solo protege contra la erosión, sino que también promueve una estructura del suelo más equilibrada, con una distribución más dinámica y funcional de los tamaños de partícula.

4. Discusión

Los resultados obtenidos confirman que la cobertura vegetal en sistemas de pitahaya desempeña un papel crucial en la conservación de las propiedades físicas del suelo, al igual que lo han reportado diversos autores en otros sistemas agrícolas tropicales. Martínez et al. (2010) demostraron que los suelos sin cobertura pierden humedad más rápidamente debido a su exposición directa al sol, lo que concuerda con el comportamiento observado en este estudio, donde la humedad superficial fue mayor en suelos cubiertos (6.45 % en los primeros 5 cm). De forma similar, Mendoza et al. (2011) y Guillén et al. (2023) señalaron que el uso de tamo de arroz como mulch redujo las oscilaciones térmicas del suelo y favoreció su capacidad de retención hídrica en cultivos de pitahaya.

Además, se registró una mayor presencia de raíces y fauna edáfica en suelos cubiertos, incluso en horizontes inferiores, lo cual resalta el impacto positivo de estas prácticas sobre la actividad biológica del suelo. Según Ren-tian et al. (2023), la vegetación en superficie mejora las condiciones para la fauna edáfica, promoviendo la formación de bioporos, y favoreciendo una mejor estructuración del perfil del suelo. Esta actividad biológica incrementa la porosidad y facilita la infiltración del agua, como también lo señala Cao et al. (2023) quienes destaca el papel funcional de los organismos del suelo en la regulación de procesos hidrológicos y el reciclaje de nutrientes. En esa misma línea, Qu et al. (2024) enfatizan que la biodiversidad edáfica es clave para la provisión de servicios ecosistémicos como la fertilidad, la estabilidad estructural y el control de la erosión.

La acumulación de arcilla en los horizontes profundos de suelos con cobertura —que en este estudio superó el 80 %— puede explicarse por una menor pérdida de materiales finos y una redistribución vertical más estable. Nieto et al. (2012) y (cita) explican que la cobertura vegetal disminuye la velocidad del agua de escorrentía, reduciendo la movilización de partículas y favoreciendo la retención de arcillas. Esto coincide con los datos observados en campo, donde los suelos cubiertos conservaron una estructura más uniforme en cuanto a textura y estabilidad.

Aunque se registró una densidad aparente relativamente elevada en los suelos con cobertura (hasta 1.45 g/cm³), estos mostraron una mejor consistencia friable, lo que favorece la aireación y el desarrollo radicular. Según Cuya et al. (2018), los suelos con valores bajos o moderados de densidad y buena estructura física permiten una mayor penetración de raíces y facilitan el intercambio gaseoso. Por su parte, Sanclemente y Patiño (2015) documentan que el uso de coberturas vegetales muertas contribuye significativamente a mejorar la estructura del suelo, reduciendo su compactación y previniendo procesos de degradación.

Asimismo, la fracción granulométrica media (53–250 µm), mejor representada en los suelos con cobertura, jugó un papel importante en la estabilidad estructural observada. Según García et al. (2024), los suelos con alta proporción de materia orgánica promueven una mayor formación de macroagregados estables, lo que mejora tanto la infiltración como la resistencia a la erosión. Esta estabilidad

también favorece la retención de carbono en el suelo, como lo señalan Han et al. (2024) quienes argumentan que los agregados actúan como microambientes protectores de la materia orgánica. De manera complementaria, Don et al. (2023) sostienen que esta acumulación estable de carbono en el suelo es un componente clave en las estrategias de mitigación del cambio climático.

En cuanto a la distribución de partículas, los suelos sin cobertura presentaron una acumulación excesiva de fracciones finas (hasta un 68 %), lo que indica una mayor susceptibilidad a la erosión. Esta situación ha sido ampliamente documentada por Nieto et al. (2012), quienes observaron que en sistemas agroforestales con cobertura arbustiva la pérdida de suelo era significativamente menor debido a que la vegetación amortigua el impacto de la lluvia y reduce la erosión hídrica. Del mismo modo, Hu et al. (2023) afirman que la cobertura vegetal tiene un efecto directo en la regulación del escurrimiento superficial, siendo una medida eficaz en regiones tropicales donde las lluvias intensas aceleran los procesos de degradación.

Desde una perspectiva práctica, los resultados sugieren que los agricultores pueden beneficiarse considerablemente al incorporar coberturas vegetales en sus sistemas de cultivo. Según Sarkar et al. (2023), estas prácticas no solo mejoran la salud del suelo, sino que también incrementan la resiliencia de los agroecosistemas ante el estrés hídrico y térmico. Priedniece et al. (2024) indican que el uso de materiales locales como residuos de cosecha o leguminosas nativas puede ofrecer una opción rentable y accesible para productores de pequeña escala. A su vez, Courson et al. (2024), resaltan que el uso estratégico de coberturas no requiere altos niveles de tecnificación, lo que las convierte en una herramienta viable para contextos rurales con recursos limitados.

Sin embargo, este estudio también presenta limitaciones importantes. Como señala Haruna (2024), para comprender completamente los efectos de las coberturas vegetales es necesario integrar datos de productividad del cultivo, así como indicadores biológicos del suelo, tales como la biomasa microbiana o la actividad enzimática. En este caso, el número de unidades de muestreo fue reducido y no se midieron variables bioquímicas ni el rendimiento de la pitahaya, lo que limita la posibilidad de establecer relaciones causa-efecto completas.

Por ello, futuras investigaciones deberían incluir un monitoreo a largo plazo que contemple cambios físicos, químicos y biológicos del suelo, así como su relación con la productividad de la pitahaya en diferentes épocas del año. Ewert et al. (2023) proponen integrar enfoques agroecológicos en el diseño de sistemas productivos, mientras que Akanmu et al. (2023) recomiendan considerar el contexto local y la variabilidad climática en el desarrollo de tecnologías sostenibles adaptadas a cada territorio.

Finalmente, estos hallazgos tienen un valor significativo para la formulación de políticas públicas orientadas al manejo sostenible del suelo. Según Chen et al. (2024) la implementación de prácticas conservacionistas debe estar acompañada de incentivos gubernamentales que promuevan la adopción de tecnologías sustentables entre los agricultores. En consonancia, keshavarz et al.

(2023) enfatizan que, en zonas tropicales vulnerables como Manabí, es urgente articular esfuerzos entre instituciones, comunidades y gobiernos locales para fortalecer programas de restauración de suelos y promoción de la agricultura regenerativa.

5. Conclusiones

En la presente investigación se observó que los manejos de los suelos bajo cobertura vegetal presentaron una mayor humedad en la capa superficial, en comparación con los suelos que son manejados sin cobertura donde los niveles fueron menores. En suelos sin cobertura la humedad es baja, por lo que si bien es cierto en la capa de mayor profundidad los suelos sin cobertura presentaron una mayor humedad, las diferencias descendieron con la profundidad en donde la cobertura vegetal se desenvuelve como una barrera protectora de la evaporación en la capa superficial.

La densidad aparente presentó diferencias significativas y los suelos bajo cobertura promediando el 1.17 g/cm^3 en la capa superficial (0-5 cm), en suelos sin cobertura la densidad presentada fue de 1.31 g/cm^3 , concluyendo que los suelos tienen menor compactación y mayor porosidad en el manejo bajo cobertura vegetal, permitiendo de tal forma la infiltración de agua y el desarrollo de las raíces, mejorando sus propiedades haciéndolos más aptos para el desarrollo de la pitahaya u otros cultivos bajo este manejo.

Finalmente, el manejo de los suelos con cobertura vegetal influye sobre la estabilidad estructural del suelo creando y manteniendo en el tiempo los macroagregados y las macrofibras con su correspondiente aportación de materia orgánica, los suelos con un mayor contenido de materia orgánica presentan una mejor estabilidad de los agregados ofrecidos para su conservación, dejando menos expuestos a la erosión y mejorando la retención de humedad. En el presente estudio, se contrastó la estabilidad estructural en la distribución más equilibrada de partículas de arena-limo-arcilla lo que presentó una diferencia positiva en las propiedades del suelo, tanto en su estructura como en la retención de humedad. Estos resultados demuestran que el uso de cobertura vegetal en el cultivo de pitahaya está relacionado con sus propiedades, contribuyendo de manera favorable en la calidad estos suelos.

Contribución de los autores: Conceptualización, metodología, software, análisis formal, investigación y recursos: V-S C.F., M-B L.G. y G-M S.V.; validación y supervisión: G-M S.V.; redacción del borrador original: V-S C.F. y M-B L.G.; redacción, revisión y edición: G-M S.V.; visualización: M-B L.G. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa

Agradecimientos: A la ESPAM MFL por el financiamiento a través del proyecto de investigación CUP: 91880000.0000.388095 SEMPLADES, Ecuador, así como al equipo técnico del laboratorio de suelos de la ESPAM MFL.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: cristhian.veras@espam.edu.ec; squillen@espam.edu.ec

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Bibliografía

- Akanmu, A., Akol, A., Ndolo, D., Kutu, F. y Babalola, O. (2023). Técnicas agroecológicas: adopción de prácticas agrícolas seguras y sostenibles entre los pequeños agricultores de África., 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1143061>
- Aquino, J. A., García, G. P., & García, L. V. (2021). Impacto del vertimiento de agua residual de lavado de carbón en las propiedades fisicoquímicas del suelo. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 20(1). <https://doi.org/10.19053/1900771x.v20.n1.2020.13377>
- Cao, T., Luo, Y., Shi, M., Tian, X. y Kuzyakov, Y. (2023). Interacciones microbianas para la adquisición de nutrientes en el suelo: Mineros, carroñeros y transportadores. *Biología y bioquímica del suelo*. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109215>
- Carrasco J., Aguirre A., & Silva R. (2018). Propiedades físicas de los suelos y su relación con la producción de maíz. Rengo: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Vol. no. 385. p. 29-37 <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6738>
- Chen, Y., Sun, Z., Zhou, Y., Yang, W., y Y. (2024). El futuro de la agricultura sostenible: un marco de juego evolutivo para la promoción de tecnologías de producción agrícola ecológica. *Revista de Producción Limpia*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142606>
- Cherubin, M. R., Karlen, D. L., Franco, A. L. C., Tormena, C. A., Cerri, C. E. P., Davies, C. A., & Cerri, C. C. (2016). Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. *Geoderma*, 267, 156–168. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2016.01.004>
- Córdova, H. (2022). *Manejo agronómico del cultivo de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus) en el Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. DSpace de La Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11372>
- Courson, E., Ricci, B., Muneret, L. y Petit, S. (2024). Reducción de la presión de plagas y del uso de insecticidas mediante el aumento de setos en el paisaje. *La ciencia del medio ambiente total*, 170182. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170182>
- Cuya, O., José, A., & 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.
https://www.researchgate.net/publication/329466167_La_densidad_apar_ente_del_suelo_como_indicador_ecologico_para_la_restauracion_de_pl_ataformas_y_campamentos_petro_eros_en_el_bosque_humedo_tropical_GSI-ME-OC-10-N_IX_INGEPET_2018
- Dieguez, K., Zabala, A., Villarroel, K., & Sarduy, L. (2020). Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *TecnoLógicas*, 23(49), 113–128. <https://doi.org/10.22430/22565337.1621>
- Don, A., Seidel, F., Leifeld, J., Kätterer, T., Martin, M., Pellerin, S., Emde, D., Seitz, D. y Chenu, C. (2023). Secuestro de carbono en suelos y mitigación del cambio climático: definiciones y dificultades. *Biología del Cambio Global*, 30. <https://doi.org/10.1111/gcb.16983>
- Estación meteorológica de la ESOAM-MFL (2024). Ubicación geográfica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 1/.
- Estación meteorológica de la ESPAM-MFL (2024). Ubicación Geográfica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Ewert, F., Baatz, R. y Finger, R. (2023). Agroecología para un sistema agrícola y alimentario sostenible: De las soluciones locales a la adopción a gran escala. *Revista Anual de Economía de los Recursos*. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>
- FAO. (2017). Global Soil Organic Carbon Map. Intergovernmental Technical Panel on Soils, 1–5.
- Gamboal, G. A., (2015). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una perspectiva bioética. *Persona y Bioética*, 19(2), 175-181.
- Galora, D. H. (2024). *Análisis del comportamiento de la exportación de Pitahaya ecuatoriana hacia el mercado asiático, año 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Selesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27534>
- García, G. V., Ontivero, R. E., Lugo, M. A., & Studdert, G. A. (2024). Un método simple y rápido para determinar la estabilidad de agregados en Entisoles franco arenosos. *Ciencia del Suelo*, 42(1), 50-62. <https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol42n1/50-v42n1-metodologia-estabilidad-agregados.pdf>
- González, J. E., Robles, M., Mullo, P. S., Chinkim, J. C., Morocho, J. V., & Casco, E. C. (2023). Modelación matemática de la *hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya) para el aprovechamiento agroindustrial en el Ecuador. *Ciencia Digital*, 7(1). <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i1.2424>
- Guamán, P., Basante, C., & Mármol, J. L. (2023). Ventajas de la aplicación de cobertura vegetal en los cultivos agroecológicos. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 6037–6043. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1032>
- Guillén, S., López, G., Ormaza, P., Mesias, F., Błońska, E., & Reyna-Bowen, L.

- (2023). Soil health and dragon fruit cultivation: Assessing the impact on soil organic carbon. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 519–528. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.043>
- Han, C., Chen, L., Jia, Z., Zou, H., L., Feng, B., Li, J., Zhou, G., Zhang, C., D. y Zhang, J. (2024). Regulación conjunta de la acumulación de carbono orgánico en el suelo mediante la protección mineral y las propiedades microbianas tras prácticas de conservación. *CATENA*. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108298>
- Haruna, S. (2024). Efectos de los cultivos de cobertura en indicadores abióticos y bióticos seleccionados de la salud del suelo. *Desafíos ambientales*. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101045>
- Hernández, A., Vera, L., Naveda, C., Guzmán, A., Vivar, M., Zambrano, T., Mesias, F., Ormaza, K., León, R., & López, G. (2017). Variaciones en Algunas Propiedades Del Suelo Por El Cambio De Uso De La Tierra, En Las Partes Media Y Baja De La Microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n1/ctr06117.pdf>
- Hu, Y., Zhang, F., Luo, Z., Badreldin, N., Benoy, G. y Xing, Z. (2023). Efectos de la conservación del suelo y el agua de diferentes tipos de cobertura vegetal sobre la escorrentía y la erosión, impulsados por el clima y las condiciones superficiales subyacentes. *CATENA*. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107347>
- Keshavarz, M., y Sharafi, H. (2023). Ampliación de la agricultura regenerativa climáticamente inteligente para la restauración de agroecosistemas degradados en países en desarrollo. *Producción y consumo sostenibles*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.003>
- Linde, D., & Vila, J. (2005). Ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea . Una aproximación metodológica al caso de los valles d ' Hortmoier y Sant Aniol (Alta Garrotxa . Girona). *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 25, 59–72.
- López, C. C., & Meneses, W. O. (2023). Modulación de las emisiones de gases efecto invernadero de un hato lechero. *Revista Alfa*, 7(20). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.226>
- Martínez, F., Sosa, F., & Ortiz, J. (2010). Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 1(4), 89–103.
- Matus, Francisco. (2021). Fine silt and clay content is the main factor defining maximal C and N accumulations in soils: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 11(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84821-6>
- Mendoza, L., Cabezas, R., & Barroso, R. (2011). La cobertura natural como reguladora de la humedad del suelo cultivado con plátano. *Agrisost*, 17(1), 17–25.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). *Boletín Situacional Cultivo de Pitahaya*. 2–6.

https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/boletin_situacional_pitahaya_2023.pdf

- NTE INEN 0573. (2015). *Materiales Refractorios. Determinación de la porosidad, absorción de agua y densidad aparente. Instituto Ecuatoriano de Normalización.*
- Núñez, J., Aceved, D., Hernández, E., & Villanueva, A. (2022). Effect of three production systems on the physical fertility status of the soil. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 55–81.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i72.1279>
- Paniagua, N. (2023). *La pérdida de fertilidad del suelo, causas y consecuencias. [Tesis de pregrado, Universidad Autonoma del Estado de Quintana Roo]. Repositorio Institucional UQROO.*
<http://hdl.handle.net/20.500.12249/4465>
- Pérez, J., Valdés, E., & Ordaz, V. M. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 249-259.
- Pitizaca, F. G. (2024). Plan de Internacionalización de la Finca Sucúa Fruit del Cantón Sucúa, Provincia de Morona Santiago, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1).
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9459
- Priedniece, V., Sturmane, A., Eglītis, R., Juhnevica, I., Krīgers, G. y Kirsanovs, V. (2024). Búsqueda de materias primas alternativas para la producción de pellets: un estudio preliminar. *Tecnologías ambientales y climáticas*.
<https://doi.org/10.2478/rtuect-2024-0051>
- Qu, X., Li, X., Bardgett, R., Kuzyakov, Y., Revillini, D., Sonne, C., Xia, C., Ruan, H., Liu, Y., Cao, F., Reich, P. y Delgado-Baquerizo, M. (2024). La deforestación impacta la biodiversidad del suelo y los servicios ecosistémicos a nivel mundial. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, 121.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2318475121>
- Ren-tian, R., Hu, F., Xu, C., Liu, J., Yu, Z., Liu, G., Zhao, S. y Zheng, F. (2023). La restauración de la vegetación mejora la resistencia a la erosión del suelo al disminuir la fuerza repulsiva neta entre las partículas del suelo. *CATENA*. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107085>
- Rodrigo, J., Caballero, A., Salvati, L., & Senciales, J. (2022). Sustainability of subtropical crops: keys for land management, agricultural use, and spatial planning. *Cuadernos Geograficos*, 61(1), 150–167.
<https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i1.22284>
- Rodríguez, I., Martín, G., Hipólito, P., & García, R. (2025). De propiedades físicas, químicas y biológica del suelo en sistemas de producción agrícola. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(S1), 184–196.
<https://doi.org/https://doi.org/10.62452/se591c34>
- Sanclemente, O., & Patiño, C. (2015). Efecto de *Mucuna pruriens* como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo. *Ciencias*

- Agrícolas*, 11(1), 206–211.
- Sarkar, R. y McLawrence, J. (2023). Simulación de interacciones suelo-carbono-agua en dos perfiles para seleccionar coberturas de precisión para la salud del suelo y la resiliencia a la sequía. *Tecnología agrícola inteligente*. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100218>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. (2024). Cifras agroproductivas de Ecuador. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., De Gryze, S., Morris, S. J., Gregorich, E. G., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Measuring and Understanding Carbon Storage in Afforested Soils by Physical Fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6). <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1981>
- Tauta, J., Camacho, J., Rodríguez, G., Sánchez, R., & Pulido, V. (2023). Pérdida de suelo por erosión hídrica superficial en caña de azúcar para producción de panela. *Informador Técnico*, 87(2), 3–15. <https://doi.org/10.23850/22565035.5540>
- Trujillo, P. (2022). *Cuantificación de la erosión hídrica en la cuenca del río Aguaquirí aplicando la ecuación universal de pérdida de suelos revisada* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Universidad Nacional Agraria La Molina, 1–147. https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Pui con Evaluacion-resistencia-natural.pdf
- Urgiles, G. N., Loján, P., Ávila, M. E., Benavidez, S. C., Hurtado, L., Livisaca, F., Guaya, P., Villamagua, M., Poma, L., & Quichimbo, L. (2023). Microorganismos benéficos con potencial agrícola: Una alternativa sostenible para la producción de café y calidad del suelo. *CEDAMAZ*, 13(1). <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i1.1310>
- Velasquez, E., Lavelle, P., & Andrade, M. (2007). GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(12), 3066–3080. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2007.06.013>
- Visconti, F., Peiró, E., Nájera, I., Baixauli, C., & Romero-Azorín, P. (2021). Beneficios del acolchado con paja de arroz para la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono en plantaciones de cítricos. *Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible*, 456, 73–80. <http://hdl.handle.net/20.500.11939/7575>
- Vivas, H. T., & Vélez, A. J. (2023). Huella de carbono generada por la producción de huevos. Caso: granja avícola Velasco, provincia de Manabí, Ecuador. *Ciencias Naturales y Ambientales*, 17(1). <https://doi.org/10.53591/cna.v17i1.2151>
- Zhao, Z., Mao, Y., Gao, S., Lu, C., Pan, C., & Li, X. (2023). Organic carbon accumulation and aggregate formation in soils under organic and inorganic fertilizer management practices in a rice–wheat cropping system. *Scientific Reports*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30541-y>