



Comportamiento de propiedades químicas del suelo bajo diferentes condiciones de manejo agrícola en Granja Santa Inés

Behavior of soil chemical properties under different agricultural management conditions at Granja Santa Inés

Comportamento das propriedades químicas do solo sob diferentes condições de manejo agrícola na Granja Santa Inés

Miriam Rocio Sarango-Peña ^I

msarango9@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-3983-5320>

Geanella Paola Suarez-Vasquez ^{II}

gpsuarez_est@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3052-4827>

Irán Rodríguez-Delgado ^{III}

irodriguez@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Correspondencia: msarango9@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 02 de diciembre de 2024 * **Aceptado:** 27 de enero de 2025 * **Publicado:** 11 de febrero de 2025

- I. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Resumen

Las condiciones de manejo agrícola tienen un impacto profundo en las propiedades químicas del suelo, donde las prácticas sostenibles preservan y mejoran la calidad del suelo. El trabajo se realizó con el objetivo de comprobar la influencia del manejo agrícola (banano, cacao, pastos, maíz y bosques) en las propiedades químicas del suelo (pH, CE, P, Ca, K, Mg, CIC, MO) a 0-30 cm de profundidad del perfil en la Granja Santa Inés, Cantón Machala, provincia de El Oro, para ello, se identificaron puntos permanentes de muestreo, donde se tomaron muestras de suelo de 1 kg y enviadas al laboratorio para las determinaciones analíticas con los datos obtenidos de cinco agroecosistemas que corresponden a áreas productivas. Este estudio resalta la importancia de adoptar enfoques agrícolas que optimicen las propiedades químicas del suelo para garantizar su sostenibilidad y productividad a largo plazo.

Palabras clave: Agroecosistemas; pH del suelo; Potasio; Conductividad Eléctrica; Fósforo.

Abstract

Agricultural management conditions have a profound impact on soil chemical properties, where sustainable practices preserve and improve soil quality. The work was carried out with the aim of verifying the influence of agricultural management (banana, cocoa, pastures, corn and forests) on soil chemical properties (pH, EC, P, Ca, K, Mg, CEC, OM) at 0-30 cm depth of the profile at the Santa Inés Farm, Machala Canton, El Oro Province. To this end, permanent sampling points were identified, where 1 kg soil samples were taken and sent to the laboratory for analytical determinations with the data obtained from five agroecosystems that correspond to productive areas. This study highlights the importance of adopting agricultural approaches that optimize soil chemical properties to ensure its long-term sustainability and productivity.

Keywords: Agroecosystems; Soil pH; Potassium; Electrical Conductivity; Phosphorus.

Resumo

As condições de gestão agrícola têm um impacto profundo nas propriedades químicas do solo, onde as práticas sustentáveis preservam e melhoram a qualidade do solo. O trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a influência do manejo agrícola (banana, cacau, pastagens, milho e florestas) nas propriedades químicas do solo (pH, CE, P, Ca, K, Mg, CTC, MO) a 0-30 cm de profundidade do perfil na Fazenda Santa Inés, Cantão Machala, província de El Oro, para isso

foram identificados pontos de amostragem permanentes, onde foram coletadas amostras de solo de 1 kg e enviadas ao laboratório para determinações analíticas com os dados obtidos em cinco agroecossistemas que correspondem a áreas produtivas. Este estudo realça a importância de adotar abordagens agrícolas que otimizem as propriedades químicas do solo para garantir a sustentabilidade e a produtividade a longo prazo.

Palavras-chave: Agroecossistemas; pH do solo; Potássio; Condutividade elétrica; Fósforo.

Introducción

A nivel mundial, el mayor reto que la agricultura enfrentará en los próximos 35 años es asegurar el abasto de alimentos para la población, sin embargo, su magnitud estará en función de la tasa de crecimiento poblacional, economía, infraestructura agrícola y recursos naturales de cada país (Sosa & Guadalupe, 2017).

La agricultura fue un proceso puramente extractivo durante miles de años, aunque durante ese tiempo se perfeccionó empíricamente el proceso de selección de caracteres agronómicos en los vegetales. No fue hasta el siglo XIX, con la teoría de la evolución de Charles Darwin en 1859 y los estudios genéticos de Gregory Mendel en 1869, que la agricultura y la genética se fusionaron para comenzar una nueva era en la mejora vegetal (Alborno, 2020).

Según Borjas et al. (2020), la agricultura es una de las actividades más importantes de la sociedad actual, especialmente en países en vías de desarrollo, por ejemplo, en Perú, esta actividad representó el 4% del Producto Bruto Interno (PBI) y empleó a cuatro millones de personas en el 2019, además de ser una actividad clave en la seguridad alimentaria, al suministrar una cantidad importante de alimentos para la nutrición humana.

Los fracasos en la agricultura, más que un problema de insuficiencia de recursos, es un problema de falta de conocimientos y cuando estos están disponibles, lo material se vuelve menos imprescindible (Valencia & Carmenates, 2023).

La adopción de una agricultura convencional para satisfacer la demanda alimentaria de una población constante aumento es inevitable. Sin embargo, dicha actividad agrícola puede ser insostenible cuando se hace uso excesivo de estos productos como los plaguicidas y los equipos agrícolas que contribuyen con la modificación de la estructura del suelo (Rodríguez et al., 2022). La degradación del suelo puede ocurrir por el deterioro de la estructura del suelo (degradación física) cambios químicos y degradación biológica, resultado de un desequilibrio

en la actividad biológica en el suelo, incluida la pérdida del banco de semillas y microorganismos de importancia en procesos de fertilidad y descontaminación (Acevedo et al., 2020).

Las actividades agrícolas causan afectaciones múltiples en el componente suelo ya que desestabiliza, deteriora y causa la erosión y disminución de la profundidad en su estructura. Provoca transformaciones e incompatibilidad en la aptitud agroecológica en el componente. La ganadería provoca afectaciones en el recurso hídrico causando la transformación y aumento de la sedimentación lo cual afecta directamente la composición natural y provoca la disminución de la cantidad de agua superficial disponible (Rodríguez & Bolaños, 2019).

El suelo es un componente crucial del medio ambiente de gran importancia para la vida en el planeta se compone por una mezcla de Materia Orgánica (MO), minerales y nutrientes, que se encuentran en un proceso continuo de evolución el cual favorece la vida de las plantas, microorganismo y seres humanos (Rodríguez et al., 2021).

El suelo un elemento esencial que es fundamental para la supervivencia de la vida. Se compone por diversos elementos que interactúan y evolucionan, brindando las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida en el planeta.

El manejo intensivo de los suelos a nivel mundial por la implementación de monocultivos ha provocado el deterioro de la calidad del sustrato, lo cual afecta a las propiedades físicas químicas y biológicas de los agroecosistemas, ya que el 65% (1.500 millones de ha) de suelos dedicados a monocultivos han presentado algún nivel de degradación. Ante esta situación es necesario buscar y establecer soluciones eficaces y eficientes de acuerdo al entorno y posibilidades de aplicación (Rodríguez et al., 2020).

La degradación del suelo constituye un problema mundial; identificado como un proceso que reduce la capacidad actual y potencial del suelo para producir bienes y servicios, que se incrementa de forma sistemática principalmente en los sistemas de producción agrícola, debido a causas naturales y antropogénicas, siendo estas últimas las que mayor impacto provocan fundamentalmente en la compactación del suelo (González et al., 2009); la cual es catalogada como la causa principal de la degradación física de los suelos; aunque, también se puede presentar la degradación química y biológica (Rodríguez et al., 2021).

La degradación química se genera por la concentración de sustancias tóxicas o la pérdida de bases intercambiables del suelo, que influyen en la fertilidad del suelo y provocan una rápida disminución

de la productividad de los cultivos (Zavala-Cruz et al., 2001); generándose procesos de salinización, sodificación, acidificación, desbasificación y contaminación (Guerra-García, 2009), provocados por las actividades humanas a un nivel tan alto que podrían producir la infertilidad parcial o total del suelo (Rodríguez et al., 2021).

Las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas, entre ellas: pH, MO, conductividad eléctrica, N, P y K asimilables; de la misma forma, las características físicas reflejan la manera como el suelo almacena y provee agua a las plantas y, permite el desarrollo radical, entre ellas se encuentran propiedades como: estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento (Calderón et al., 2018).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la carga eléctrica negativa de las arcillas y MO del suelo y puede ser permanente o dependiente del pH, en función del tipo de arcilla. La importancia también radica en que con ella se puede conocer el porcentaje de saturación de bases o cantidad relativa de bases en el suelo lo cual determina su fertilidad y se ha demostrado que en los suelos con menos de 25% de arcilla y mayor contenido de MO, la CIC también es influenciada por el pH del suelo (Jiménez, 2021).

Los niveles más altos de MO total ocurren en sistemas donde se hizo rotación con pastos y/o se dejaron rastrojos en el suelo después de las cosechas. Además, el clima, el tipo de suelo (textura), el manejo (labranza, tipos de rotación, regímenes de fertilización) afectan a los contenidos de MO en los suelos (Sainz Rosas et al., 2018). El nivel de MO más deteriorados se observa en situaciones donde hubo intensificación de la agricultura, con falta de rotaciones con pasturas. En algunos casos, los niveles de MO dependen del tipo de suelo y textura (Lavado, 2006). La MO también puede variar en función del pH del suelo (Pérez et al., 2022).

Es importante conocer sobre las propiedades químicas del suelo, las cuales permiten identificar los problemas como la compactación, que afecta la disponibilidad del agua, erosión, que provoca pérdidas de nutrientes, afectándose la calidad del suelo y el desarrollo de las plantas.

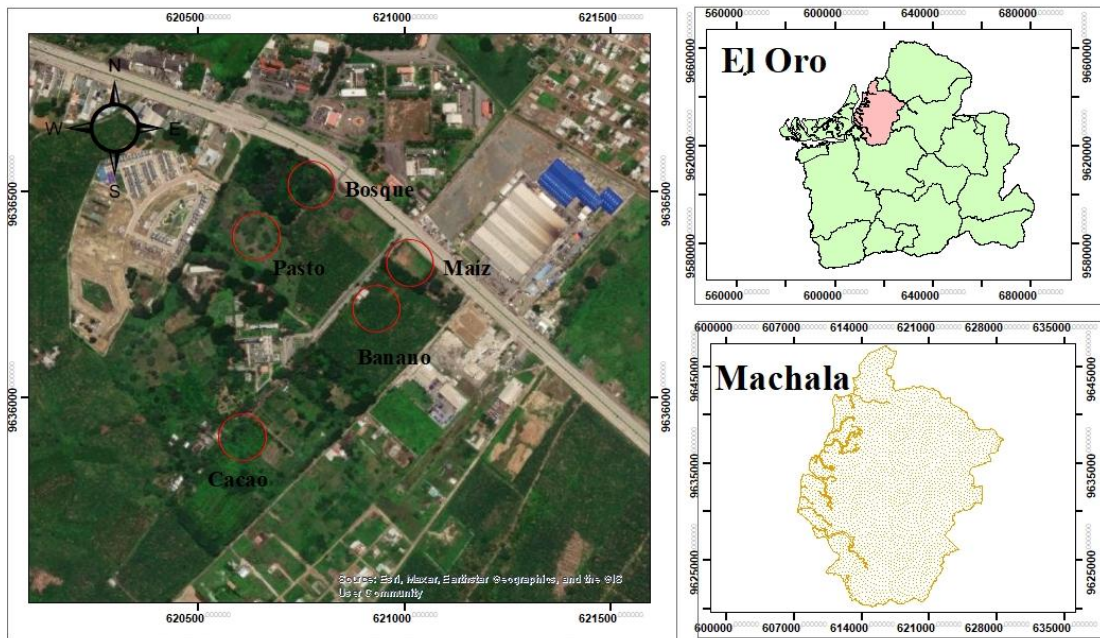
El objetivo de la investigación fue comprobar la influencia del manejo agrícola (banano, cacao, pastos, maíz y bosques) en las propiedades químicas del suelo (pH, CE, P, Ca, K, Mg, CIC, MO) a 0-30 cm de profundidad del perfil en la Granja Santa Inés.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Granja Santa Inés perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, la cual está ubicada en Machala- Pasaje, Km 5.5 Parroquia El Cambio, Cantón Machala, $79^{\circ} 54'50,1''$ de longitud oeste y $03^{\circ} 17'29,4''$ de longitud sur, a 5 msnm (Rodríguez et al., 2021) (Figura. 1).

Fig 1: Ubicación Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia

Diseño del estudio

El tipo de estudio que se llevara a cabo es de tipo transversal, lo cual se encuentran ubicados dentro de la Granja Santa Inés donde se va a destacar cinco agroecosistemas que corresponden a áreas productivas de banano (8,32 ha) cultivos de ciclo corto (1,74 ha), pastos (4,89 ha), cacao (5,98 ha) y bosque (2,43 ha), en los cuales se estableció de forma aleatorizada puntos permanentes de muestreo (PPM), georreferenciados con GPS para la toma de muestras de suelo de 0-30 m de profundidad (Rodríguez et al., 2020).

Para el análisis químico de suelos, se recolecto muestra de 1 kg de suelo donde se determinó el contenido de MO, la conductividad eléctrica (CE), pH, fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg) y la CIC.

Variables a medir y recolección de datos

Las variables a medir conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, pH del suelo, materia orgánica, P, Ca, K, Mg.

En la tabla 1 se muestra las variables medidas y métodos utilizados para determinar las variables

Tabla 1. Métodos utilizados para determinar las variables químicas del suelo.

Propiedades químicas del suelo	Unidad de medida	Método de análisis utilizado
Conductividad eléctrica del suelo	ds/m	Pasta Saturada
CIC	Meq/100 g de suelo	Cálculo
pH del suelo	Unidad	Potenciómetro
Fósforo (P)	Ppm	Olsen Modificado
Calcio (Ca)	Meq/100 g de suelo	Olsen Modificado
Potasio (K)	Meq/100 g de suelo	Olsen Modificado
Magnesio (Mg)	Meq/100 g de suelo	Olsen Modificado
Materia orgánica (MO)	%	Dicromato de Potasio

Fuente: Nematlab (2023)

Procedimiento estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor intergrupos, para determinar si se presenta o no diferencias estadísticas significativas entre los agroecosistemas (banano, cacao, maíz, pastos y bosques), en función de las variables CE, CIC, pH del suelo, P, Ca, K, Mg y MO. El procesamiento estadístico de los datos recolectados en el estudio se efectuó mediante el software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows, con un nivel de significancia de un 95% ($\alpha=0,05$).

Resultados-discusión

El procesamiento estadístico muestra diferencias significativas entre los agroecosistemas en relación con las variables, en este caso pH, Ce, Mg, y K tienen p-valores por debajo de 0,05 (0,00, 0,000 y 0,004), lo que señala diferencias significativas. Además, las variables P (0,030), Ca (0,049), CIC (0,009) y MO (0,002) presentan diferencias considerables, aunque con valores más similares (Tabla 2).

Tabla 2. Resultado de Significancia Estadística de Variables.

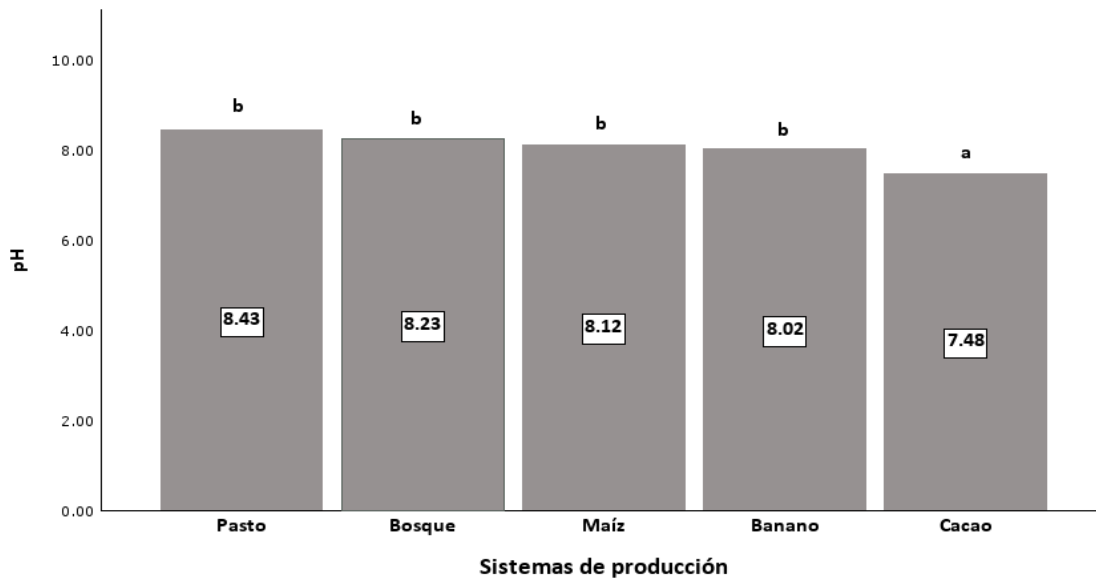
Variables	Fuentes de variación	de Suma de Cuadrados	de Grados de libertad	de Suma de Cuadrados Medios	p-valor
pH	Entre grupos	3,042	4	0,761	0,000**
	Inter grupos	1,832	25	0,073	
CE	Entre grupos	383,445	4	95,861	0,000**
	Inter grupos	33,853	25	1,354	
P	Entre grupos	56,467	4	14,117	0,030*
	Inter grupos	110,33	25	4,413	
Ca	Entre grupos	27,081	4	6,77	0,049*
	Inter grupos	64,48	25	2,579	
K	Entre grupos	1,567	4	0,392	0,004**
	Inter grupos	1,412	25	0,056	
Mg	Entre grupos	30,255	4	7,564	0,000**
	Inter grupos	10,145	25	0,406	
CIC	Entre grupos	1273,339	4	318,335	0,009**
	Inter grupos	1056,64	25	42,266	
MO	Entre grupos	12,397	4	3,099	0,002**
	Inter grupos	6,743	25	0,27	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: NS. No existe diferencia significativa. *Diferencia significativa al 95%. **Diferencia significativa al 90%

pH

En la Fig. 1 se presentan los resultados de pH obtenido en los diferentes agroecosistemas evaluados en la granja Santa Inés. Los sistemas de bosque y pasto registraron valores más altos, con pH de 8,23 y 8,43 respectivamente. En comparación, el agroecosistema de cacao mostró un pH de 7,48, mientras que los sistemas de banano y maíz exhibieron valores de pH relativamente elevados, de 8,02 y 8,12 aunque inferiores a los observados en bosque y pasto (Figura 2.).

Fig. 2: pH para los cinco agroecosistemas

Fuente: Elaboración propia

Según Calderón et al. (2018), un nivel alto de pH es consecuencia del manejo químico al que se somete el suelo durante el establecimiento y mantenimiento de los sistemas productivos, mientras que un pH bajo se atribuye a la falta de aporte externo de nutrientes.

Sin embargo, tal afirmación no se ajusta completamente a los resultados obtenidos en el presente estudio, debido a que el agroecosistema bosque a pesar de no recibir intervenciones químicas significativas asociadas al manejo agrícola presenta un pH de 8,23 ubicándose como el segundo sistema con el valor más alto en comparación con los demás agroecosistemas evaluados.

Los resultados obtenidos destacan que, en ausencia de manejo agrícola intensivo, factores como las propiedades edáficas naturales, los ciclos biogeoquímicos y la vegetación nativa son determinantes en la regulación del pH del suelo.

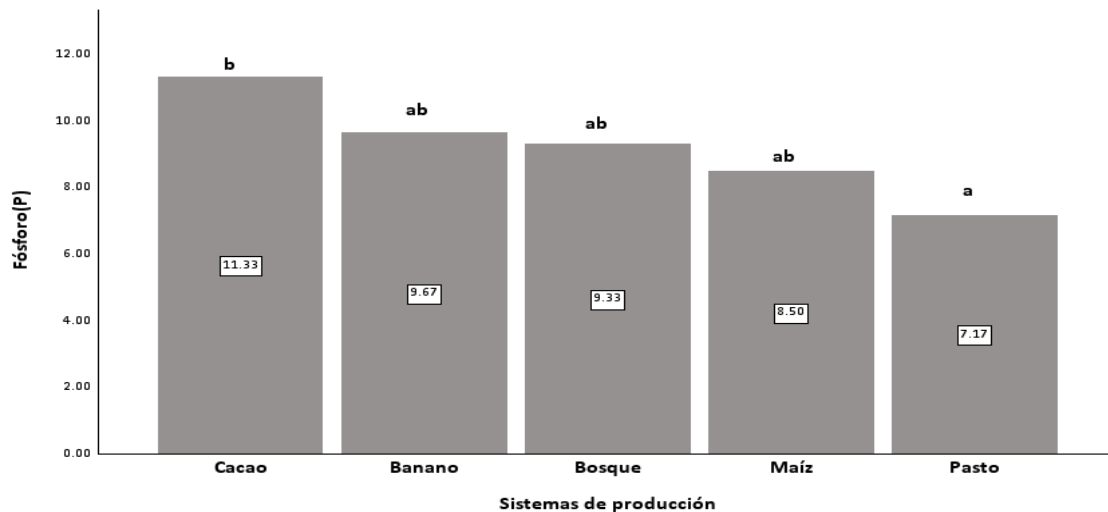
De acuerdo con Fernández et al. (2019), el pH del suelo se ve influenciado por la profundidad, el tipo de cobertura y las prácticas de manejo, mostrando diferencias significativas entre áreas antropizadas y menos intervenidas. Mientras que los sistemas sujetos a manejo intensivo, como los cultivos, tienden a presentar pH más bajos debido a procesos de acidificación asociados al uso continuo del suelo y fertilizantes, las coberturas menos alteradas, como bosques o pastizales manejados, conservan pH más cercanos a los de ecosistemas naturales. Estos hallazgos resaltan la

importancia de implementar prácticas agrícolas sostenibles que mitiguen la acidificación excesiva y protejan la calidad edáfica a largo plazo.

Fósforo

Los valores de fósforo obtenidos en los agroecosistemas muestran variación significativa. El sistema de cacao presentó un valor alto con 1133 ppm seguido por el bosque con 9,33 ppm y banano con 9,67 ppm. En contraste, el maíz registró un valor de 8,50 ppm, mientras que en pasto se observó un valor bajo en comparación a los demás. Estos resultados reflejan diferencias notables en las características de los agroecosistemas, lo que podría estar relacionado con factores como el manejo agrícola, las condiciones del suelo y las especies cultivadas (Figura 3).

Fig 3: Fósforo para los cinco agroecosistemas



Fuente: Elaboración propia

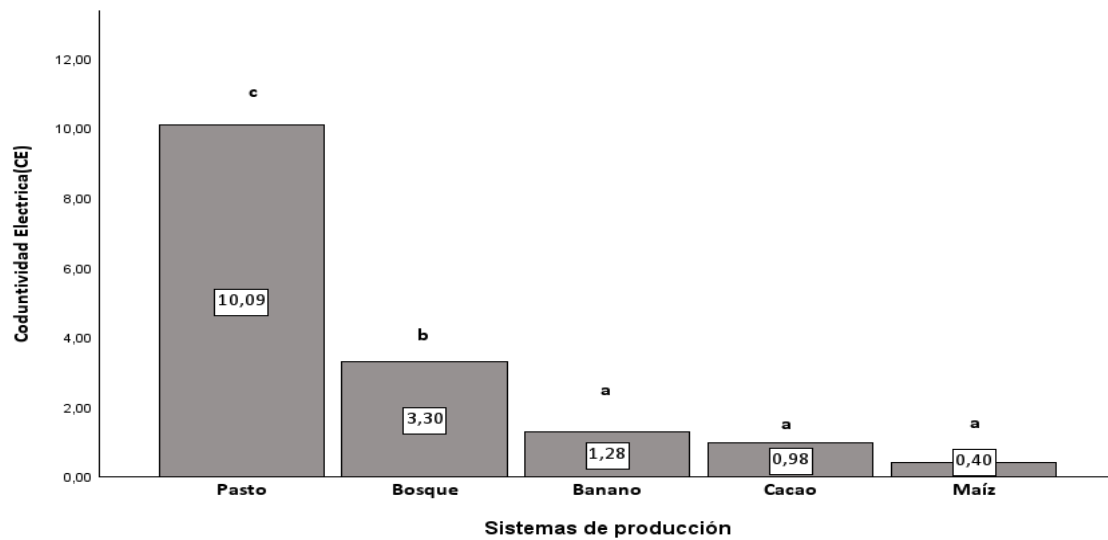
Según Gueçaimburu et al. (2019), la disponibilidad del fósforo se ve reducida a medida que la compactación del suelo aumenta con el tiempo. Este fenómeno se refleja en los resultados obtenidos en este estudio, dado que el sistema de pasto presentó menor contenido de fósforo (7,17 ppm) lo cual puede atribuirse al sobrepastoreo que contribuye a la compactación del suelo y por ende a la disminución de la disponibilidad de este nutriente.

Conductividad Eléctrica

De acuerdo con los resultados obtenidos, el agroecosistema de pasto (10,09 ds/m) registró el valor más alto de CE. Por otro lado, los agroecosistemas de cacao (0,98 ds/m), banano (1,28 ds/m) y

maíz (0,40 ds/m) presentaron valores considerablemente bajos, lo que sugiere que estos predios poseen niveles de salinidad significativamente menores (Figura 4).

Fig 4: CEC para los cinco agroecosistemas objeto de estudio.

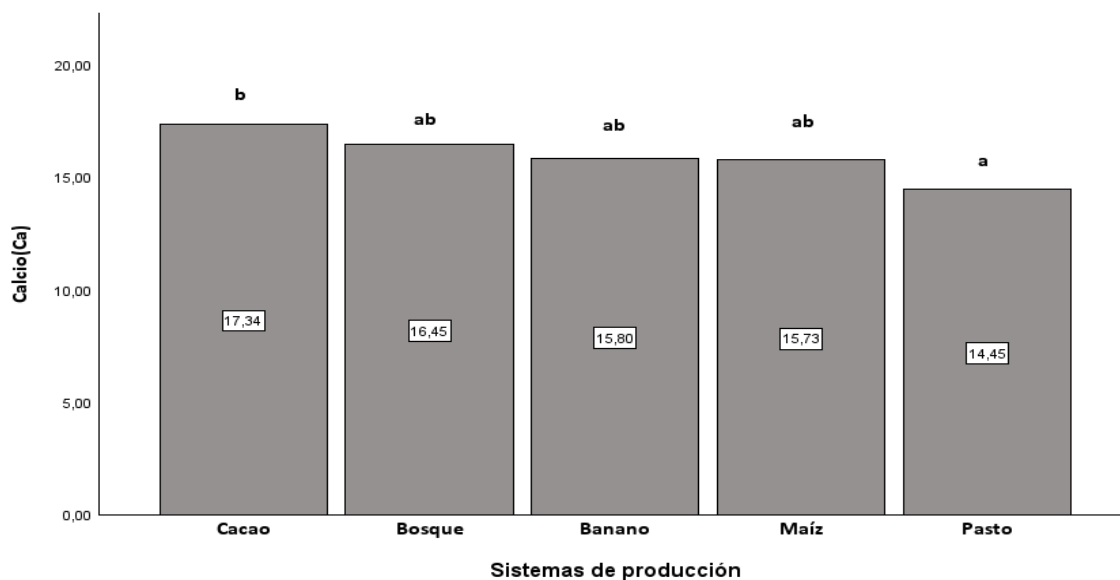


Fuente: Elaboración propia

Según Yáñez et al. (2018), en su investigación se evidenció que la variabilidad de la CE es el resultado o producto de las condiciones de manejo o características del suelo, resultados que se asemejan a los obtenidos en la presente investigación.

Calcio

El agroecosistema de cacao registra el mayor contenido de Ca, con un valor promedio de 17,34 Meq/100 g de suelo en comparación con los demás agroecosistemas evaluados. En contraste el agroecosistema pastos registró el valor más bajo con 14,45 meq/100 g. Por otra parte, los sistemas de bosque, banano y maíz presentan valores similares lo que sugiere una distribución homogénea de este elemento en estos agroecosistemas (Figura 5).

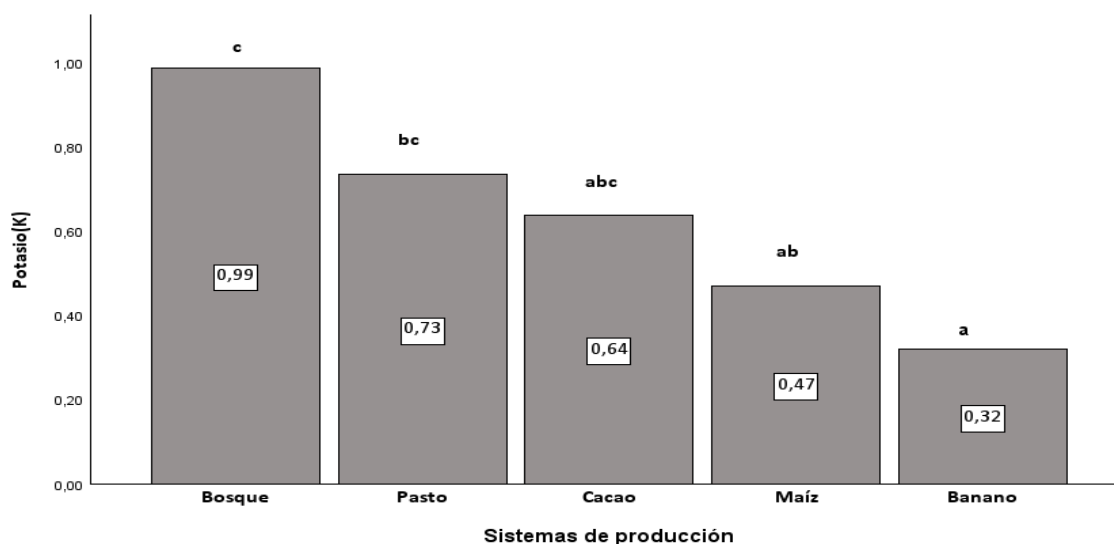
Fig 5: Calcio para los cinco agroecosistemas

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son consistentes con lo expuesto por Rodríguez et al. (2022), quienes evidenciaron que el mayor contenido de calcio (Ca) se encuentra en el agroecosistema de cacao. Este comportamiento puede atribuirse a las prácticas de manejo agrícola aplicadas en este sistema, las cuales favorecen la acumulación de este elemento en el suelo.

Potasio

El agroecosistema de bosque registró el mayor contenido de potasio (K), con un valor de 0,99 Meq/100 g, en comparación con los demás agroecosistemas evaluados. De manera similar, el sistema de banano presentó el contenido más bajo de K contenido en suelo (Figura 6).

Fig 6: Potasio para los cinco agroecosistemas

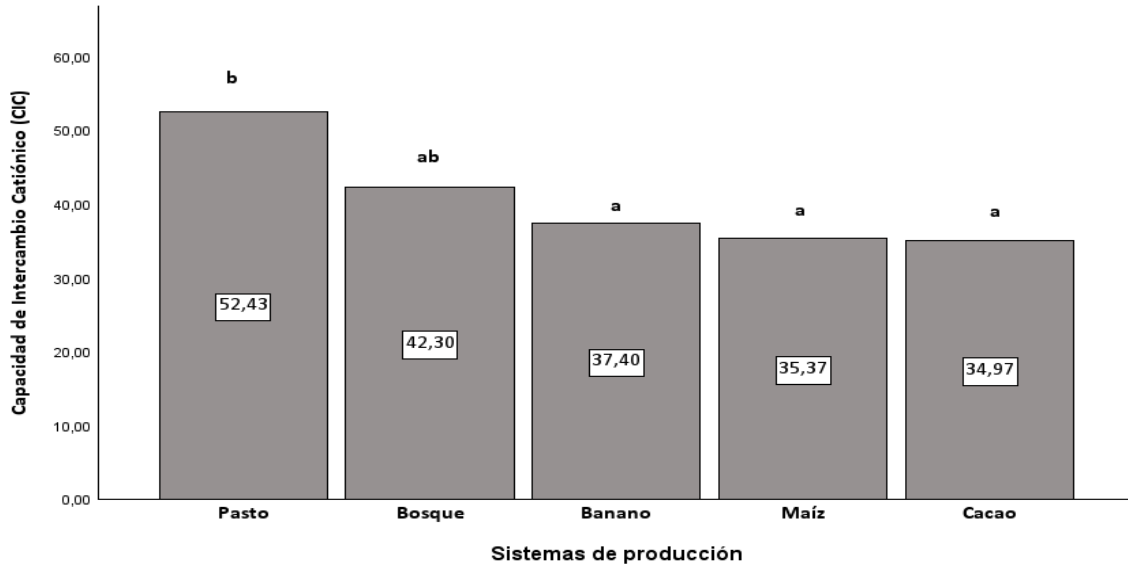
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de este estudio corroboran lo indicado por Jaurixje et al. (2013) y Pilco et al. (2024), al evidenciar que las propiedades químicas del suelo, como el potasio, fósforo y materia orgánica, disminuyen a medida que aumenta la profundidad del suelo. Este fenómeno puede atribuirse a una mayor actividad biológica, descomposición y concentración de materia orgánica en las capas superficiales, así como a las limitaciones en la movilidad y reposición de nutrientes en las capas más profundas.

Las prácticas de manejo adecuadas, tales como la conservación de la cobertura vegetal y la reducción de la erosión, son esenciales para preservar la fertilidad de las capas superficiales y prevenir la pérdida de nutrientes en el suelo.

Capacidad de Intercambio Catiónico

El agroecosistema de pasto mostró la CIC más alta con un valor de 52,43 Meq/100 g, lo que refleja una notable capacidad para retener y conservar nutrientes esenciales en el suelo. En contraste, el cacao (34,97 Meq/100 g) presentó una CIC inferior lo que podría limitar su capacidad para almacenar nutrientes a largo plazo, afectando potencialmente la fertilidad del suelo en este sistema (Figura 7).

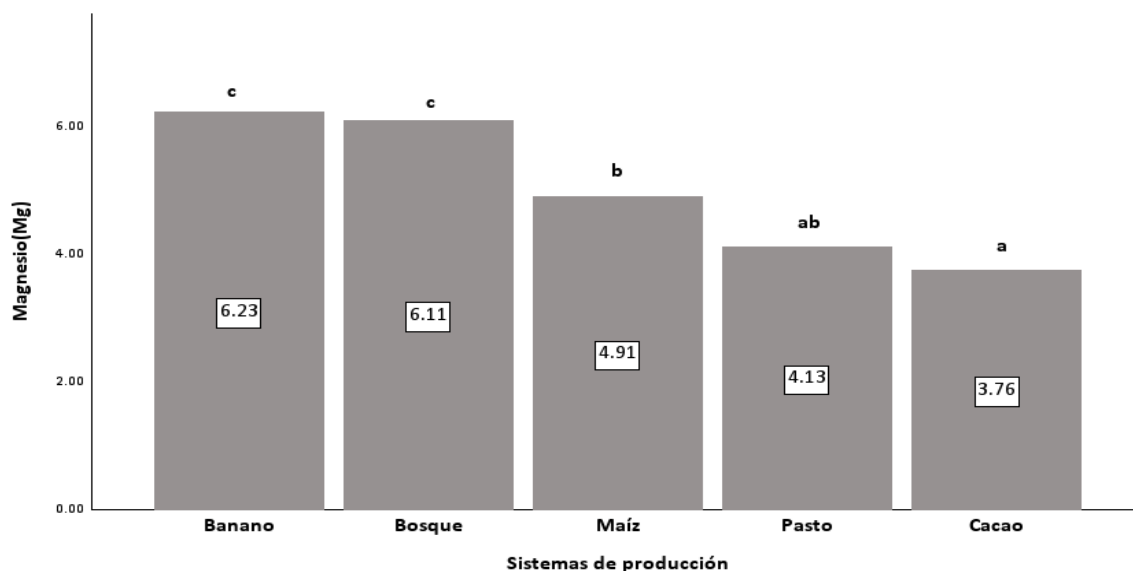
Fig 7: CIC para los cinco agroecosistemas

Fuente: Elaboración propia

La relación entre las prácticas de manejo agrícola y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) subraya la importancia de adoptar un enfoque sostenible para mejorar la retención y el suministro de nutrientes en el suelo. Los resultados obtenidos en este estudio corroboran que la CIC es un indicador sensible a las prácticas agrícolas implementadas, lo que coincide con los resultados reportados por Pilco et al. (2024). En este sentido, estrategias que fomenten la incorporación de materia orgánica, el ajuste adecuado del pH y la conservación del suelo son esenciales para optimizar la fertilidad y sostenibilidad de los diferentes agroecosistemas

Magnesio

El agroecosistema de banano registró el mayor contenido de Mg con un valor de 6,23 Meq/100g, mientras que el sistema de cultivo de cacao (3,76 Meq/100 g) mostró el nivel más bajo de este elemento, destacando diferencias significativas en la disponibilidad de Mg entre ambos sistemas (Figura 8).

Fig 8: Magnesio para los cinco agroecosistemas

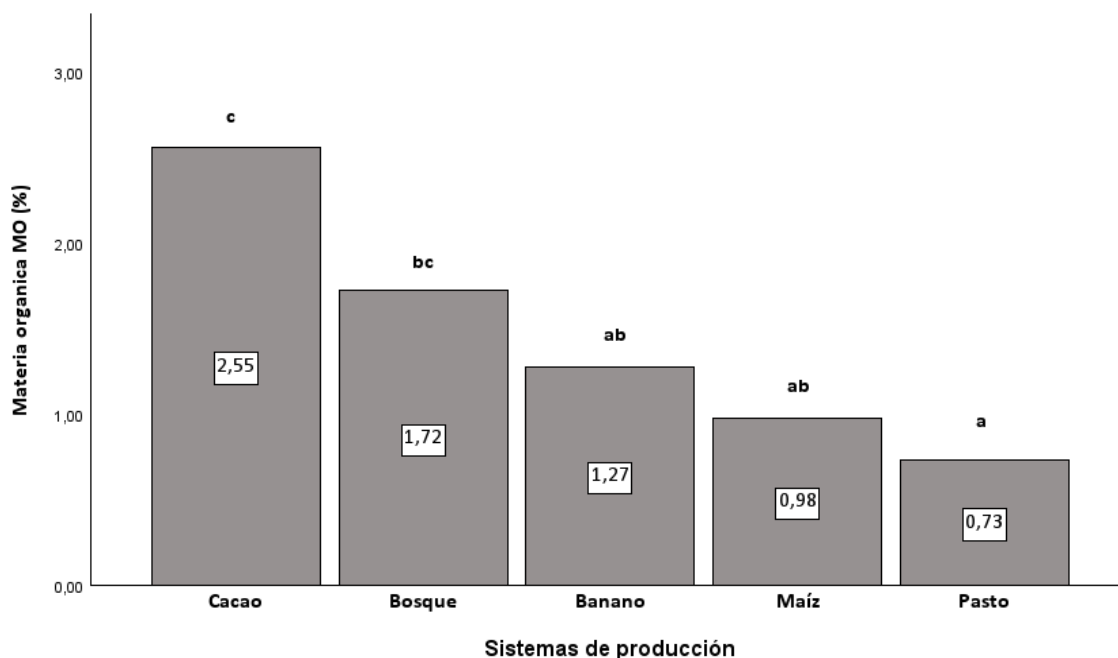
Fuente: Elaboración propia

Camacho et al. (2010) comprobó en su investigación que en la capa superficial del suelo a una profundidad de 0-10 cm la presencia de residuos de cosecha, aplicación de fertilizantes y correctivos contribuyen a un aumento en los niveles de P, Ca, Mg, K, y reducción de la acidez, además de mejorar la estructura del suelo. De este modo, las diferencias en el contenido de Mg entre los agroecosistemas estudiados pueden atribuirse a una combinación de factores relacionados con las prácticas de manejo, como la fertilización y el riego.

En el caso del agroecosistema de banano, que presenta un contenido de 6,23 Meq/100 g de suelo, esto podría explicarse por una mayor aplicación de fertilizantes ricos en Mg. Por otro lado, el cultivo de cacao, al haber recibido posiblemente una menor cantidad de fertilizantes, muestra un contenido de Mg más bajo, lo que refleja la influencia de las prácticas de manejo en la concentración de este nutriente en el suelo.

Materia orgánica

El sistema de cacao muestrea un alto contenido de MO con un valor de 2,55%, seguido por los sistemas bosque, banano, maíz y pasto, siendo este último el que presentó el valor promedio más bajo, con un 0,73%, indicando una menor cantidad de MO en comparación con los agroecosistemas (Figura 9).

Fig 9: Materia Orgánica en los agroecosistemas evaluados.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la presente investigación refuerzan la idea de que las características del sistema productivo son factores clave en la determinación del contenido de MO del suelo. Tal como lo señalaron Torres et al. (2024) y Rodríguez et al. (2020) en sus investigaciones, las prácticas agrícolas y las estrategias de manejo adoptadas en cada sistema tienen un impacto directo en la acumulación y conservación de la MO.

En este contexto, los sistemas de producción más sostenibles, como los agroforestales o aquellos que integran prácticas de conservación, son los que logran mantener mayores niveles de MO en el suelo, lo que contribuye positivamente a la salud y fertilidad del ecosistema agrícola.

Conclusiones

- El pH elevado en los sistemas de bosque y pasto se atribuye a las propiedades edáficas naturales y la regulación por la vegetación nativa. En contraste, el sistema agrícola de cacao presenta valores de pH ligeramente más bajos debido al manejo químico y la incorporación de nutrientes externos.
- La disponibilidad de P está fuertemente influenciada por la compactación del suelo y las prácticas de manejo. En el sistema de pasto, el sobrepastoreo ha incrementado la

compactación, reduciendo la accesibilidad de P. Por otro lado, en el sistema de cacao, las prácticas agrícolas han mejorado la movilidad y accesibilidad de este nutriente, promoviendo mayores niveles de disponibilidad.

- La elevada CE observada en el sistema de pasto puede atribuirse a la acumulación de sales asociada a la actividad ganadera. El pisoteo constante por parte del ganado contribuye a la compactación del suelo, disminuyendo su capacidad de drenaje y favoreciendo la acumulación de sales en la superficie. En contraste, los sistemas de cacao, banano y maíz presentaron valores de CE más bajos, lo que sugiere una menor influencia de procesos de salinización.
- Un alto contenido de Ca está directamente relacionado con la aplicación de enmiendas y fertilizantes ricos en este elemento. Mientras que, en suelos menos intervenidos, el Ca puede ser limitado por procesos de lixiviación.
- Un elevado contenido de K en el suelo se atribuye a la descomposición natural de MO y a la limitada extracción de nutrientes. Por otro lado, su movilidad es baja por lo que la extracción sin reposición o el exceso de lixiviación en suelos tiende a reducir su concentración.
- Una alta CIC atribuible a la acumulación de materia orgánica y arcillas en el suelo, lo que mejora la retención de nutrientes. En el sistema de cacao, la CIC fue menor, posiblemente debido a una menor proporción de arcillas y materia orgánica activa en el perfil del suelo.
- La cantidad de Mg presente en el suelo se asocia al uso de fertilizantes ricos en este elemento y a una adecuada retención en el suelo. Por el contrario, el sistema de cacao mostró niveles más bajos, probablemente debido a prácticas de manejo que no priorizan la suplementación con Mg.
- La MO está directamente influenciada por la incorporación de residuos vegetales y la actividad microbiana en el suelo. Los sistemas de manejo intensivo o con escasa cobertura vegetal tienden a experimentar una pérdida progresiva de MO debido a la exposición del suelo a procesos de erosión y descomposición rápida, lo que resulta en una degradación estructural y una menor capacidad para retener nutrientes. Por el contrario, los sistemas que promueven la conservación de MO, mediante prácticas como la cobertura permanente, el

uso de cultivos de cobertura y la adición de compost o residuos orgánicos, logran niveles más elevados de MO.

Referencias

1. Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2020). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. I. Análisis multivariado. *Bioagro*, 33(1), 59–66. <https://doi.org/10.51372/bioagro331.7>
2. Alborn, M. (2020). Las re-evoluciones de la agricultura. *Investigación Agraria*, 22(1), 1–2. http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832020000100001
3. Borjas, R., Julca, A., & Alvarado, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150–164. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2_a07.pdf
4. Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141–157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
5. Camacho, T., Luengas, G., & Leiva, F. (2010). Análisis multivariado de propiedades químicas en Oxisoles con diferentes niveles de intervención agrícola. *Acta Agronómica*, 59(3), 273–284. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v59n3/v59n3a03.pdf> http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/17655/18485
6. Fernández, C., Cely, G; & Serrano, P. (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. Gueçaimburu, J., Vázquez, J., Tancredi, F., Reposo, G., Rojo, V., Martínez, M., & Introcaso, R. (2019). Evolución del fósforo disponible a distintos niveles de compactación por tráfico agrícola en un argiudol típico. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 35(1), 81–89. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100081

8. Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., & Contreras, J. (2013). Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y Su Relación con la Actividad Biológica Bajo Diferentes Manejos en la Zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25(1), 47–56. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85726736002.pdf>
9. Jiménez, J. C. (2021). Efecto de la Aplicación de enmiendas en las propiedades químicas del suelo y su incidencia en la producción de banano. Universidad Técnica de Machala, 1–34. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36311>
10. Pérez, E., Asado, A., & Vega, L. (2022). Relación del contenido de materia orgánica con el pH de los análisis de suelo en cinco provincias de Huánuco. *Revista Investigación Agraria*, 4(2), 46–54. <https://doi.org/10.47840/reina.4.2.1381>
11. Pilco-Machoa, G. G., Castro-Chamba, R. V., Rodríguez-Delgado, I., Pérez-Iglesias, H. I., & García-Batista, R. M. (2024). Efecto antrópico en propiedades del suelo en sistemas de producción agrícola en la granja Santa Inés. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(3), 240-250. Link del artículo
12. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/783/769>
13. Rodríguez, C., & Bolaños, V. (2019). Propuesta ambiental para el plan de desarrollo del municipio de Quetame. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6658>
14. Rodríguez, I., Pérez, H., & García, R. (2021). Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Inés, provincia del el Oro, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 1–5. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-7%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024%0Ahttps://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103%0Ahttp://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/>
15. Rodríguez, I., Pérez, H., & García, R. (2022). Comportamiento de algunas propiedades químicas de un suelo Inceptisol en los cultivos de maíz y cacao. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 44–50. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/538/511>
16. Rodríguez, I., Pérez, H., García, R., & Quezada, A. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 389–398. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-389.pdf>

17. Sosa, A., & Guadalupe, R. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: Un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de Población*, 23(93), 207–230. <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>
18. Torres, L., González, A., & Castellanos, L. (2024). Impacto de diferentes prácticas agrícolas sobre las características fisicoquímicas del suelo: un análisis crítico.
19. Valencia, J., & Carmenates, O. (2023). Capacitación en la gestión agrícola para actores comunitarios del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 13(1), 104–116. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v15n4/2218-3620-rus-15-04-182.pdf>
20. Yáñez, M; Cantú, I., & González, H. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 369–379. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.349>

© 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/>).