



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**COMPORTAMIENTO DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO BAJO  
DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO AGRÍCOLA EN LA GRANJA  
SANTA INÉS**

**SUAREZ VASQUEZ GEANELLA PAOLA  
INGENIERA AGRONOMA**

**SARANGO PEÑA MIRIAM ROCIO  
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**COMPORTAMIENTO DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL  
SUELO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO  
AGRÍCOLA EN LA GRANJA SANTA INÉS**

**SUAREZ VASQUEZ GEANELLA PAOLA  
INGENIERA AGRONOMA**

**SARANGO PEÑA MIRIAM ROCIO  
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**COMPORTAMIENTO DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL  
SUELO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO  
AGRÍCOLA EN LA GRANJA SANTA INÉS**

**SUAREZ VASQUEZ GEANELLA PAOLA  
INGENIERA AGRONOMA**

**SARANGO PEÑA MIRIAM ROCIO  
INGENIERA AGRONOMA**

**RODRIGUEZ DELGADO IRAN**

**MACHALA  
2024**



# TESIS\_Miriam y Geanella.2025 - compilatio

9%  
Textos  
sospechosos



7% Similitudes

0% similitudes entre  
comillas  
0% entre las fuentes  
mencionadas

1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS\_Miriam y Geanella.2025 -  
compilatio.docx  
ID del documento: e0c1903f479e85df7f99d28e430b74f0b596dc0b  
Tamaño del documento original: 726,25 kB  
Autores: []

Depositante: Rodríguez Delgado Irán  
Fecha de depósito: 7/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 7/2/2025

Número de palabras: 5300  
Número de caracteres: 33.868

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas








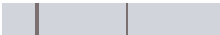
N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://www.secs.com.es/data/Revista_eadafo/Volumen_7-2_Mayo_2000_pag_187-196.pdf">www.secs.com.es</a> https://www.secs.com.es/data/Revista_eadafo/Volumen_7-2_Mayo_2000_pag_187-196.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (83 palabras)
2	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION...">repositorio.utmachala.edu.ec</a>   Evaluación del estado actual de degradación del su... http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION... 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (71 palabras)
3	<a href="http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf">www.scielo.org.co</a> http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (54 palabras)
4	<a href="https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/783/769/2377">remca.umet.edu.ec</a> https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/783/769/2377 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)
5	<a href="https://es.slideshare.net/slideshow/trabajo-fertilidad-suelos-fertilidad-de-suelo-avanzada-pptx/2...">es.slideshare.net</a>   Trabajo Fertilidad suelos- Fertilidad de Suelo Avanzada.pptx https://es.slideshare.net/slideshow/trabajo-fertilidad-suelos-fertilidad-de-suelo-avanzada-pptx/2...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (45 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/282/7/TMA83.pdf.txt">repositorio.esпам.edu.ec</a>   El cultivo de plátano (Mussa balbisiana) y la calidad amb... http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/282/7/TMA83.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
2	<a href="https://cepese-polo.info/horizonte-del-suelo-todo-lo-que-necesitas-saber-para-entender-su-impo...">cepese-polo.info</a>   Horizonte del suelo: Todo lo que necesitas saber para entender s... https://cepese-polo.info/horizonte-del-suelo-todo-lo-que-necesitas-saber-para-entender-su-impo...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
3	<a href="https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1027">repository.udca.edu.co</a>   Análisis del efecto del establecimiento de un sistema silvo... https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1027	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
4	<a href="https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/2a0f5145-bfb5-4553-aa25-cfe8699ef0c9/content...">biblioteca.inia.cl</a> https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/2a0f5145-bfb5-4553-aa25-cfe8699ef0c9/content...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
5	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22722/1/Trabajo_Titulacion_2805.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22722/1/Trabajo_Titulacion_2805.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

**Fuentes ignoradas** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/download/2349/2316/">rus.ucf.edu.cu</a> https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/download/2349/2316/	3%		Palabras idénticas: 3% (172 palabras)
2	<a href="https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4037/Informativo_INIA_N_254?sequence=1">biblioteca.inia.cl</a> https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4037/Informativo_INIA_N_254?sequence=1	3%		Palabras idénticas: 3% (189 palabras)
3	<a href="https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/71e9044b-07f5-4ede-9478-e05446c31fad/content...">biblioteca.inia.cl</a> https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/71e9044b-07f5-4ede-9478-e05446c31fad/content...	3%		Palabras idénticas: 3% (189 palabras)
4	<a href="https://es.readkong.com/page/degradaci-n-del-suelo-en-sistemas-agr-colas-de-la-granja-6374086">es.readkong.com</a>   DEGRADACIÓN DEL SUELO - EN SISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA GR... https://es.readkong.com/page/degradaci-n-del-suelo-en-sistemas-agr-colas-de-la-granja-6374086	3%		Palabras idénticas: 3% (132 palabras)
5	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S2218-36202020000500389">scielo.sld.cu</a>   Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo... http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000500389	2%		Palabras idénticas: 2% (110 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
6	 <b>scielo.sld.cu</b>   Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo... <a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=52218-36202020000500389">http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=52218-36202020000500389</a>	2%		🔗 Palabras idénticas: 2% (110 palabras)
7	 <b>scielo.sld.cu</b>   Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo... <a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=52218-36202020000500389">http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=52218-36202020000500389</a>	2%		🔗 Palabras idénticas: 2% (110 palabras)
8	 <b>scielo.sld.cu</b> <a href="http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-389.pdf">http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-389.pdf</a>	2%		🔗 Palabras idénticas: 2% (110 palabras)
9	 <b>www.scielo.org.co</b>   Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores... <a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=50121-37092018000200141">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=50121-37092018000200141</a>	2%		🔗 Palabras idénticas: 2% (88 palabras)

## Puntos de interés

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

SARANGO PEÑA MIRIAM ROCIO

SUAREZ VASQUEZ GEANELLA PAOLA

### 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.



**scielo.sld.cu**

<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v15n4/2218-3620-rus-15-04-182.pdf>

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).



**es.slideshare.net** | Trabajo Fertilidad suelos- Fertilidad de Suelo Avanzada.pptx

<https://es.slideshare.net/slideshow/trabajo-fertilidad-suelos-fertilidad-de-suelo-avanzada-pptx/270214765>

La degradación del suelo constituye un problema mundial; identificado como un



**repositorio.utmachala.edu.ec** | Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la granja Santa Inés

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025\\_TRABAJODETITULACION.pdf.txt](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION.pdf.txt)

proceso que reduce la capacidad actual y potencial del suelo



**es.slideshare.net** | Trabajo Fertilidad suelos- Fertilidad de Suelo Avanzada.pptx

<https://es.slideshare.net/slideshow/trabajo-fertilidad-suelos-fertilidad-de-suelo-avanzada-pptx/270214765>

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



**repositorio.utmachala.edu.ec** | Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la granja Santa Inés

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025\\_TRABAJODETITULACION.pdf.txt](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION.pdf.txt)

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



**repositorio.utmachala.edu.ec** | Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la granja Santa Inés

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025\\_TRABAJODETITULACION.pdf.txt](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION.pdf.txt)

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



**repositorio.utmachala.edu.ec** | Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la granja Santa Inés

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025\\_TRABAJODETITULACION.pdf.txt](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION.pdf.txt)

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 nutrientes para las plantas, entre ellas: pH, MO, conductividad eléctrica, N, P y K asimilables; de la misma forma, las características



**www.scielo.org.co**

<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf>

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.

## MARCO TEÓRICO

### Las propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo reflejan las complejas reacciones y procesos que tienen lugar continuamente en su interior. Se considera al suelo como una entidad química porque está compuesto por sólidos, líquidos y gases, tanto solubles como insolubles, así como por sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas propiedades químicas indican la disponibilidad o deficiencia de nutrientes en el suelo, y la mayoría de ellas requieren análisis tanto de campo como de laboratorio. Algunos de estos análisis se utilizan como referencia para evaluar la calidad actual del suelo, incluyendo aspectos como la conductividad eléctrica (CE), el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la materia orgánica (MO), entre otros (Pérez, 2020).

### pH

El pH se refiere al nivel de acidez y alcalinidad del suelo, y su análisis es crucial debido a su conexión con otras propiedades del suelo que afectan directamente el crecimiento de los cultivos. Estudiar el pH es fundamental, ya que la intensa explotación agrícola puede llevar a una reducción de las bases intercambiables y, por lo tanto, a una disminución del pH, lo que a su vez afecta negativamente la fertilidad del suelo (Guachamin, 2019).

El pH tiene un impacto significativo en la absorción de nutrientes por las plantas. En términos generales, los niveles de pH que oscilan entre 6 y 7 son los más favorables para esta asimilación. Cada tipo de cultivo se desarrolla mejor dentro de un rango específico de pH, aunque existe cierta capacidad de adaptación a diferentes condiciones. En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los suelos según su valor de pH (Romaní, 2020).

Tabla 1 Clasificación de suelos según el valor de pH.

Evaluación Rango de pH Efectos

Extremadamente ácido < 4.5 Condiciones muy desfavorables

Muy fuertemente ácido 4.5 - 5.0 Puede haber toxicidad por aluminio y deficiencia de nutrientes esenciales.

Fuertemente ácido 5.1 - 5.5 Deficiente asimilación de algunos elementos.

Medianamente ácido 5.6 - 6.0 Suelo adecuado para muchos cultivos, aunque puede haber algunas deficiencias nutricionales.

Ligeramente ácido 6.1 - 6.5 Alta disponibilidad de nutrientes, ideal para el crecimiento de la mayoría de las plantas.

Neutro 6.6 - 7.3 Condiciones óptimas para la mayoría de los cultivos, con mínima toxicidad de elementos.

Medianamente básico 7.4 - 7.8 Presencia común de carbonato cálcico; puede comenzar a disminuir la disponibilidad de algunos nutrientes.

Básico 7.9 - 8.4 Disminución en la disponibilidad de fósforo y otros micronutrientes, posible clorosis férrica.

Ligeramente alcalino 8.5 - 9.0 Presencia significativa de carbonato sódico; problemas mayores de clorosis férrica pueden surgir.

alcalino 9.1 - 10.0 Presencia de carbonato sódico

Fuertemente alcalino > 10.0 Poca asimilación de algunos elementos

Fuente: Romaní, 2020

### Fósforo

El fósforo (P) en el suelo se clasifica en dos principales categorías: fósforo orgánico (Po) y fósforo inorgánico (Pi). La disponibilidad de fósforo depende de su labilidad, y su comportamiento en el suelo es considerablemente complejo (Quiñónez, 2016).

El fósforo es el segundo elemento más crucial para la nutrición de las plantas, después del nitrógeno. La agricultura moderna depende del fósforo para asegurar un desarrollo adecuado de los cultivos. Se ha observado que solo entre el 10% y el 20% del fósforo aplicado como fertilizante es absorbido por las plantas (Pila, 2017).

Tabla 2. Clasificación del fosforo disponible

Rango (ppm) Clasificación

<10 Pobre

10 - 20 Medio

>20 Alto

Fuente: (Castillo, 2005).

### Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es un indicador de la cantidad de



**repository.udca.edu.co** | Análisis del efecto del establecimiento de un sistema silvopastoril de un banco forrajero con *Tithonia diversifolia* sobre las características físicas ...  
<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1027>

sales presentes en el suelo, las cuales son esenciales para el crecimiento de las

plantas. Sin embargo, un exceso de sales puede obstaculizar el desarrollo vegetal y afectar la actividad microbiana en el suelo, como se muestra en la Tabla 3.

Se consideran aceptables los valores de CE que oscilan entre 0 y 0.8 dS/m (Aguilar & Quille, 2021).

Tabla 3. Conductividad eléctrica y clase de salinidad

conductividad Clase de salinidad



**repositorio.espm.edu.ec** | El cultivo de plátano (*Musa balbisiana*) y la calidad ambiental del suelo, caso hacienda San Rafael  
<http://repositorio.espm.edu.ec/bitstream/42000/282/7/TMA83.pdf.txt>

respuesta de cultivo Respuesta microbiana

0 - 0,98 No salino Efectos casi despreciables Pocos organismos afectados

0,98 – 1,71 Muy ligeramente salino Se restringen los rendimientos de cultivos muy sensibles. Se alteran procesos microbianos  
1,71 – 3,16 Ligeramente salino Se restringen los rendimientos de la mayoría de los cultivos Son influenciados los principales procesos microbianos (respiración/amonificación)  
3,16 – 6,07 Moderadamente salino Solo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente Predominan microorganismos tolerantes (hongos, actinomicetes, algunas bacterias)  
>6,07 Fuertemente salino Solo cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente Unos pocos organismos halofílicos seleccionados se mantienen activos.  
Fuente: (Aguilar & Quille, 2021).

#### Calcio

El calcio puede encontrarse en forma intercambiable y soluble, siendo la primera más frecuente en suelos más arcillosos como catión dominante en el complejo de cambio (65%), seguido de Mg (20%), K (5%) y H (10%). En la solución del suelo se encuentra en concentraciones muy bajas, en especial en suelos ácidos de las regiones tropicales. El Ca es absorbido por las raíces de las plantas en la forma iónica  $Ca^{2+}$ . Su absorción puede ser reducida por altas concentraciones de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NH_4^+$ , en la solución del suelo (Portilla et al., 2021).

#### Potasio

El potasio disponible en el suelo corresponde al K en solución del suelo y al K intercambiable, estas formas son de rápida disponibilidad para



**biblioteca.inia.cl**

<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/2a0f5145-bfb5-4553-aa25-cfe8699ef0c9/content>

ser absorbidos por las raíces de las plantas y están en equilibrio con el

K retenido en la fase sólida del suelo. Las plantas absorben el potasio desde la solución del suelo como  $K^+$ , el cual es aportado por las fracciones intercambiable y no intercambiable y, es muy móvil al interior del tejido vegetal (Erika & Martínéz, 2020).

El 98% del potasio total se encuentra en formas no disponibles ( $K^+$  retenido en los coloides del suelo como arcillas y materia orgánica +  $K^+$  retenido en la estructura de minerales primarios) para las plantas que sólo lentamente pasarán a formas disponibles a través del tiempo y dependerá de factores como humedad y temperatura del suelo, capacidad buffer, etc. Por lo tanto, un suelo de textura arcillosa requerirá de una mayor aplicación de fertilizantes potásicos que un suelo de otra textura. En cambio, las formas disponibles de potasio ( $K^+$  en solución +  $K^+$  intercambiable) para las plantas sólo representan el 2% del potasio en el suelo (Erika & Martínéz, 2020).



**www.secs.com.es**

[https://www.secs.com.es/data/Revista edafo/Volumen 7-2. Mayo 2000. pag 187-196.pdf](https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%207-2.%20Mayo%202000.%20pag%20187-196.pdf)

El ion potasio no hidratado posee un tamaño similar al ion oxígeno y se ajusta tan perfectamente en los huecos de las estructuras de las arcillas que puede "fijarse" en ellos, alcanzando un estado inaccesible a los procesos de intercambio y a las plantas. El paso de iones potasio de la solución del suelo al interior de las estructuras minerales se denomina "fijación de potasio" y con frecuencia la fertilización da lugar a concentraciones de potasio suficientemente elevadas como para que esto se produzca (Soria et al., 2000).

Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una de las propiedades más significativas de los suelos, ya que los cationes intercambiables afectan las características físicas, químicas y biológicas del mismo (Preciado et al., 2024).

La CIC se refiere a la habilidad del suelo para retener cationes y establece la cantidad de sitios disponibles para almacenar estos iones en el suelo. Estos cationes pueden ser intercambiados por otros, convirtiéndose en cationes intercambiables que son esenciales para la nutrición de las plantas. Los cationes más relevantes en el intercambio catiónico son el calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), potasio ( $K^+$ ) y sodio ( $Na^+$ ), ya que se encuentran en mayores concentraciones y forman la base del suelo (Castaño & González, 2022).

La CIC se puede medir en  $cmol/kg$ , que representa centimoles por kilogramo de suelo, o en  $meq/100g$ , que indica miliequivalentes por 100 gramos de suelo; ambas unidades son equivalentes numéricamente (Castaño & González, 2022).

Tabla 4. Rango de valores de Capacidad de intercambio catiónico ( $meq/100g$ , de suelo).

C.I.C. Total ( $meq/100g$ ) Rango

<6 Muy bajo

6-12 Bajo

12-25 Medio

25-40 Alto

>40 Muy alto

Fuente: (Casco & Luis, 2015).

#### Magnesio

El Mg en el suelo aparece en forma iónica  $Mg^{2+}$ , en solución y como catión intercambiable. Hace parte de la estructura de las micas y minerales de arcilla del tipo 2:1, especialmente en suelos menosintemperizados, en los cuales es posible encontrar minerales que contienen este nutriente. El magnesio en el suelo se encuentra de varias formas: Contenido en minerales (primarios y secundarios), Intercambiable que representa la fracción sorbida al complejo de cambio arcillo húmico (Portilla et al., 2021).

#### Materia Orgánica

Se considera materia orgánica a cualquier sustancia muerta presente en el suelo, ya sea proveniente de plantas, microorganismos o excreciones de animales, incluyendo tanto la meso como la macrofauna. La función de la materia orgánica no se limita a añadir nutrientes al suelo; también proporciona sustancias que mejoran la agregación del suelo, haciéndolo más grumoso y estructuralmente estable. Además, aporta ácidos orgánicos y alcoholes que sirven como fuente de carbono para microorganismos libres y fijadores de nitrógeno, y genera compuestos bioestimulantes durante su descomposición, los cuales pueden favorecer el crecimiento de las plantas (Loja & Méndez, 2011).

La materia orgánica cumple diversas funciones esenciales en los suelos, ya que proviene de los restos vegetales y



**cepese-polo.info** | Horizonte del suelo: Todo lo que necesitas saber para entender su importancia en la agricultura y la conservación del medio ambiente

<https://cepese-polo.info/horizonte-del-suelo-todo-lo-que-necesitas-saber-para-entender-su-importancia-en-la-agricultura-y-la-conservacion-del-medio-ambiente/>

contiene la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

Además, afecta la estructura del suelo, y los organismos que habitan en él dependen de esta materia para alimentarse. Al mismo tiempo, estos organismos contribuyen a mejorar las condiciones físicas del suelo al mezclarlo, crear túneles en su entorno y participar en el proceso de mineralización (Pineda, 2023).

El contenido de MO para suelos agrícolas se puede clasificar en 3 grupos, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de materia orgánica para suelos agrícolas

Rango (%) Clasificación

<2 Pobre

2 – 4 Medio

>4 Alto

Fuente: (Castillo, 2005).



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio



**14** [repositorio.utmachala.edu.ec](http://repositorio.utmachala.edu.ec) | Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la granja Santa Inés  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025\\_TRABAJODETITULACION.pdf.txt](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/3/DE00025_TRABAJODETITULACION.pdf.txt)

La presente investigación se realizó en la Granja Santa Inés



**15** [repositorio.utmachala.edu.ec](https://repositorio.utmachala.edu.ec)  
[https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22722/1/Trabajo\\_Titulacion\\_2805.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22722/1/Trabajo_Titulacion_2805.pdf)

pertenece a la

Facultad de Ciencias Agropecuarias, la cual está ubicada en Machala- Pasaje, Km 5.5 Parroquia El Cambio, Cantón Machala,



**16** [remca.umat.edu.ec](https://remca.umat.edu.ec)  
<https://remca.umat.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/783/769/2377>

79° 54'50,1" de longitud oeste y 03°17'29,4" de longitud sur, a 5 msnm

(Rodríguez et al., 2021) (Figura. 1).

Figura 1: Ubicación Área de Estudio

WhatsApp Image 2024-06-04 at 20.27.45

Fuente: Autor

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 recolecta 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



**17** [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf>

métodos utilizados para determinar las variables

Tabla 6. 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



**18** [remca.umat.edu.ec](https://remca.umat.edu.ec)  
<https://remca.umat.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/783/769/2377>

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: Nemalab (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 Y 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 7. Resultado de Significancia Estadística de Variables.

Variables Fuentes de variación Suma de Cuadrados Grados de libertad 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: Autor.



remca.umet.edu.ec

<https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/783/769/2377>

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.).

Figura 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 11,33 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).

Figura 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).

Figura 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).

Figura 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).

Figura 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).

Figura 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).

Figura 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 muestra 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).

Figura 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.

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

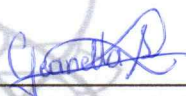
Las que suscriben, SUAREZ VASQUEZ GEANELLA PAOLA y SARANGO PEÑA MIRIAM ROCIO, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado COMPORTAMIENTO DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO AGRÍCOLA EN LA GRANJA SANTA INÉS, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



SUAREZ VASQUEZ GEANELLA PAOLA

0706738556



SARANGO PEÑA MIRIAM ROCIO

0705599058



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Concepto de suelo .....	11
2.1.1. Las propiedades químicas del suelo.....	11
• pH.....	11
• Fósforo.....	12
• Conductividad Eléctrica.....	13
• Calcio.....	14
• Potasio .....	14
• Capacidad de Intercambio Catiónico.....	15
• Magnesio .....	16
• Materia Orgánica .....	16
2.2. Concepto de Agroecosistema .....	17
2.2.1. Banano.....	17
2.2.2. Pastos.....	17
2.2.3. Maíz .....	17
2.2.4. Cacao .....	18
2.2.5. Bosque .....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
3.1. Ubicación del área de estudio .....	19
3.2. Diseño del estudio .....	19
3.3. Variables a medir y recolección de datos.....	20
3.4. Procedimiento estadístico.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
4.1. pH.....	22

<b>4.2.</b>	<b>Fósforo</b> .....	23
<b>4.3.</b>	<b>Conductividad Eléctrica</b> .....	24
<b>4.4.</b>	<b>Calcio</b> .....	25
<b>4.5.</b>	<b>Potasio</b> .....	25
<b>4.6.</b>	<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b> .....	26
<b>4.7.</b>	<b>Magnesio</b> .....	27
<b>4.8.</b>	<b>Materia orgánica</b> .....	28
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	30
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Clasificación de suelos según el valor de pH.</i> .....	12
<b>Tabla 2.</b> <i>Clasificación del fósforo disponible.</i> .....	13
<b>Tabla 3.</b> <i>Conductividad eléctrica y clase de salinidad</i> .....	13
<b>Tabla 4.</b> <i>Rango de valores de Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g. de suelo).</i> ...	15
<b>Tabla 5.</b> <i>Clasificación de materia orgánica para suelos agrícolas</i> .....	16
<b>Tabla 6.</b> <i>Métodos utilizados para determinar las variables químicas del suelo.</i> .....	20
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultado del ANOVA de Análisis de Varianzas de un factor inter grupos para la comparación de los cinco agroecosistemas en función de las variables del objeto de estudio.</i> .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Ubicación Área de Estudio.</i> .....	19
<b>Figura 2.</b> <i>Efecto del manejo agrícola en el pH del suelo.</i> .....	22
<b>Figura 3.</b> <i>Efecto del manejo agrícola en el Fósforo del suelo.</i> .....	23
<b>Figura 4.</b> <i>Efecto del manejo agrícola de la Conductividad eléctrica del suelo.</i> .....	24
<b>Figura 5.</b> <i>Efecto del manejo agrícola del Calcio en el suelo.</i> .....	25
<b>Figura 6.</b> <i>Efecto del manejo agrícola del Potasio en el suelo.</i> .....	26
<b>Figura 7.</b> <i>Efecto del manejo agrícola de la CIC en el suelo.</i> .....	27
<b>Figura 8.</b> <i>Efecto del manejo agrícola del Magnesio en el suelo.</i> .....	28
<b>Figura 9.</b> <i>Efecto del manejo agrícola de la Materia orgánica en el suelo.</i> .....	29



## **DEDICATORIA**

Este trabajo realizado con esmero y dedicación, se la dedico a Dios, guía constante en mi camino, a mis padres por darme la fortaleza cuando sentía desfallecer, a mi abuela fuente de sabiduría y cariño y a mi tía por su presencia constante a lo largo de esta trayectoria.

A mis hermanos por compartir mis sueños y estar conmigo en cada momento y a mi novio por brindarme consejos, alegría y por ser ejemplo a seguir. Sin su apoyo, gratitud y amor nada de esto sería posible.

**MIRIAM SARANGO**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por ser mi guía y darme fuerzas.

A mis amados padres Eison Suarez y Francia Vasquez, quienes me han guiado y apoyado incondicionalmente en cada paso que he dado, siempre he tenido su amor incondicional, lo cual me dio las fuerzas para seguir día a día y no rendirme. Dedico todo mi esfuerzo a ellos, quienes siempre me han motivado a alcanzar mis metas y me han guiado por el camino correcto, sobretodo me han enseñado que el triunfo más grande en esta vida es ser feliz.

A mi esposo José Lino porque me ha apoyado económicamente, por acompañarme en este transcurso, por su amor, paciencia y consejos; a mis hijos Adriel, Julieth y Joan porque ellos son el motor que me han inspirado a ser mejor persona, a no rendirme y culminar mis estudios. A mis hermanos Kelly, Juan y Josué por estar presente en cada etapa de mi vida dándome apoyo moral.

A mi tía Dalia porque fue como mi segunda madre, fue mi consejera y siempre me dijo que si tenía que volver a empezar la carrera que lo vuelva hacer pero que no dude de mí que siempre podría lograr lo que me propongo y hoy lo estoy haciendo gracias a ella porque desde el cielo me cuida.

A mis primas Pierina y Tiffany que son como mis hermanas menores siempre han estado apoyándome.

**GEANELLA SUAREZ**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios principalmente porque me dio la fortaleza y perseverancia para culminar mis estudios. Agradezco a la Universidad Técnica de Machala, quien me ha dado la oportunidad de adquirir conocimientos y realizar mis sueños de ser un profesional.

De igual manera extendo mi gratitud al Ingeniero. Irán Rodríguez por su paciencia y valiosos consejos a lo largo de este camino.

**MIRIAM SARANGO**

Quiero agradecer a Dios por darme sabiduría y fortaleza porque sin él no habría sido posible culminar mis estudios.

A mis padres porque siempre me han apoyado y me incentivan día a día para ser mejor.

A mis hijos Adriel, Julieth y Joan porque me motivan a dar lo mejor de mí y no rendirme.

A mis hermanos Kelly, Juan y Josue por apoyarme siempre y confiar en mí.

A la Universidad Técnica de Machala por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de ser una profesional.

A mi tutor de tesis Ing. Irán Rodríguez por impartir sus conocimientos y tener paciencia a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi compañera de tesis por brindarme su amistad y por siempre estar presente como una amiga paciente, preocupada y leal.

**GEANELLA SUAREZ**

## 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 objective of verifying the influence of agricultural management (banana, cocoa, pastures, corn and forests) on the chemical properties of the soil (pH, EC, P, Ca, K, Mg, CEC, MO) at 0 -30 cm depth of the profile in the Granja Santa Inés, Machala Canton, province of El Oro, for this, 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.

## 1. 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 nutrientes 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.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Concepto de suelo

El suelo hace parte de la corteza terrestre de la tierra, y representa para nuestro interés la zona que conserva los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Este se compone por átomos de C, H y O principalmente, en cantidades equilibradas, adicionalmente al agua como factor esencial. Sin embargo, desde un punto de vista productivo debe tener dentro de su composición 17 macro y microelementos como N, P, K, Mg, S, Ca, entre otros, que son fundamentales para un adecuado crecimiento vegetal (Serna & Yermis, 2022).

#### 2.1.1. Las propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo reflejan las complejas reacciones y procesos que tienen lugar continuamente en su interior. Se considera al suelo como una entidad química porque está compuesto por sólidos, líquidos y gases, tanto solubles como insolubles, así como por sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas propiedades químicas indican la disponibilidad o deficiencia de nutrientes en el suelo, y la mayoría de ellas requieren análisis tanto de campo como de laboratorio. Algunos de estos análisis se utilizan como referencia para evaluar la calidad actual del suelo, incluyendo aspectos como la conductividad eléctrica (CE), el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la materia orgánica (MO), entre otros (Pérez, 2020).

- **pH**

El pH se refiere al nivel de acidez y alcalinidad del suelo, y su análisis es crucial debido a su conexión con otras propiedades del suelo que afectan directamente el crecimiento de los cultivos. Estudiar el pH es fundamental, ya que la intensa explotación agrícola puede llevar a una reducción de las bases intercambiables y, por lo tanto, a una disminución del pH, lo que a su vez afecta negativamente la fertilidad del suelo (Guachamin, 2019).

El pH tiene un impacto significativo en la absorción de nutrientes por las plantas. En términos generales, los niveles de pH que oscilan entre 6 y 7 son los más favorables para esta asimilación. Cada tipo de cultivo se desarrolla mejor dentro de un rango específico de pH, aunque existe cierta capacidad de adaptación a diferentes condiciones. En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los suelos según su valor de pH (Romaní, 2020).

**Tabla 1.** *Clasificación de suelos según el valor de pH.*

<b>Evaluación</b>	<b>Rango de pH</b>	<b>Efectos</b>
Extremadamente ácido	< 4.5	Condiciones muy desfavorables
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0	Puede haber toxicidad por aluminio y deficiencia de nutrientes esenciales.
Fuertemente ácido	5.1 - 5.5	Deficiente asimilación de algunos elementos.
Medianamente ácido	5.6 - 6.0	Suelo adecuado para muchos cultivos, aunque puede haber algunas deficiencias nutricionales.
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Alta disponibilidad de nutrientes, ideal para el crecimiento de la mayoría de las plantas.
Neutro	6.6 - 7.3	Condiciones óptimas para la mayoría de los cultivos, con mínima toxicidad de elementos.
Medianamente básico	7.4 - 7.8	Presencia común de carbonato cálcico; puede comenzar a disminuir la disponibilidad de algunos nutrientes.
Básico	7.9 - 8.4	Disminución en la disponibilidad de fósforo y otros micronutrientes, posible clorosis férrica.
Ligeramente alcalino	8.5 - 9.0	Presencia significativa de carbonato sódico; problemas mayores de clorosis férrica pueden surgir.
alcalino	9.1 – 10.0	Presencia de carbonato sódico
Fuertemente alcalino	> 10.0	Poca asimilación de algunos elementos

**Fuente:** Romaní (2020).

- **Fósforo**

El fósforo (P) en el suelo se clasifica en dos principales categorías: fósforo orgánico (Po) y fósforo inorgánico (Pi). La disponibilidad de fósforo depende de su labilidad, y su comportamiento en el suelo es considerablemente complejo (Quiñónez, 2016).

El fósforo es el segundo elemento más crucial para la nutrición de las plantas, después del nitrógeno. La agricultura moderna depende del fósforo para asegurar un desarrollo adecuado de los cultivos. Se ha observado que solo entre el 10% y el 20% del fósforo aplicado como fertilizante es absorbido por las plantas (Pila, 2017).



**Tabla 2.** *Clasificación del fósforo disponible.*

<b>Rango (ppm)</b>	<b>Clasificación</b>
<10	Pobre
10 - 20	Medio
>20	Alto

**Fuente:** Castillo (2005).

- **Conductividad Eléctrica**

La conductividad eléctrica (CE) es un indicador de la cantidad de sales presentes en el suelo, las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, un exceso de sales puede obstaculizar el desarrollo vegetal y afectar la actividad microbiana en el suelo, como se muestra en la Tabla 3.

Se consideran aceptables los valores de CE que oscilan entre 0 y 0.8 dS/m (Aguilar & Quille, 2021).

**Tabla 3.** *Conductividad eléctrica y clase de salinidad*

<b>Conductividad</b>	<b>Clase de salinidad</b>	<b>respuesta de cultivo</b>	<b>Respuesta microbiana</b>
<b>0 – 0,98</b>	No salino	Efectos casi despreciables.	Pocos organismos afectados.
<b>0,98 – 1,71</b>	Muy ligeramente salino	Se restringen los rendimientos de cultivos muy sensibles.	Se alteran procesos microbianos.
<b>1,71 – 3,16</b>	Ligeramente salino	Se restringen los rendimientos de la mayoría de los e cultivos.	Son influenciados los principales procesos microbianos (respiración/amonificación).

---

3,16 – 6,07	Moderadamente salino	Solo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente	Predominan microorganismos tolerantes (hongos, actinomicetes, bacterias)
>6,07	Fuertemente salino	Solo cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente	Unos pocos organismos halofílicos seleccionados se mantienen activos.

---

**Fuente:** Aguilar & Quille (2021).

- **Calcio**

El calcio puede encontrarse en forma intercambiable y soluble, siendo la primera más frecuente en suelos más arcillosos como catión dominante en el complejo de cambio (65%), seguido de Mg (20%), K (5%) y H (10%). En la solución del suelo se encuentra en concentraciones muy bajas, en especial en suelos ácidos de las regiones tropicales. El Ca es absorbido por las raíces de las plantas en la forma iónica  $Ca^{2+}$ . Su absorción puede ser reducida por altas concentraciones de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NH_4^+$ , en la solución del suelo (Portilla et al., 2021).

- **Potasio**

El potasio disponible en el suelo corresponde al K en solución del suelo y al K intercambiable, estas formas son de rápida disponibilidad para ser absorbidos por las raíces de las plantas y están en equilibrio con el K retenido en la fase sólida del suelo. Las plantas absorben el potasio desde la solución del suelo como  $K^+$ , el cual es aportado por las fracciones intercambiable y no intercambiable y, es muy móvil al interior del tejido vegetal (Erika & Martínez, 2020).

El 98% del potasio total se encuentra en formas no disponibles ( $K^+$  retenido en los coloides del suelo como arcillas y materia orgánica +  $K^+$  retenido en la estructura de minerales primarios) para las plantas que sólo lentamente pasarán a formas disponibles a través del tiempo y dependerá de factores como humedad y temperatura del suelo, capacidad buffer, etc. Por lo tanto, un suelo de textura arcillosa requerirá de una mayor aplicación de fertilizantes potásicos que un suelo de otra textura. En cambio, las formas disponibles de potasio ( $K^+$  en solución +  $K^+$  intercambiable) para las plantas sólo representan el 2% del potasio en el suelo (Erika & Martínez, 2020).

El ion potasio no hidratado posee un tamaño similar al ion oxígeno y se ajusta tan perfectamente en los huecos de las estructuras de las arcillas que puede "fijarse" en ellos, alcanzando un estado

inaccesible a los procesos de intercambio y a las plantas. El paso de iones potasio de la solución del suelo al interior de las estructuras minerales se denomina "fijación de potasio" y con frecuencia la fertilización da lugar a concentraciones de potasio suficientemente elevadas como para que esto se produzca (Soria et al., 2000).

- **Capacidad de Intercambio Catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una de las propiedades más significativas de los suelos, ya que los cationes intercambiables afectan las características físicas, químicas y biológicas del mismo (Preciado et al., 2024).

La CIC se refiere a la habilidad del suelo para retener cationes y establece la cantidad de sitios disponibles para almacenar estos iones en el suelo. Estos cationes pueden ser intercambiados por otros, convirtiéndose en cationes intercambiables que son esenciales para la nutrición de las plantas. Los cationes más relevantes en el intercambio catiónico son el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ), ya que se encuentran en mayores concentraciones y forman la base del suelo (Castaño & González, 2022).

La CIC se puede medir en  $\text{cmol/kg}$ , que representa centimoles por kilogramo de suelo, o en  $\text{meq/100g}$ , que indica miliequivalentes por 100 gramos de suelo; ambas unidades son equivalentes numéricamente (Castaño & González, 2022).

**Tabla 4.** Rango de valores de Capacidad de intercambio catiónico ( $\text{meq/100g}$ . de suelo).

<b>C.I.C. Total (<math>\text{meq/100 g}</math>)</b>	<b>Rango</b>
<6	Muy bajo
6-12	Bajo
12-25	Medio
25-40	Alto
>40	Muy alto

**Fuente:** Casco & Luis ( 2015).

- **Magnesio**

El Mg en el suelo aparece en forma iónica  $Mg^{2+}$ , en solución y como catión intercambiable. Hace parte de la estructura de las micas y minerales de arcilla del tipo 2:1, especialmente en suelos menos intemperizados, en los cuales es posible encontrar minerales que contienen este nutriente. El magnesio en el suelo se encuentra de varias formas: Contenido en minerales (primarios y secundarios), Intercambiable que representa la fracción sorbida al complejo de cambio arcillo húmico (Portilla et al., 2021).

- **Materia Orgánica**

Se considera materia orgánica a cualquier sustancia muerta presente en el suelo, ya sea proveniente de plantas, microorganismos o excreciones de animales, incluyendo tanto la meso como la macrofauna. La función de la materia orgánica no se limita a añadir nutrientes al suelo; también proporciona sustancias que mejoran la agregación del suelo, haciéndolo más grumoso y estructuralmente estable. Además, aporta ácidos orgánicos y alcoholes que sirven como fuente de carbono para microorganismos libres y fijadores de nitrógeno, y genera compuestos bioestimulantes durante su descomposición, los cuales pueden favorecer el crecimiento de las plantas (Loja & Méndez, 2011).

La materia orgánica cumple diversas funciones esenciales en los suelos, ya que proviene de los restos vegetales y contiene la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Además, afecta la estructura del suelo, y los organismos que habitan en él dependen de esta materia para alimentarse. Al mismo tiempo, estos organismos contribuyen a mejorar las condiciones físicas del suelo al mezclarlo, crear túneles en su entorno y participar en el proceso de mineralización (V. Pineda, 2023).

El contenido de MO para suelos agrícolas se puede clasificar en tres grupos, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.** *Clasificación de materia orgánica para suelos agrícolas*

<b>Rango (%)</b>	<b>Clasificación</b>
<2	Pobre
2 – 4	Medio
>4	Alto

**Fuente:** Castillo (2005).

## **2.2. Concepto de Agroecosistema**

Se define como la unidad de análisis de los sistemas de producción agrícola donde la intervención humana regula la interacción con los recursos naturales para obtener alimentos y materias primas. Además, los agroecosistemas están influenciados por factores sociales e históricos, manifestándose tanto a nivel local como global. Por ello, su definición debe considerar una continuidad en el tiempo y el espacio, dado que poseen coordenadas temporales y espaciales precisas (Platas et al., 2016).

### **2.2.1. Banano**

El banano es una planta herbácea que pertenece a la familia de las musáceas y clase monocotiledónea, tiene múltiples usos. Algunas variedades se cultivan como plantas ornamentales, mientras que otras se aprovechan por sus fibras naturales en la construcción e incluso como remedios caseros. La diversidad de variedades de banano lo convierte en un alimento popular por su sabor y alto valor nutritivo, siendo una opción valiosa para la dieta humana (J. Pineda, 2021).

### **2.2.2. Pastos**

Las gramíneas forrajeras constituyen la principal fuente de alimentación de los herbívoros ya que crecen de manera espontánea en la mayoría de los potreros. Se adaptan muy fácilmente a las variedades del clima y aportan la mayor parte de la materia seca y los carbohidratos consumidos por el animal (Cardona et al., 2012).

### **2.2.3. Maíz**

El maíz, planta anual originaria de Sudamérica, era cultivado por los indígenas por el valor nutritivo de sus granos. Hoy en día, su cultivo se ha extendido a muchas regiones templadas y cálidas del mundo. Además de su importancia como alimento, el maíz es un excelente forraje y tiene múltiples aplicaciones industriales (Quimi, 2015).

El maíz es una gramínea, de origen andino; a nivel nacional es una de las gramíneas más utilizadas por su valor nutricional tanto en grano o en seco, por lo que se considera un cultivo fundamental dentro del régimen alimenticio del ser humano y animal (Badillo, 2016).

#### **2.2.4. Cacao**

El cacao es una planta nativa de América cuyo origen preciso aún se debate, probablemente fue trasladado desde zonas tropicales de Centroamérica a regiones de Sudamérica por poblaciones indígenas nómadas que utilizaban sus semillas como alimento (Rivera, 2023).

#### **2.2.5. Bosque**

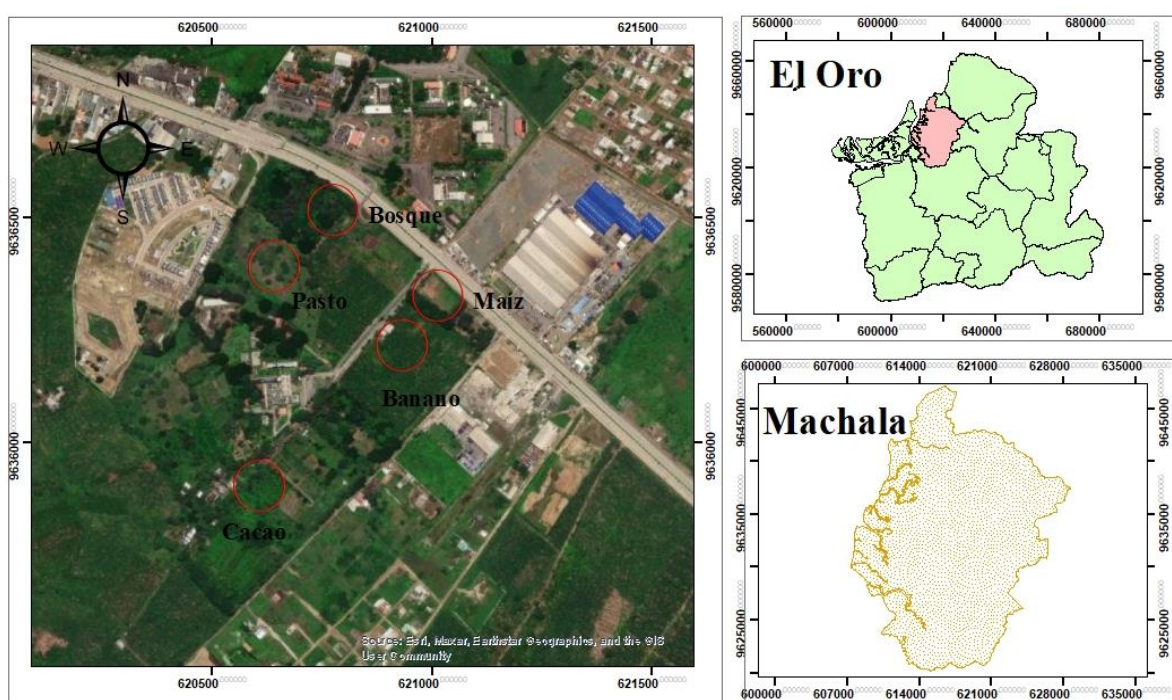
Los bosques naturales, los menos afectados por la actividad humana, contribuyen a la conservación de genotipos (la constitución genética de los organismos), al mantenimiento de la composición de las especies de árboles naturales, a la vez que proporcionan hábitats vitales para especies animales en peligro de extinción, ayudan a estabilizar los niveles freáticos subterráneos cruciales para el suministro de agua potable, la agricultura y otros usos (Galli, 2020).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. 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° 54'50,1" de longitud oeste y 03°17'29,4" de longitud sur, a 5 msnm (Rodríguez et al., 2021) (Figura. 1).

**Figura 1.** Ubicación Área de Estudio.



**Fuente:** Elaboración propia.

#### 3.2. Diseño del estudio

El tipo de estudio que se llevó a cabo es de tipo transversal, lo cual se encuentran ubicados dentro de la Granja Santa Inés donde se destacó 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.

### 3.3. 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 6, se muestra las variables medidas y métodos utilizados para determinar las variables

**Tabla 6.** *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:** NemaLab (2023).

### 3.4. 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% ( $\alpha = 0,05$ ).



#### 4. RESULTADOS Y 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 7).

**Tabla 7.** Resultado del ANOVA de Análisis de Varianzas de un factor inter grupos para la comparación de los cinco agroecosistemas en función de las variables del objeto de estudio.

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

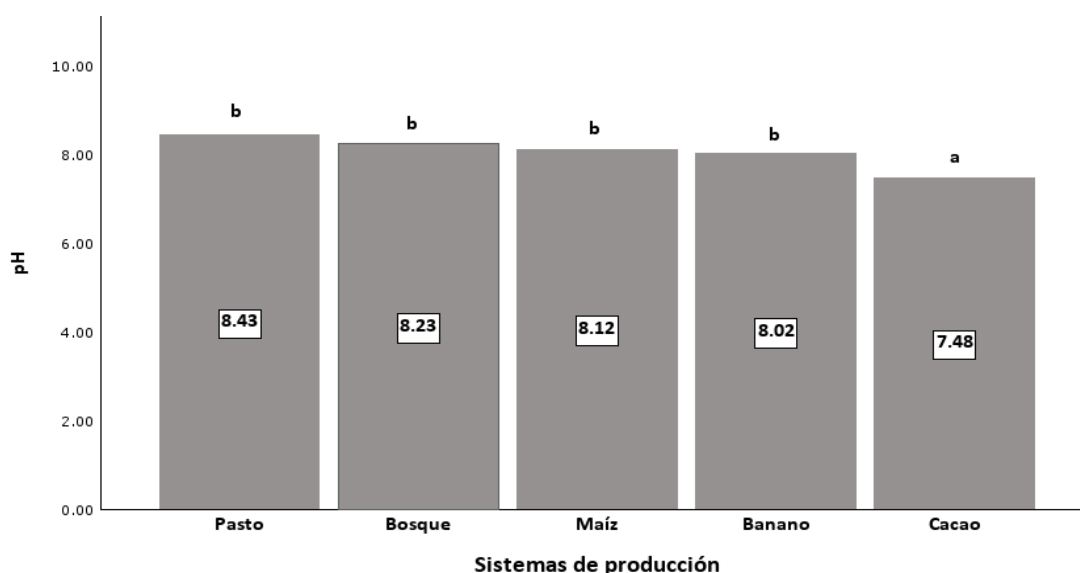
**Fuente:** Elaboración propia.

Nota: NS. No existe diferencia significativa. \*Diferencia significativa al 95%. \*\*Diferencia significativa al 99%

#### 4.1. pH

En la Fig. 2 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.).

**Figura 2.** Efecto del manejo agrícola en el pH del suelo.



**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.

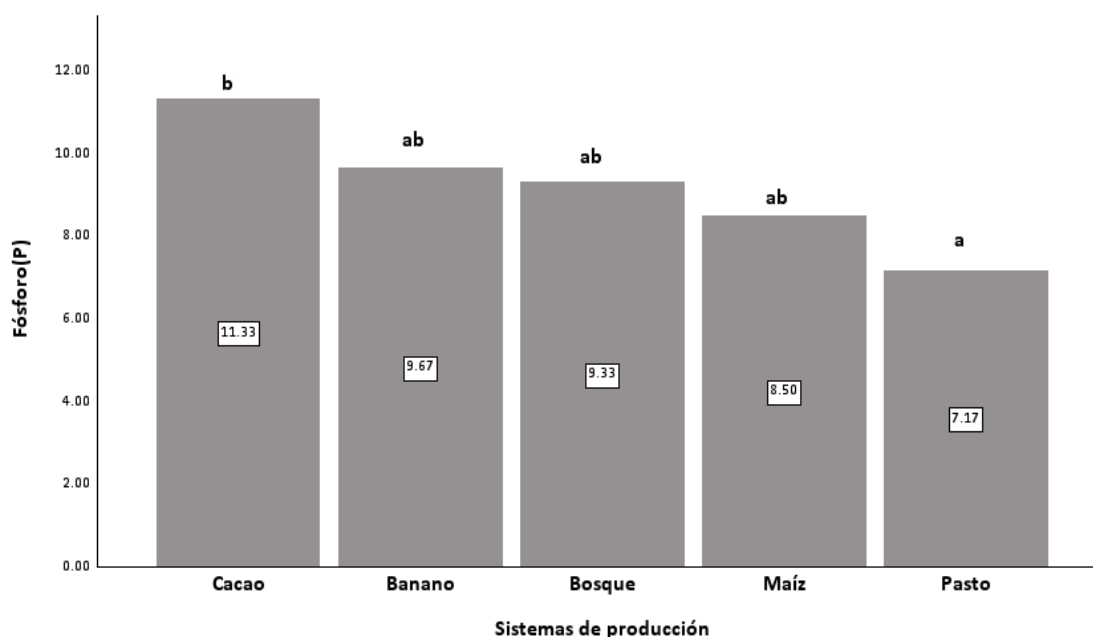
Los resultados obtenidos destacan que, en ausencia de manejo agrícola intensivo, factores como las propiedades edáficas naturales, los ciclos biogeoquímicos y la vegetación nativa son determinantes en la regulación del pH del suelo.

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.

#### 4.2. Fósforo

Los valores de fósforo obtenidos en los agroecosistemas muestran variación significativa. El sistema de cacao presentó un valor alto con 11,33 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).

**Figura 3.** Efecto del manejo agrícola en el Fósforo del suelo.



**Fuente:** Elaboración propia

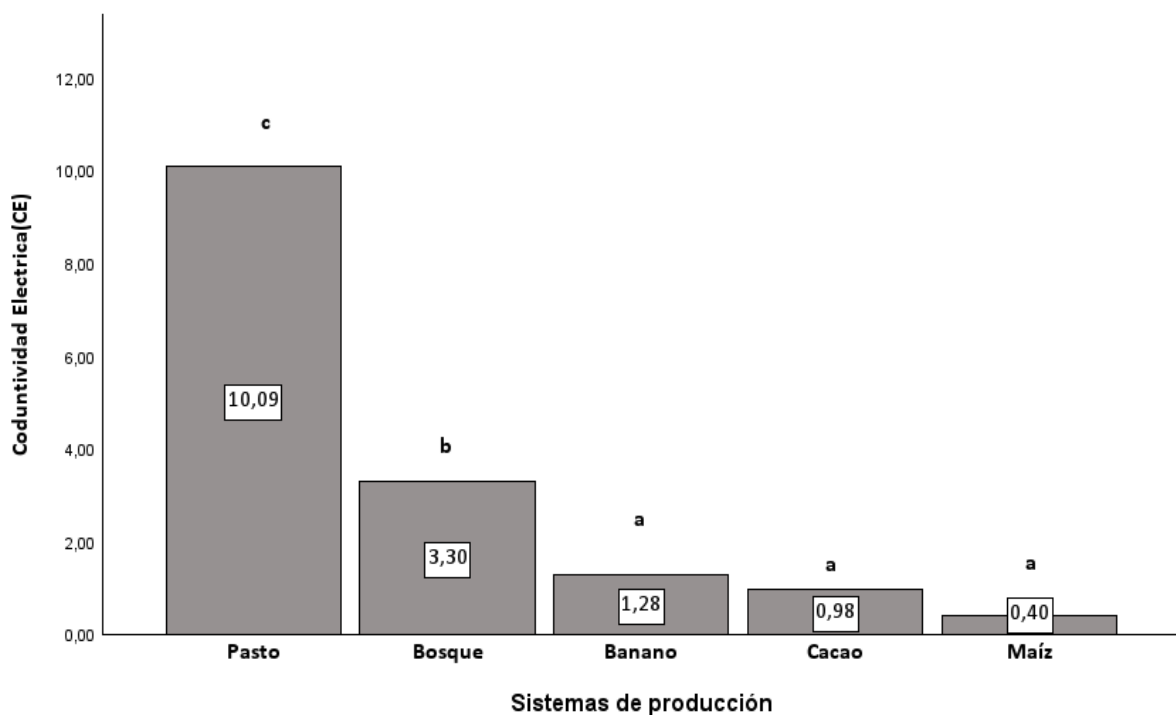
Según Gueçaimburu et al. (2019), la disponibilidad del fósforo se ve reducida a medida que la compactación del suelo aumenta con el tiempo. Este fenómeno se refleja en los resultados

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.

#### 4.3. 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).

**Figura 4.** Efecto del manejo agrícola de la Conductividad eléctrica del suelo.



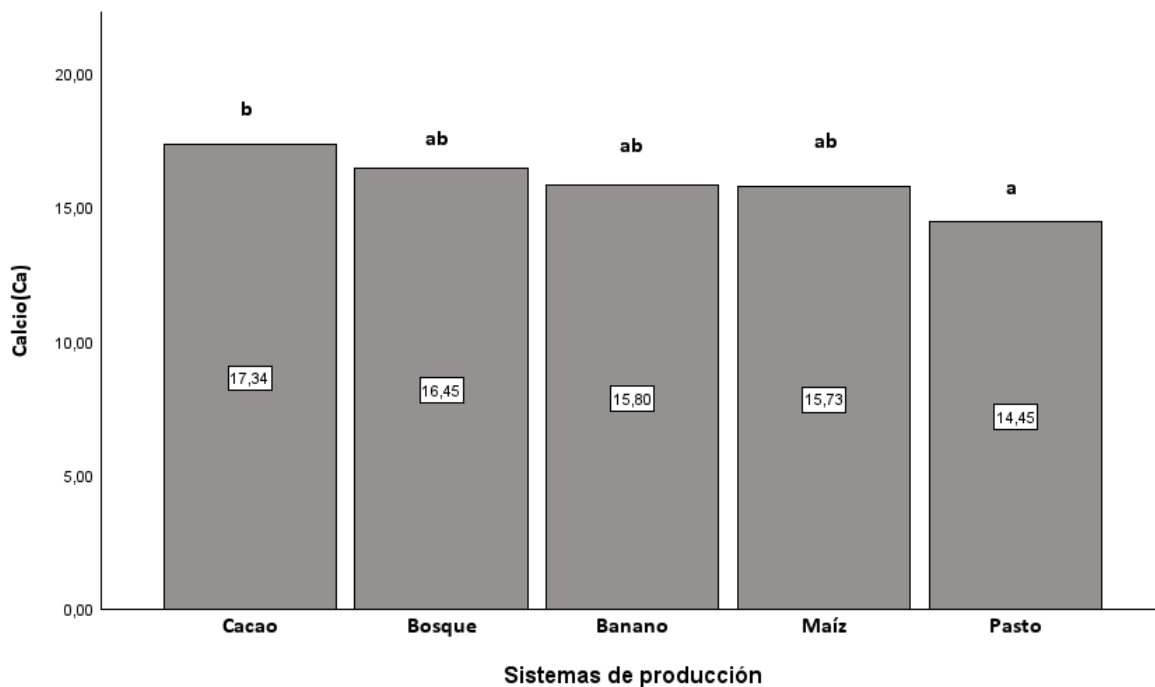
**Fuente:** Elaboración propia

Según Yáñez et al. (2018), en su investigación se evidencio 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.

#### 4.4. 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 sigue una distribución homogénea de este elemento en estos agroecosistemas (Figura 5).

**Figura 5.** Efecto del manejo agrícola del Calcio en el suelo.



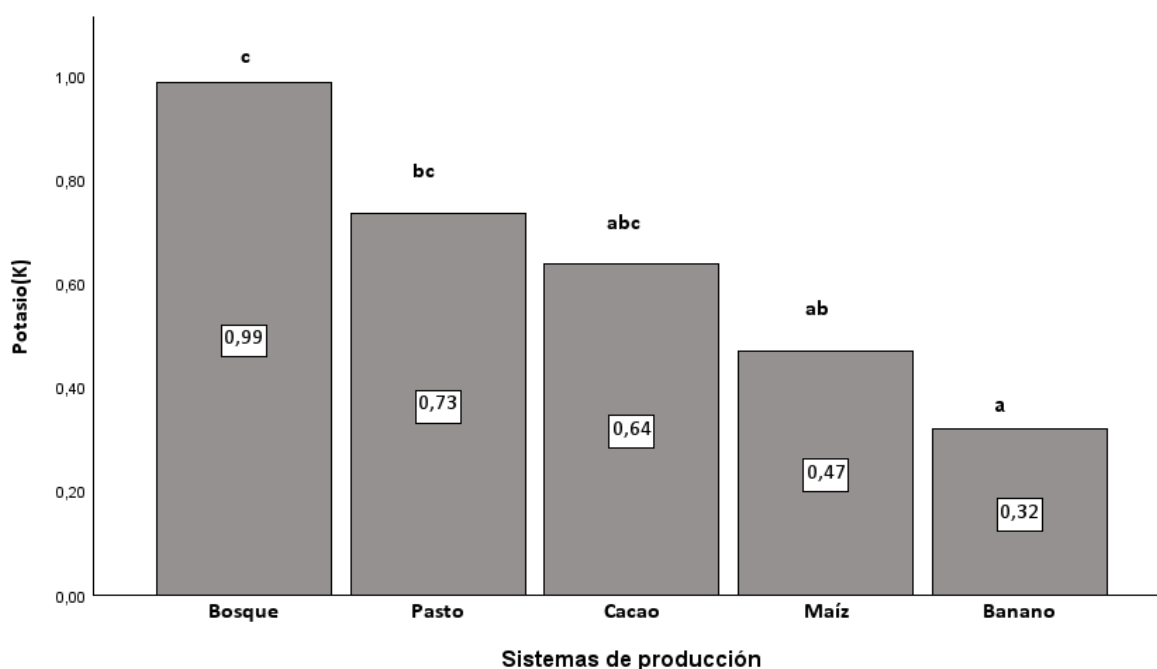
**Fuente:** Elaboración propia

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.

#### 4.5. 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).

**Figura 6.** Efecto del manejo agrícola del Potasio en el suelo.



**Fuente:** Elaboración propia

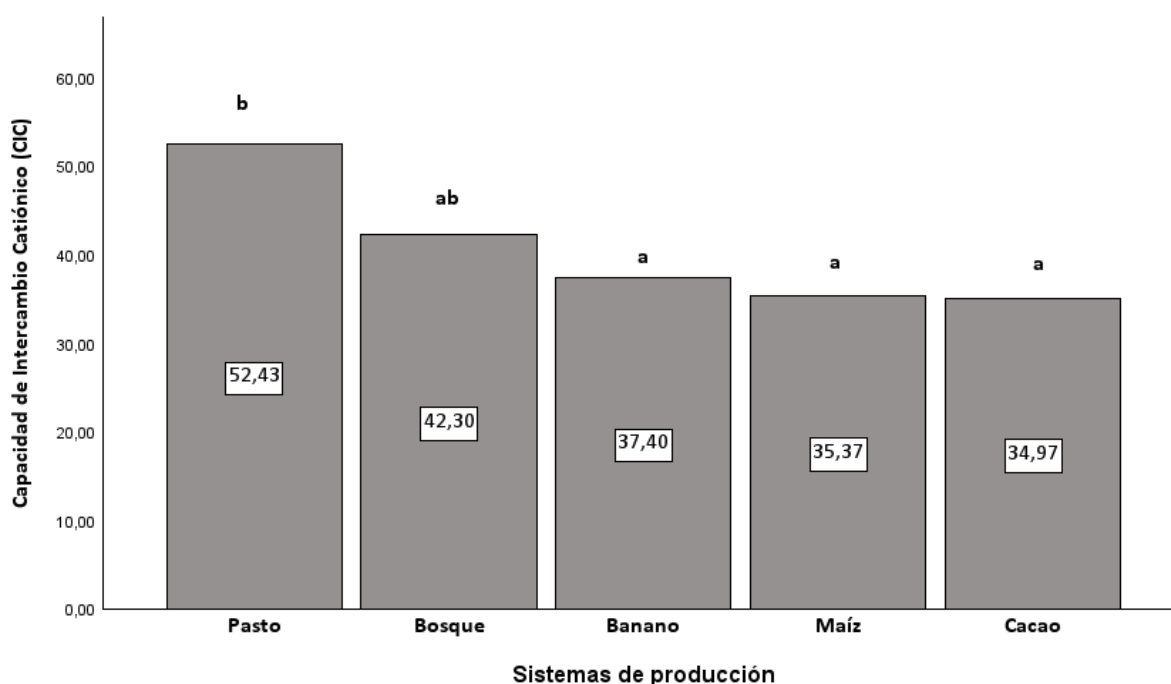
Los resultados de este estudio corroboran lo indicado por Jaurixje et al. (2013) y Pilco et al. (2024), al evidenciar que las propiedades químicas del suelo, como el potasio, fósforo y materia orgánica, disminuyen a medida que aumenta la profundidad del suelo. Este fenómeno puede atribuirse a una mayor 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.

#### **4.6. Capacidad de Intercambio Catiónico**

El agroecosistema 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).

**Figura 7.** Efecto del manejo agrícola de la CIC en el suelo.



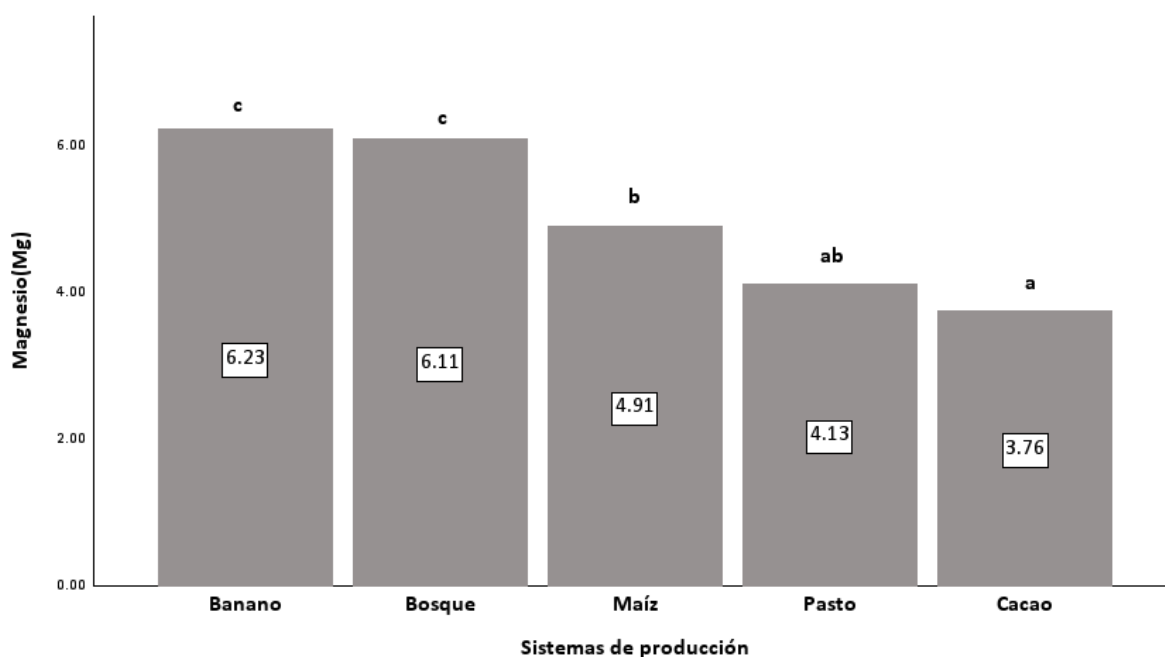
**Fuente:** Elaboración propia

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

#### 4.7. 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).

**Figura 8.** Efecto del manejo agrícola del Magnesio en el suelo.



**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.

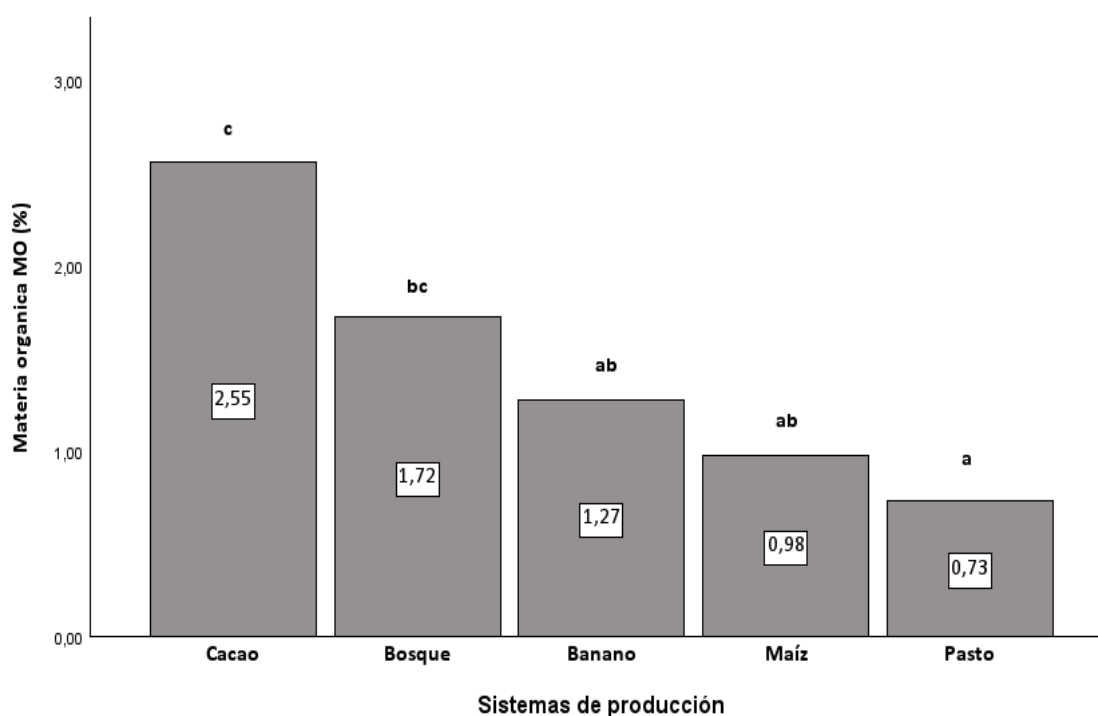
En el caso del agroecosistema de banano, que presenta un contenido de 6,23 Meq/100 g de suelo, esto podría explicarse por una mayor aplicación de fertilizantes ricos en Mg. Por otro lado, el cultivo de cacao, al haber recibido posiblemente una menor cantidad de fertilizantes, muestra un contenido de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

#### **4.8. 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).



**Figura 9.** Efecto del manejo agrícola de la Materia orgánica en el suelo.



**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.

## 5. 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.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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>
- Aguilar, C., & Quille, E. (2021). Evaluación de la calidad y salud del suelo de los Ríos Zamora y Zamora Huayco, subcuenca del Río Zamora, Cantón Loja. *Tesis*, 139. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20200/1/UPS - TTS351.pdf>
- Alborno, 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](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832020000100001)
- Badillo, A. ; (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mais) variedad INIAP 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha.* [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME FINAL DE TESIS MAIZ 12-01-2016.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME_FINAL_DE_TESIS_MAIZ_12-01-2016.pdf)
- 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](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2_a07.pdf)
- 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>
- 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](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/17655/18485)
- Cardona, E., Rios, L., & Peña, J. (2012). Disponibilidad de variedades de pastos y forrajes como potenciales materiales lignocelulósicos para la producción de bioetanol en Colombia. *Informacion Tecnologica*, 23(6), 87–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000600010>
- Casco, G., & Luis, P. (2015). “Evaluación vertical de los cationes:  $k^+$ ,  $Ca^2$ ,  $Mg^2+$ ,  $Na^+$  e  $H$

*en suelos altoandinos de la microcuenca del río atillo.”*

- Castaño, M., & González, J. (2022). Predicción de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en cultivos de aguacate empleando modelos Machine Learning. *Inna*, 23(5), 1–10. [https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4736/Castaño\\_Maria\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4736/Castaño_Maria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castillo, C. (2005). Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - La Dalia Matagalpa, 2005. *Investigación*, 1–106. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263123192010.pdf>
- Erika, V., & Martínez, J. (2020). *Potasio disponible y fertilización en suelos de la Región de Los Ríos. 2019*, 1–4.
- 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>
- Galli, S. (2020). *Descripción y zonificación de los bosques de Prosopis flexuosa ( algarrobo dulce ) de la Reserva Villavicencio con el propósito de incluirlos en el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza*. 60.
- Guachamin, J. (2019). *Estudio de variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo mediante procedimientos geoestadísticos en la comunidad “Larcapamba.”* 1–169. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20182>
- 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.
- 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.
- 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>

Loja, C., & Méndez, K. (2011). Primeros cambios en la cantidad de bacterias, hongos, macroinvertebrados y propiedades físicas del suelo luego de la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo previamente manejado de forma convencional. *Revista de La Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48(1), 51–60.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3053/1/mv170.pdf>

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>

Pérez, M. (2020). *Estimulación eléctrica para el incremento en la germinación y crecimiento de Cucumis sativus en un antrosol empleando electrodos modificados con óxidos de metales de transición.*

Pila, A. (2017). *Determinación de propiedades físico químicas del suelo en la granja “Chacras” Universidad Técnica de Machala, Provincia De El Oro.*

Pilco, G., Castro, R., Rodríguez, I., Pérez, H., & Garcia, R. (2024). *Efecto antrópico en propiedades del suelo en sistemas de producción agrícola en la Granja Santa Inés.*

Pineda, J. (2021). Evaluación de diferentes métodos de aplicación de fungicidas y extractos botánicos para el control de pudrición de corona de banano. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36311>

Pineda, V. (2023). *Determinación del contenido de materia orgánica en suelos guatemaltecos por medio de la técnica de reflectancia.*

Platas, R., Vilaboa, A., & William, C. (2016). Una aproximación dialéctica a los agroecosistemas. *Agrproductividad*, 9(12), 82–86.

Portilla, E., Reyes, B., Cardona, J., & Monter, D. (2021). Relación calcio, fosforo, magnesio y selenio sobre la reproducción en vacas lecheras durante el periodo de transición. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 13(2), 72–79.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2027-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972021000200072&lng=en&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2027-42972021000200072&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

[42972021000200072&lng=en&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2027-42972021000200072&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2027-42972021000200072&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Preciado, J., Robledo, E., Pineda, J., Corlay, L., Vázquez, A., & Vargas, M. (2024).

- Comparación de métodos para obtener la capacidad de intercambio catiónico y cationes Intercambiales de los suelos. *Terra Latinoamericana*, 42, 1–18.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1843>
- Quimi, D. (2015). *Interacción genotipo-Ambiente de híbridos triples experimentales de maíz (Zea mays L.), en dos zonas del litoral Ecuatoriano.*
- Quiñónez, L. (2016). *Dinámica de fósforo bajo diferentes sistemas de manejo de suelo.* 1–23.
- Rivera, T. (2023). Efecto de la aplicación de yodo en la germinación de semilla de cacao (Theobroma cacao). *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*, VIII(I), 1–19.
- Rodríguez, C., & Bolaños, V. (2019). *Propuesta ambiental para el plan de desarrollo del municipio de Quetame.*
- 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/>
- 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://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- Rodríguez, I., Peréz, H., García, R., & Quezada, A. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y quiímicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 389–398. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-389.pdf>
- Romaní, S. (2020). *Propiedades químicas del suelo con plantaciones de quinal (Polylepis racemosa R & P.) y ciprés (Cupressus macrocarpa ), en Cullpa Alta, Huancayo, 2017.* 41–43.
- Serna, G., & Yermis, V. (2022). Propuesta pedagógica para minimizar la degradación de suelos por fertilizantes químicos en la vereda La Fortuna. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.
- Soria, L., Fernández, E., Menjivar, J., Pastor, M., & Aguilar, J. (2000). *Análisis estadístico de los niveles de potasio asimilable en suelos carbonatados de olivar de la comarca de la loma (Jaén).*

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>

Torres, L., Gonzalez, A., & Castellanos, L. (2024). *Impacto de diferentes prácticas agrícolas sobre las características fisicoquímicas del suelo : un análisis crítico* .

Valencia, J., & Carmenates, O. (2023). Capacitación en la gestión agrícola para actores comunitarios del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 13(1), 104–116.

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>