

05

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO INCEPTISOL EN LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y CACAO

BEHAVIOR OF SOME CHEMICAL PROPERTIES OF AN INCEPTISOL SOIL IN CORN AND COCOA CROPS

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

Hipólito Israel Pérez Iglesias¹

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M. (2022). Comportamiento de algunas Propiedades Químicas de un Suelo del orden Inceptisol en los cultivos de maíz y cacao. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 44-50. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

RESUMEN

La degradación del suelo, la pérdida de la biodiversidad y el inadecuado uso de los recursos naturales constituyen los principales factores, que afectan la producción agrícola a nivel mundial. El estudio investigativo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de algunas propiedades químicas (MO, pH, N, P, K, Ca, Mg, CE y CIC) de un suelo Inceptisol bajo los cultivos de maíz y cacao en la granja Santa Inés, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. Para ello, se tomaron muestras de suelo de 1 kg a las profundidades del perfil de 0-15, 15-30 y 30-45 cm, en tres calicatas efectuadas en puntos permanentes de muestras de 10 m² establecidos en los agroecosistemas maíz y cacao. Se demostró el efecto del tipo de cultivo sobre el porcentaje de materia orgánica del suelo, el contenido de nitrógeno, fósforo asimilable y la capacidad de intercambio catiónico, y se demuestra que los cultivos de ciclo corto donde el suelo se rotura con mayor frecuencia estos indicadores se deterioran más rápido que en los cultivos perennes o semiperennes, como el cacao. Por otra parte, el pH del suelo, potasio, calcio y conductividad eléctrica no mostraron modificaciones en relación a los tipos de cultivo estudiados.

Palabras clave:

Suelo Inceptisol, materia orgánica, pH del suelo, elementos primarios, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico.

ABSTRACT

Worldwide, crop production is affected by several factors, including soil degradation, loss of biodiversity and inadequate use of natural resources. The investigative study was carried out with the objective of evaluating the behavior of some chemical properties (pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, CIC and CE) of an Inceptisol soil under corn and cocoa crops in the Santa Inés farm, Machala canton, El Oro province, Ecuador. For this, soil samples of 1 kg were taken at profile depths of 0-15, 15-30 and 30-45 cm, in three pits made at permanent sampling points of 10 m² established in the corn and cocoa agroecosystems. The influence exerted by the type of crop on the percentage of organic matter in the soil, the content of nitrogen, assimilable phosphorus and the cation exchange capacity was evidenced, and it was shown that short-cycle crops where the soil breaks more frequently these indicators deteriorate faster than in perennial or semi perennial crops, such as cocoa. On the other hand, soil pH, potassium, calcium and electrical conductivity did not show changes in relation to the types of studied crops.

Keywords:

Inceptisol soil, pH, organic matter, primary elements, cation exchange capacity, electrical conductivity.

INTRODUCCIÓN

La utilización de la agricultura para satisfacer las necesidades alimenticias de una población en crecimiento constante han contribuido a la modificación de ecosistemas naturales en agroecosistemas; lo cual, ha provocado conflictos con la conservación de bosques y desequilibrios ecológicos, producto al establecimiento de prácticas de manejo agrícola insostenibles, entre las que se encuentran la utilización excesiva de productos químicos para efectuar la producción de cultivos (Quijano-Cuervo et al., 2021) y sellado del suelo por el establecimiento de vías e infraestructuras construidas con diferentes fines (García y Álvarez, 2021).

El deterioro del suelo ocurre por múltiples consecuencias, entre las cuales se encuentra la pérdida de nutrientes, directamente, la que se debe al agua que se filtra hacia las capas más profundas o arrastrado por las escorrentías, o también de forma indirecta, cuando es erosionado por materiales que los pueden fijarlos (Suquilanda, 2008).

El manejo que se realiza en los sistemas de explotación agropecuaria para la obtención de productos agrícolas, es un factor que favorece el deterioro de las propiedades químicas de los suelos, afectándose su fertilidad y la disminución de la productividad de cultivos (Rodríguez et al., 2020).

La actividad agrícola puede ser insostenible cuando se implementan inadecuadas prácticas culturales, como el uso y abuso de fertilizantes, pesticidas y equipos agrícolas, el excesivo pastoreo de animales, incorrecta rotación de cultivos, mala aplicación de los sistemas de riego, los cuales se consideran como los principales procesos ejecutados por el hombre que ocasionan degradación del suelo (Espinoza et al., 2011).

En Ecuador, entre los años 1982-2003, la degradación de los suelos representó el 14,2% del total de la tierra arable del territorio nacional, que abarca 34.686 km², aunque Conforme (2014), indica que, en el año 2011, cerca de 37,5 mil km² (15% de suelos cultivados), se encuentran en estado de erosión, es decir, la afectación al suelo aumentó en un 0,8%, distribuido nacionalmente en la región Sierra (25,9%), región Costa (30%) y en la Amazonia (44%).

En una investigación desarrollada por Montatixe et al. (2020) con el objetivo de evaluar el efecto de la degradación del suelo sobre el ingreso económico de la agricultura familiar en la parroquia Emilio María Terán, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, Ecuador a través de una encuesta; concluyeron que la principal causa de degradación del suelo es la que se produce por la erosión antropogénica, así como, otras causas secundarias, entre las que se encuentran, el sistema de riego que se utilice, el uso excesivo de agroquímicos, y las diferentes fuentes que contaminan el ambiente; además, se determinó que la principal actividad económica que se desarrolla en la parroquia proviene de la agricultura (Muñoz et al., 2013).

En Ecuador los cultivos de mayor importancia son el cacao (*Theobroma cacao* L.), que alcanza un área agrícola

del 19,45% y el maíz (*Zea mays* L.) con un 20,74% (MAG, 2020).

El estudio de tipo no experimental se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de algunas propiedades químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno total, P, K, Ca, Mg, CIC y CE) de un suelo Inceptisol bajo los cultivos de maíz y cacao en la granja Santa Inés, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

La presente investigación se realizó en la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5½ vía Panamericana, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador; la cual se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 03°17'16" de latitud Sur y 79°54'05" de longitud oeste, a una altitud de 5 msnm.

Las muestras de suelo de 1 kg de peso fueron tomadas a las profundidades del perfil del suelo a 0-15, 15-30 y 30-45 cm, en tres calicatas efectuadas en los agroecosistemas maíz y cacao, en puntos permanentes de muestreo previamente identificados, con la finalidad de determinar el impacto que puede ejercer un cultivo de ciclo corto y un cultivo perenne sobre algunas propiedades químicas de un Inceptisol.

Según Villaseñor et al. (2015), el suelo del área estudiada pertenece al orden Inceptisol, con temperaturas medias superiores a los 24°C, precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm; y una heliofanía promedio anual de 3,4 horas por día.

Los métodos analíticos utilizados para las determinaciones analíticas de las propiedades químicas del suelo (pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, CIC y CE), fueron realizadas en el Laboratorio de suelos, foliares y aguas, Tumbaco, Quito, Ecuador, perteneciente a la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2019) (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades químicas estudiadas y métodos de determinación utilizados en laboratorio

Propiedad del suelo	U/M	Método
pH	Unidad	Potenciómetro
Materia orgánica (MO)	%	Volumétrico
Nitrógeno total (N)	%	Volumétrico
Fósforo asimilable (P)	mg/kg de suelo	Colorimétrico
Potasio intercambiable (K)	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Calcio intercambiable (Ca)	cmol/kg de suelo	Absorción atómica

Magnesio intercambiable (Mg)	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	Conductímetro
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	Cálculo

Fuente: Laboratorio de suelos, foliares y aguas, Tumbaco, Quito, Ecuador (AGROCALIDAD, 2019)

Procedimiento estadístico

Las diferencias estadísticas que se puedan presentar o no, entre los sistemas de producción maíz y cacao, en función de las variables materia orgánica, pH, nitrógeno total, fósforo asimilable, potasio intercambiable, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica del suelo, a tres profundidades en el perfil (0-15, 15-30 y 30-45 cm) se detectaron con la prueba paramétrica t de Student para grupos independientes. De forma previa se verificó para cada variable objeto de estudio, el cumplimiento de los supuestos de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows, con un nivel de significación del 5,0% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH del suelo

En la profundidad del perfil de suelo a 0-15 cm se encontró diferencias estadísticas significativas en el pH, presentando el área dedicada al cultivo de maíz un valor de 7.83 y en cacao 7.20; al igual que a 15-30 cm de profundidad, obteniéndose un valor de pH de 8,04 para maíz y en cacao de 7.58; lo que puede estar asociado al lavado de sales solubles en el área donde se realiza intensificación de la agricultura. A los 30-45 cm de profundidad de suelo no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los agroecosistemas de maíz (8.13) y cacao (7.88) (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento del pH del suelo en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	7.83a	8.04a	8.13a
Cacao	7.20b	7.58b	7.88a
p-valor	0.035	0.041	0.216

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ($p\text{-valor}\leq 0.05$)

En algunos suelos cultivados con cacao en la zona de Machala, provincia de El Oro, se alcanzaron valores de

pH entre 5,1 a 7,0; óptimos para el desarrollo de la plantación, presentándose una tendencia a la alcalinidad (Barrezueta-Unda, 2019).

Materia orgánica del suelo

Las variaciones en el contenido de MO del suelo en los cultivos de maíz y cacao en la profundidad de 0-15 cm, indican que se presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre ambos agroecosistemas; obteniéndose un contenido alto de MO en el cultivo de cacao con 3,71%, lo cual puede deberse a la constante producción de hojarasca, tallos y ramas que genera este sistema de producción, los cuales se incorporan al suelo, además en este agroecosistema el suelo no se labra, lo que favorece el contenido de materia orgánica y el incremento de la fertilidad; mientras el suelo del área de maíz presenta un contenido bajo en esta variable con un valor de 0,64%. En la profundidad del suelo de 15-30 cm se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos agroecosistemas, presentándose un valor mayor en cacao de 1,87% y muy bajo en maíz de 0,07%, con tendencia a disminuir estos porcentajes a mayor profundidad, ya que, a la profundidad de 30-45 cm, se obtuvo un valor muy bajo en maíz (0,02%) diferente estadísticamente a lo alcanzado en el área dedicada a la producción de cacao (0,58%) (Tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento de la materia orgánica del suelo (%) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.64a	0.07a	0.02a
Cacao	3.71b	1.87b	0.58b
p-valor	0.001	0.000	0.004

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ($p\text{-valor}\leq 0.05$)

El suelo al someterse a un manejo intensivo y continuado, los valores porcentuales de materia orgánica disminuyen, propiciándose las condiciones para la degradación de las propiedades físicas y químicas (Carrillo, 2021). Además, cuando el suelo se cultiva se mejora la aireación y separación de los residuos orgánicos, favoreciéndose su descomposición por los microorganismos, los cuales contribuyen a su mineralización (Moreno et al., 2015).

Nitrógeno total

Los elementos primarios, nitrógeno y fósforo, tienen un comportamiento similar al de la MO, ya que al descomponerse la biomasa que genera este cultivo, se mejora la fertilidad del suelo; a diferencia del cultivo de maíz, donde el suelo está sometido a una labranza frecuente y una explotación intensiva que origina la disminución de estos nutrientes (Benintende et al., 2008).

El porcentaje de nitrógeno en la profundidad de 0-15 cm, demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los agroecosistemas de maíz y cacao, el valor más alto se encontró el cultivo de cacao (0,188%), lo cual está relacionado al aporte de biomasa de este cultivo, que al descomponerse aporta N al horizonte superficial; mientras en el caso del sistema de producción de maíz el porcentaje de N es muy inferior (0,033%). La alta extracción de N que ocurre en este cultivo y los efectos negativos por el exceso de labranza, al tratarse el maíz de un cultivo de ciclo corto, evidencian la existencia de un contenido bajo de N en el agroecosistema de maíz. El porcentaje de nitrógeno para la profundidad de suelo a 15-30 cm se muestra que se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos cultivos, con un valor mayor en cacao (0,093%) y menor en maíz (0,003%) con tendencia a disminuir estos porcentajes a mayor profundidad. El contenido de N en la profundidad de 30-45 cm muestra un comportamiento similar a las profundidades anteriores, con valor de 0,030% para cacao y 0,00 % en el cultivo de maíz (Tabla 4).

Tabla 4. Comportamiento del nitrógeno total (%) del suelo en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.033a	0.003a	0.000a
Cacao	0.188b	0.093b	0.030b
p-valor	0.001	0.000	0.002

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05)

Los bajos contenidos de N están se relacionan con la acelerada mineralización que presenta en las zonas tropicales por consecuencia de la temperatura y humedad (Benintende et al., 2008). Barrezueta-Unda (2019) indican que el N representa una gran influencia en el ecosistema de cacao y está altamente relacionado con el potasio en la función fisiológica del llenado de las mazorcas.

Castillo (2015) reporta que los porcentajes bajos de materia orgánica son ocasionados por la actividad principal del cultivo de maíz, que absorbe la mayor cantidad de nutrimentos en el suelo, e influye en la disminución de la CIC y el nitrógeno en el suelo.

Fósforo asimilable

El contenido de P en la profundidad de 0-15 cm, indica la existencia de diferencias significativas entre los dos agroecosistemas, el valor más alto se registró en el cultivo de cacao (23,350 mg/kg de suelo); mientras en el cultivo de maíz el contenido de P presentó un valor de 3,233 mg/kg. El contenido de fósforo del suelo en la profundidad de 15-30 cm muestra diferencias estadísticamente significativas entre los dos cultivos, con un valor mayor en cacao (6,425 mg/kg de suelo) y una menor cantidad para maíz (3,430 mg/kg de suelo). El contenido de P en la profundidad de

30-45 cm, no presenta diferencias significativas entre los dos sistemas de producción. El suelo del área de cacao presenta un valor de 3,325 mg/kg y en el cultivo de maíz el valor es de 3,333 mg/kg (Tabla 5).

Tabla 5. Comportamiento del fósforo asimilable del suelo (mg/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	3.233a	3.430a	3.333a
Cacao	23.350b	6.425b	3.325a
p-valor	0.001	0.000	0.945

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05).

Las zonas tropicales se caracterizan por un contenido insuficiente de fósforo que puede reducir el área foliar en plantas de maíz, lo cual, guarda relación con el contenido de arcilla, ya que ésta tiende a adsorber gran cantidad de P (Núñez-Cano et al. 2018).

Potasio intercambiable

El contenido de K en las tres profundidades estudiadas (0-15, 15-30 y 30-45 cm) no mostró diferencias estadísticas significativas entre los dos agroecosistemas estudiados, como se puede apreciar en la Tabla 6, lo que demuestra, que este suelo está bien abastecido de K, para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz y cacao, no presentando degradación este nutriente por el tipo de cultivo que se implemente (Tabla 6).

Tabla 6. Comportamiento del potasio asimilable del suelo (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.623a	0.433a	0.230a
Cacao	0.690a	0.438a	0.265a
p-valor	0.289	0.965	0.538

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05)

Bugarín-Montoya et al. (2007) afirma que la disponibilidad del contenido de potasio en el suelo se encuentra íntimamente relacionada con la capacidad de intercambio catiónico, además del porcentaje y tipo de arcilla que el suelo presente.

Calcio intercambiable

El contenido de Ca sólo mostró diferencias significativas en las profundidades de 15-30 cm y 30-45 cm en los agroecosistemas de maíz y cacao, obteniéndose 15,47 y 16.88 para 0-15 cm y 16.29 y 16.34 (Tabla 7).

Tabla 7. Comportamiento del calcio intercambiable (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	15.47a	14.24a	15.29a
Cacao	16.88a	16.77b	16.34a
p-valor	0.098	0.015	0.199

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p -valor \leq 0.05)

En una investigación realizada en plantaciones de cacao por Arévalo-Gardini et al. (2016), se obtuvo que el Ca presentó una variación entre 2,99 y 38,69 cmol/kg de suelo; y que se encuentra relacionado con altos valores de pH; resultados que coinciden con lo obtenido en el presente estudio, en el contenido de calcio y el pH, cuyo valor es de 7,58.

Magnesio intercambiable

El contenido de Mg en la profundidad de 0-15 cm, indica la existencia de diferencia significativa entre los dos agroecosistemas; en el cultivo de maíz el valor fue de 3,58 cmol/kg y en el de cacao de 2,77 cmol/kg. El valor más bajo en el cultivo de cacao está condicionado al porcentaje de arena de 16,50; lo que concuerda con lo reportado Barrezueta-Unda, (2019).

En la profundidad de 15-30 cm, por lo que, existe diferencia significativa entre los dos cultivos, con un valor de 3,78 cmol/kg para el maíz y de 2,57 cmol/kg en cacao. El contenido de Mg en las profundidades de suelo a 30-45 cm, diferencia estadísticamente significativa entre los dos sistemas de producción, con un valor 4,23 cmol/kg para maíz y de 2,75 cmol/kg en el cultivo de cacao (Tabla 8).

Tabla 8. Comportamiento del magnesio intercambiable (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	3.58a	3.78a	4.23a
Cacao	2.77b	2.57b	2.75b
p-valor	0.010	0.000	0.011

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p -valor \leq 0.05)

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica no mostró diferencias estadísticas entre los agroecosistemas maíz y cacao a las tres profundidades de suelo analizadas (Tabla 9).

Tabla 9. Comportamiento de la conductividad eléctrica (dS/m) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.319a	0.205a	0.194a
Cacao	0.309a	0.208a	0.179a
p-valor	0.837	0.925	0.695

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p -valor \leq 0.05)

Barrezueta-Unda (2019) reporta como nivel óptimo de CE para suelos de la provincia de El Oro un valor menor a 1.00 dS/m, lo cual concuerda con los valores obtenidos en esta investigación, los cuales fluctuaron entre 0.179 y 0.319 dS/m, lo que significa que no existen problemas de salinidad en el suelo.

Capacidad de intercambio catiónico

La CIC mostró diferencias estadísticas altamente significativas en las tres profundidades del perfil de suelo evaluadas y entre los dos agroecosistemas estudiados. Los valores fluctuaron de 24,16 a 30,68 en cacao y de 6,37 a 13,28 en el cultivo de maíz; correspondiendo siempre el valor más alto a la profundidad de 0-15 cm y el más bajo a la profundidad de 30-45 cm (Tabla 9), lo que, puede estar condicionado a los elevados porcentajes de arcilla y MO encontrados en el agroecosistema cacao.

Tabla 9. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	13.28a	9.15a	6.37a
Cacao	30.68b	24.98b	24.16b
p-valor	0.002	0.000	0.000

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p -valor \leq 0.05)

Los altos valores de CIC en el suelo obtenidos en el agroecosistema cacao se encuentran relacionados potencialmente con los elevados porcentajes de arcilla y materia orgánica que se presentan en estos sistemas productivos, así como, una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, como mencionan Bueno & Fernández (2019).

CONCLUSIONES

El tipo de cultivo ejerce influencia en algunas propiedades químicas del suelo. De manera generalizada se puede afirmar que el manejo agrícola que se realiza en los dos sistemas de producción (maíz y cacao), genera importantes modificaciones en las propiedades químicas del suelo.

El sistema de producción de maíz, presenta una disminución en el contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, magnesio y capacidad de intercambio catiónico, con respecto al agroecosistema de cacao, lo que, influye notablemente en su potencial productivo debido a una baja fertilidad.

El contenido de materia orgánica del suelo, en la profundidad de 0-15 cm, del cultivo de cacao es de 3,71%, muy superior al que presenta en maíz (0,64%); debido a la constante generación de biomasa que produce el sistema de cacao y a la existencia de cero labranzas del suelo, una situación similar presenta los elementos nutritivos nitrógeno, fósforo y magnesio.

La capacidad de intercambio catiónico del suelo del cultivo de maíz es baja (13,28 cmol/kg de suelo), evidenciándose baja fertilidad para la producción de cultivos y alta en cacao (30,68 cmol/kg); lo cual, puede estar relacionado con los porcentajes de arena, arcilla y materia orgánica del suelo.

Los problemas manifiestos de degradación del suelo encontrados en el agroecosistema de maíz, se debe a la acción continuada de laboreo que se realiza al suelo, por ser este un cultivo de ciclo corto, con una duración de alrededor de 120 días en su ciclo vegetativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCALIDAD (2019). Interpretación de resultados de Laboratorio para la región costa. Laboratorio de suelos y aguas. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, Ecuador.

Arévalo-Gardini, E., Obando-Cerpa, M. E., Zúñiga-Cernades, L. B., Arévalo-Hernández, C. O., Baligar, V., & He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>

Barrezueta-Unda, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1), 155. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210>

Benintende, M., De Battista, J., Benintende, S., Saluzzio, M., Muller, C., & Sterren, M. (2008). Estimación del aporte de nitrógeno del suelo para la fertilización racional de cultivos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 19(37), 141–174. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14511370007>

Boada, R., & Espinosa, J. (2016). Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. *Siembra*, 3(1), 67–82. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.262>

Bueno, R., & Fernández, J. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, 4(1), 7–12. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/view-content.cgi?article=1029&context=ai>

Bugarín-Montoya, R., Galvis-Spínola, A., Hernández-Mendoza, T., & García-Paredes, D. (2007). Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. *Agricultura Técnica En México*, 33(1), 73–81. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v33n1/v33n1a8.pdf>

Carrillo, R. L. (2021). Influencia del tipo de cultivo en algunas propiedades físicas y químicas de un Inceptisol de la provincia de El Oro. (trabajo de titulación). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16548>

Castillo, B. E. (2015) Caracterización de las propiedades y fertilidad de los suelos del cantón Marcabellí provincia de El Oro (tesis de pregrado). UTMACH. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1118>

Conforme, G. (2014). Degradación de los suelos en el Ecuador. Estudio compilatorio de la degradación de suelos en Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en: <https://es.slideshare.net/gconformezoeta/estudio-compilatorio-de-degradacion-de-los-suelos-en-el-ecuador-ing-gonzalo-conforme>

Espinoza, M., Andrade, E., River, P., Romero, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de geografía*, (53-54), 77-88. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40721572006>

García, M. P; Álvarez, B. (2021). Preservación del medio natural en los Reales Sitios del entorno de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.14198/INGEO.18344>

INAMHI. (2017). Anuario meteorológico. In Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Issue 53).

Moreno, C., González, M. I., & Egido, J. A. (2015). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *ECUADOR ES CALIDAD: Revista Científica Ecuatoriana*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.36331/revista.v2i1.8>.

Muñoz, D. J.; Ferreira, M.; Berenice, I.; López, J. (2013). Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida. *Revista TERRA LATINOAMERICANA*. 31(3) 201-210. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n3/2395-8030-tl-31-03-00201.pdf>

- Núñez-Cano, J. I., Villarreal-Núñez, J. E., Gordón-Mendoza, R., Franco-Barrera, J. E., Jaén-Villarreal, J. E., & Sáez-Cigarruista, A. E. (2018). Retención de fósforo en suelos dedicados al cultivo de maíz en la Región de Azuero. *Ciencia Agropecuaria*, 29, 65–78. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/153>
- MAG (2020). Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería–Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito. Ecuador. Disponible en: https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf
- Montatixe, C. I., Eche, M. D. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra* 8 (1). Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1735/3181>
- Quijano-Cuervo, L. G., Robledo-Ospina, L. E., & Fernando, García-Fernández, L. F; Escobar Sarria, F. (2021). Arañas: tejiendo un eslabón crucial para el equilibrio de los agroecosistemas. *Revista Digital Universitaria*, 22(3), 40–49. <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2021.22.3.5>
- Rodríguez, I., Pérez, H., García, R., & Quezada, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389–398. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1724>
- Suquilanda, M. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo. XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n2a5>