

IMPACTO DEL TIPO DE CULTIVO EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO INCEPTISOL EN LA GRANJA SANTA INÉS

IMPACT OF THE TYPE OF CROP ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF AN INCEPTISOL SOIL IN FARM SANTA INES

Irán Rodríguez Delgado¹E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>Hipólito Israel Pérez Iglesias¹E-mail: hperez@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>Roy Leonardo Carrillo Loja¹E-mail: rlcarrillo_est@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6268-0545>¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., Carrillo Loja, R. L. (2022). Impacto del tipo de Cultivo en Algunas Propiedades Físicas de un Suelo Inceptisol en la granja Santa Inés. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 51-57. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

El suelo es uno de los recursos esenciales para el desarrollo de la vida, porque se ha convertido en un elemento clave del ciclo natural de la materia y la energía; es una parte importante de la biosfera para la producción de alimentos y mantener la calidad ambiental. El objetivo de la investigación fue determinar el impacto que ejercen los cultivos de maíz y cacao sobre las propiedades físicas de un Inceptisol en la granja Santa Inés, provincia de El Oro, Ecuador. En ambos cultivos se realizaron tres minicalicatas de 60 cm de profundidad y 60 cm de largo y ancho, en las cuales se tomaron muestras de suelo a 0-15, 15-30 y 30-45 cm de profundidad del suelo. En el agroecosistema de maíz se presenta un contenido mayor de arena en el suelo, que se incrementa a medida que se profundiza en el perfil; mientras en el cultivo de cacao este indicador es inferior. Con respecto al contenido de arcilla la situación es inversa; lo que pone de manifiesto la influencia del tipo de cultivo en el deterioro de las propiedades físicas del suelo, presentándose diferencias muy altas debido precisamente a la perturbación originada en el suelo del área de maíz por el exceso de labranza, con relación al suelo del área de cacao donde la labranza es cero.

Palabras clave:

Agroecosistemas, Inceptisol, degradación física, arena, limo, arcilla, densidad real.

ABSTRACT

The soil is one of the essential resources for the development of life, because it has become a key element in the natural cycle of matter and energy. It is an important part of the biosphere for food production and maintaining environmental quality. The objective of the research was to determine the impact of corn and cocoa crops on the physical properties of an Inceptisol at the Santa Inés farm, El Oro province, Ecuador. In both crops, three mini pits 60 cm deep and 60 cm long and wide were made, in which soil samples were taken at 0-15, 15-30 and 30-45 cm of soil depth. In the corn agroecosystem there is a higher content of sand in the soil, which increases as the profile deepens; while in cocoa cultivation this indicator is lower. According to the clay content, the situation is reversed; which highlights the influence of the type of crop on the deterioration of the physical properties of the soil, presenting very high differences due precisely to the disturbance caused in the soil of the corn area by excessive tillage, in relation to the soil of the area of cocoa where tillage is zero.

Keywords:

Agroecosystems, Inceptisol, physical degradation, sand, silt, clay, real density.

INTRODUCCIÓN

El suelo es la base del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica a nivel mundial, constituye uno de los recursos naturales más importantes del planeta, donde se produce más del 90% de los alimentos de las personas, sin embargo, se encuentra en creciente presión por la intensificación y los usos continuados, que se realizan para satisfacer las demandas de una población en contante crecimiento, por tanto, resulta decisivo evitar o atenuar su degradación y sobreexplotación (FAO, 2015).

Las funciones del suelo se encuentran bajo constantes amenazas, debido a la erosión, la pérdida de carbono orgánico, el desequilibrio de nutrientes, la acidificación, la contaminación del suelo, el anegamiento, la compactación, el sellado del suelo, salinización y pérdida de la biodiversidad del suelo (FAO, 2016). El suelo es una parte importante de la biosfera, no solo para la producción de alimentos, sino también para mantener la calidad ambiental.

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 (FAO, 2017).

La degradación física del suelo se produce por la pérdida de la materia orgánica. El impacto negativo en las propiedades físicas tiene consecuencias como: la pérdida de estructura, reducción de porosidad, incremento de la densidad aparente y formación de costras en algunos suelos (Muñoz-Iniestra et al., 2013).

El suelo es uno de los recursos esenciales para el desarrollo de la vida, porque se ha convertido en un elemento clave del ciclo natural de la materia y la energía. Cuando se habla de suelo agrícola, se deben cumplir ciertas condiciones de producción vegetal, es decir, "suelo fértil", definición que se centra en las condiciones físicas, químicas y biológicas y en los nutrientes que proporciona el suelo para el pleno desarrollo de las especies vegetales cultivadas; por tanto, es necesario realizar investigaciones para conocer el estado actual del manejo agrícola, orientado a proteger y mejorar este recurso natural no renovable (Brito et al., 2019).

Las consecuencias de la degradación del suelo se centran en la pérdida del nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio por infiltración o escorrentía, acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible; compactación del suelo que disminuye la porosidad, y ocasiona reducción del drenaje y pérdida de estabilidad, encostramiento superficial y aumento de la escorrentía, erosión selectiva (parcial, de las fracciones lábiles, como limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en caso extremo de la totalidad del suelo), así como, la liberación de sustancias nocivas que ocasionan contaminación (Suquilanda, 2008).

En Ecuador se busca de forma contante el incremento de la productividad de los cultivos, enfocado en la obtención

de mayores ganancias (Romero, 2017); aunque, en México, debido a una inadecuada gestión y empleo de tecnologías en áreas explotadas se ha producido una disminución de la productividad en los sistemas de producción (Zabala et al., 2011).

Según el MAG (2020) a nivel nacional los cultivos de mayor importancia son el maíz (*Zea mays* L.) que alcanza un 20,74% del área agrícola cosechada y el cacao (*Theobroma cacao* L.), con un 19,45%.

La investigación se realizó con el objetivo de determinar el impacto que ejercen los cultivos de maíz y cacao sobre las propiedades físicas de un Inceptisol 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, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5 ½ de la Vía Machala-Pasaje. las siguientes coordenadas geográficas, Longitud: 79°54'05" W, Latitud: 03°17'16" S y se encuentra a una altitud de 5 msnm.

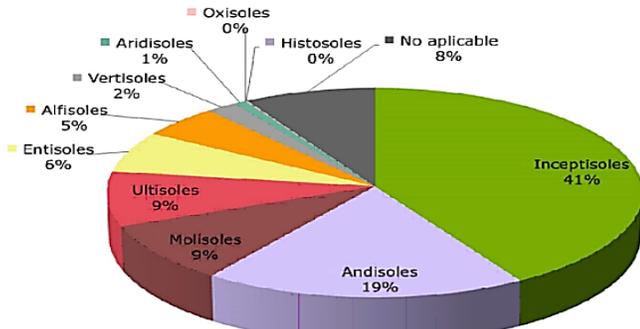
Área de muestreo

Para el desarrollo del estudio se seleccionaron dos agroecosistemas, maíz y cacao. En cada uno se establecieron puntos permanentes de muestreo, donde se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-15, 15-30 y 30-45 cm, en tres minicalicatas realizadas en cada agroecosistema. Las determinaciones analíticas del contenido relativo de partículas de diferente tamaño en el suelo (arena con un tamaño de 0.05-2 mm), limo (con un tamaño de 0.002-0.05 mm) y arcilla (con un tamaño < 0.002 mm) y la densidad real se realizaron en el laboratorio de Tumbaco, perteneciente al Departamento de Agrocalidad del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

El área se caracteriza por presentar un suelo Inceptisol; que son suelos muy jóvenes, que han comenzado a mostrar el desarrollo de estratos, pero en evolución; por ello, muestra uno o más niveles de diagnóstico, la formación de estos niveles es rápida, con traslocación de material o meteorización extrema. En ciertas regiones, los Inceptisoles son los suelos con menor desarrollo del perfil, mientras que en otras zonas son suelos con horizontes de diagnóstico y no pueden cumplir los requisitos de otras secuencias de suelos (Ibáñez et al., 2011).

El orden Inceptisol representa el 41% de los suelos que se encuentran distribuidos por todo el Ecuador (Figura 1); generalmente son muy ricos en nutrientes, por ello, permiten el desarrollo de varios cultivos de ciclo largo y corto (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), 2015).

ÓRDENES DE SUELOS DEL ECUADOR



FUENTE: Cartografía Temática Geopedológica escala 1:25000/SIGTIERRAS-IEE-CGSIN/2009 - 2015

Figura 1. Distribución de órdenes de suelo en Ecuador.

Fuente: MAGAP (2015)

Desde un punto de vista taxonómico, en las llanuras aluviales de la provincia de El Oro, predominan los suelos Inceptisoles de fuentes de sedimentos no consolidados, causados por la frecuente sedimentación de los ríos (Villaseñor et al., 2015).

Procedimiento estadístico

Para determinar si existen o no diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción de maíz y cacao, en relación con los contenidos de arena, limo y arcilla, así como, la densidad real del suelo a tres profundidades en el perfil (0-15, 15-30 y 30-45 cm) se utilizó la prueba paramétrica t de Student para grupos independiente, previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos (verificado con el test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (realizó con el Test de Levene).

El procesamiento de datos se realizó con el software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows con una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de arena

El porcentaje de arena, en las tres profundidades de suelo estudiadas, presentó diferencias altamente significativas entre los dos agroecosistemas, incrementándose el valor a medida que se profundiza en el perfil, con valores superiores en el área bajo cultivo de maíz; y menores en el cultivo de cacao.

En la profundidad del suelo de 0-15 cm se evidencian diferencias altamente significativas entre los agroecosistemas maíz y cacao en relación con el porcentaje de arena, mostrándose valores de 34.67% en el cultivo de maíz, superiores a lo obtenido en el agroecosistema cacao (16.50%), al igual que, en las profundidades de 15-30 cm (51.33% en maíz y 19.50% en cacao) y 30-45 cm (60.00% en maíz y 14.50% en cacao), lo que, demuestra que el manejo continuado del suelo influye en el arrastre y lixiviación de las partículas de arcilla, las cuales por su dimensión son propensas a su pérdida en el suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de arena (%) de un Inceptisol a tres profundidades del perfil de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	34.67	51.33	60.00
Cacao	16.50	19.50	14.50
p-valor	0.001*	0.000*	0.000*

*Indica 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 ($p\text{-valor} \leq 0.05$)

Independientemente del predominio de la fracción arena en los Inceptisoles, producto de la formación de estos suelos por depósitos aluviales, el hecho de que el porcentaje de arena en el suelo del agroecosistema de maíz presente una diferencia altamente significativa con respecto al suelo del agroecosistema de cacao se debe, en este caso, al exceso de labranza a que es sometido el suelo en maíz, cultivo de ciclo corto, lo cual, no sucede en el cultivo de cacao donde prácticamente la labranza es cero y los restos de ramas y hojas que se desprenden de forma natural o por las podas que se realizan, se depositan y descomponen en el suelo, mejorando la fertilidad del mismo.

Los resultados obtenidos coinciden con lo alcanzado por Barrezueta et al. (2018) en la provincia de El Oro, autores que reportan el predominio de las fracciones mineralógicas de arena en el suelo sobre las partículas de arcilla. Lozano et al. (2000) mencionan que los altos contenidos de las partículas de limo y arena en suelos, ocasionan una baja cohesión, lo que resulta en una alta separabilidad de los agregados.

En la Figura 2 se resume de forma gráfica el comportamiento del contenido de arena a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

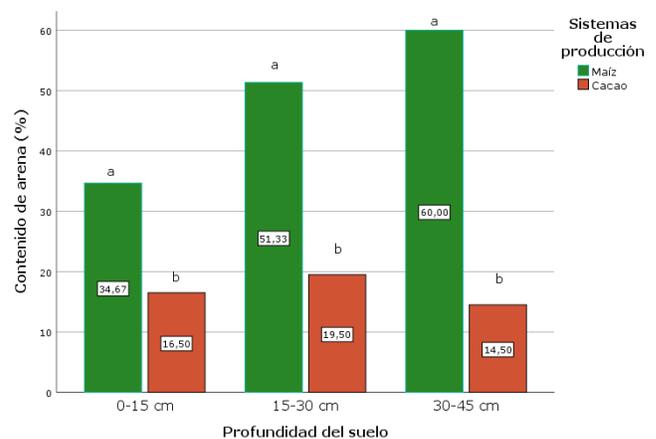


Figura 2. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en el contenido de arena (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm).

*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes ($p\text{-valor} \leq 0.05$)

Antúnez et al. (2015) confirman que en suelos donde prevalecen las partículas de arena, se presentará una baja retención de humedad y permeabilidad excesiva, limitada cohesión y plasticidad, debido a la alta cantidad de macroporos que estas poseen, reduciéndose la facultad de retener el agua, así como, de insuficientes reservas de nutrientes presentándose esta situación en el cultivo de maíz (Brito et al., 2019), viéndose en la necesidad de mejorar la estructura de la capa superficial del suelo para evitar los problemas severos de pérdida de fertilidad.

Contenido de limo

Los resultados del contenido de limo (%) en los cultivos de maíz y cacao para la profundidad de 0-15 cm se muestra un p-valor de 0,426 mayor a 0,05 indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los dos sistemas de producción, presentando para el cultivo de maíz un valor de 41,33% y en cacao de 37%. En la profundidad de 15-30 cm se encontró un p-valor de 0,083 mayor que 0,05 indicando que no se presenta diferencia estadística entre los dos agroecosistemas objeto de estudio en función al porcentaje de limo del suelo, presentando un valor de 38% en el cultivo de cacao y en maíz de 30,67%.

En la profundidad de suelo de 30-45 cm se obtuvo como resultado un p-valor de 0,063 mayor a 0,05 demostrando que no se presentan diferencias significativas entre los cultivos analizados en función al porcentaje de limo del suelo, sin embargo, se alcanzó un mayor porcentaje en el área de cacao con un valor de 40,50%, mientras en el suelo bajo cultivo de maíz, el contenido de limo es menor, presentando un porcentaje de 27,33% (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de limo de un Inceptisol a tres profundidades de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	41.33	30.67	27.33
Cacao	37.00	38.00	40.50
p-valor	0.426 NS	0.083 NS	0.063 NS

NS: indica que no se presentan 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).

En la Figura 3 se resume de forma gráfica el comportamiento del contenido de limo a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

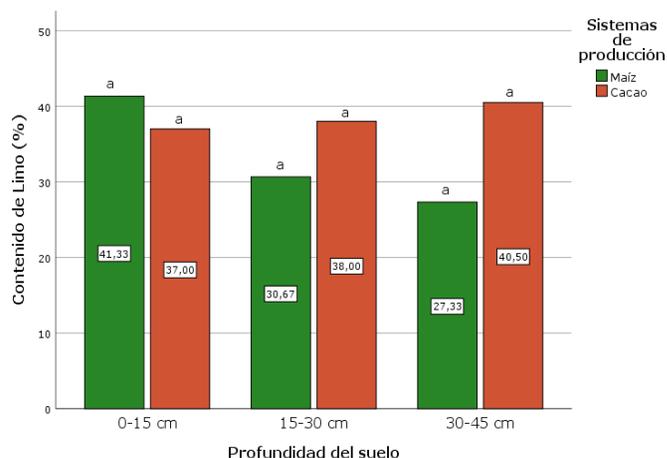


Figura 3. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en el contenido de limo (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm).

*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor<0.05)

Barrezueta-Unda y Paz-González (2017) en una investigación realizada en el cultivo de cacao, en la provincia de El Oro reportaron un 34,02% limo en los primeros 30 cm del suelo e indicaron que es un porcentaje idóneo para la producción de cacao. Barrezueta-Unda et al., (2018) en su investigación realizada en los municipios de El Guabo, Machala, Santa Rosa y Pasaje, en la provincia de El Oro reportan un porcentaje de limo de 34,01%, esta cifra se aproxima a los resultados obtenidos en esta investigación.

Contenido de arcilla

Los resultados del contenido de arcilla en los cultivos antes mencionados para la profundidad de 0-15 cm, mostró un p-valor de 0,009 menor a 0,05, presentando para el cultivo de cacao un porcentaje de 46,50 y en maíz 24,00% (Tabla 3).

En el cultivo de cacao, en la profundidad de suelo de 15-30 cm, se encontró un p-valor de 0,003 en el porcentaje de arcilla menor que 0,05, con un valor de 42,50%; mientras en el área de maíz fue 18,00%.

Las variaciones encontradas en el porcentaje de arcilla en la profundidad de suelo de 30-45 cm, tuvo un p-valor menor a 0,05, por lo que, se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos cultivos, alcanzando un porcentaje de 45% para cacao y en maíz un valor menor de 12,67%.

Tabla 3. Porcentaje de arcilla de un Inceptisol a tres profundidades de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	24.00	18.00	12.67
Cacao	46.50	42.50	45.00

p-valor	0.009*	0.003*	0.000*
---------	--------	--------	--------

*Indica 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 \leq 0.05)

En la figura 4 se resume de forma gráfica el comportamiento del contenido de arcilla a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

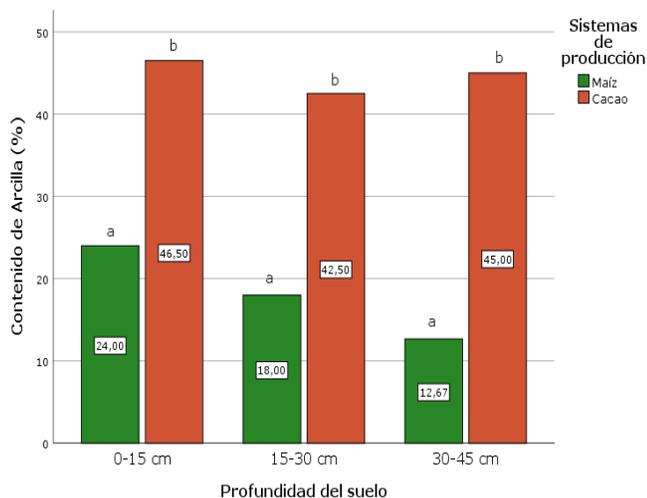


Figura 4. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en el contenido de arcilla (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm)

*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes (p -valor \leq 0.05).

Ávila et al. (2016) expresan que las partículas de arcilla y la materia orgánica son propiedades que influyen en la estructura del suelo; además las arcillas integran un control permanente y en unión con la materia orgánica ejercen como material de enlace entre las partículas minerales en la formación de la estructura. Ante la presencia de altos porcentajes de arcilla en el suelo existirá una gran cantidad de materia orgánica ya que esta es absorbida por las partículas de arcilla, teniendo relación con los resultados alcanzados en el cultivo de cacao como se muestra más adelante.

Novillo et al. (2018) mencionan en su investigación realizada, en suelos bajo diferentes cultivos de ciclo largo, un incremento en el porcentaje de arcilla, lo que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

Densidad real

Los resultados de la densidad real en el suelo de los cultivos antes mencionados para la profundidad de 0-15 cm, alcanzó un p -valor de 0,161 mayor a 0,05 indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los dos agroecosistemas, presentando para el cultivo de maíz un valor de 2,34 g/ml y en cacao de 2,20 g/ml

En la profundidad de suelo de 15-30 cm, se encontró un p -valor de 0,238 mayor que 0,05 indicando que no existen diferencias estadísticas entre los dos agroecosistemas

objeto de estudio en función a la densidad real, presentando un valor de 2,45 g/ml en el suelo de la plantación de maíz y en el cultivo de cacao un valor de 2,26 g/ml. En la profundidad de suelo de 30-45 cm se obtuvo como resultado un p -valor de 0,146 mayor a 0,05 demostrando que no se presentan diferencias significativas entre los sistemas de producción analizados en función de la densidad real, registrándose en el área dedicada al cultivo de maíz un valor de 2,45 g/ml y para el agroecosistema de cacao 2,29 g/ml (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad real de un Inceptisol a tres profundidades de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	2.34	2.45	2.45
Cacao	2.20	2.26	2.29
p-valor (prueba t de Student para grupos independientes)	0.161 NS	0.238 NS	0.146 NS

NS: indica que no se presentan 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 la Figura 5 se resume de forma gráfica el comportamiento de la densidad real a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

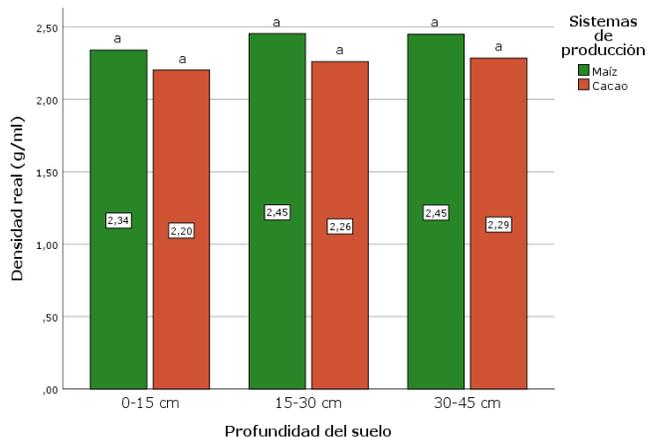


Figura 5. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en la densidad real (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm).

*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes (p -valor \leq 0.05)

Ceballos & Enriquez (2014) mencionan que la densidad real es una propiedad difícil de alterar, y se encuentra vinculada con la fracción mineral de los suelos y del contenido de materia orgánica; en relación con ello, afirman que la densidad real presenta una variación entre 2,6 y 2,75 g/ml en todos los suelos agrícolas, sin embargo, si este indicador presenta niveles bajos a los anteriormente

descritos se debe a un porcentaje alto de materia orgánica en el suelo.

Según Muñoz-Iniestra et al. (2013) en un estudio realizado con el objetivo de conocer si se presenta o no relación entre el tipo de cobertura y la degradación del suelo; concluyeron que la degradación física de los suelos estudiados se encuentra correlacionada con la alteración de propiedades como: porosidad, densidad aparente y la estabilidad de los agregados.

CONCLUSIONES

Se comprobó que el tipo de cultivo utilizado en el sistema de producción ejerce una marcada influencia en algunas propiedades físicas del suelo, como el porcentaje de arena, arcilla y densidad real.

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 físicas del suelo.

Los problemas manifiestos de degradación del suelo que se encontró en el agroecosistema de maíz, con relación al agroecosistema cacao, se asocia a la acción continuada de laboreo que se realiza al suelo, por ser el maíz un cultivo de ciclo corto de unos 120 días de duración.

El suelo del agroecosistema de maíz presenta un contenido mayor de arena, el cual se incrementa a medida que se profundiza en el perfil (34,67; 51,33; 60,00 %) en las tres profundidades estudiadas; mientras en el cultivo de cacao el porcentaje de arena en las tres profundidades estudiadas es de 16,50; 19,50 y 14,50%. Con respecto al contenido de arcilla la situación es inversa; lo que pone de manifiesto la influencia del tipo de cultivo en esta propiedad física del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antúnez, B. A., Felmer, S., Vidal, M., Morales, R., Caz, E., & Fuentes, F. (2015). Propiedades Físico-Hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 2, 31–50. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7892/NR40309.pdf?sequence=7&isAllowed=y#:~:text=Entre%20las%20principales%20propiedades%20f%C3%ADsicas,penetraci%C3%B3n%20e%20%C3%ADndice%20de%20cono>

Ávila, E. A., Darghan, A. E., & Leiva, F. R. (2016). Influencia de la mineralogía de arcillas, textura y contenido de carbono orgánico sobre el índice de friabilidad de suelos cultivados con caña de azúcar. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 19–31. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242016000200019&script=sci_abstract&tlng=es

Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, E., & Barrera-León, J. (2018). Almacenamiento de carbono en varios suelos cultivados con cacao en la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 147–154. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/177/212>

Barrezueta-Unda, S., & Paz-González, A. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5, 54–62. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/141/175>

Brito, M. Y.; Carrera, L. C.; Santillán, L. M. (2019). Influencia de la Fertilización en la Calidad del Suelo de Cultivo de Maíz-Caso Loreto. *European Scientific Journal*. Vol.15, No.9. 51-61. Disponible en: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/11895>

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.ut-machala.edu.ec/handle/48000/16548>

Ceballos, H., & Enriquez, S. (2014). Efecto de la acumulación de sedimentos sobre los suelos de la microcuenca La Hidráulica ubicados en el municipio de Sibundoy, departamento del Putumayo. In *Instituto Tecnológico del Putumayo*. Disponible en: [https://itp.edu.co/web2016/phocadownload/Investigacion/Semilleros/Conservemos_nuestros_suelos/EFFECTOS%20DE%20LA%20ACUMULACION%20DE%20SEDIMENTOS%20HIDRAULICA%20ING%20AMBIENTAL%20\(2014\).pdf](https://itp.edu.co/web2016/phocadownload/Investigacion/Semilleros/Conservemos_nuestros_suelos/EFFECTOS%20DE%20LA%20ACUMULACION%20DE%20SEDIMENTOS%20HIDRAULICA%20ING%20AMBIENTAL%20(2014).pdf)

FAO (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS)*. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>

FAO (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Tierra y Suelos. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>

FAO (2017). Portal de Suelos de la FAO. Degradación del Suelo. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

Ibáñez, S., Gisbert, J. M., & Moreno, H. (2011). Inceptisoles. *Editorial Universidad Politécnica de Valencia*, 8. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/inceptisoles.pdf>

Lozano, Z., Lobo, D., & Pla, I. (2000). Diagnóstico de limitaciones físicas en inceptisoles de los Llanos Occidentales Venezolanos. *Bioagro*, 12(1), 15–24. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85712103.pdf>

- MAGAP. (2015). *Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. <http://www.sigtierras.gob.ec/mapa-de-ordenes-de-suelos/>
- 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
- Muñoz-Iniestra, D. J., Ferreira-Ramírez, M., Escalante-Arriaga, I. B., & López-García, J. (2013). Relationship between land cover and physical and biological degradation an alluvial soil in a semiarid region. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 201–210. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n3/2395-8030-tl-31-03-00201.pdf>
- Novillo, I., Carrillo, M., Cargua, J., Moreira, V., Albán, K., & Morales, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177–187. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1301>
- Romero, D. (2017). *Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la Granja Santa Inés*. Universidad Técnica de Machala. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/1/DE00025_TRABAJO-DETITULACION.pdf
- 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*, 29–31. 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. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5121/1/ART%200080%20Caracterizaci%C3%B3n%20f%C3%ADsica%20y%20clasificaci%C3%B3n%20taxon%C3%B3mica%20de%20algunos%20suelos.pdf>
- Zabala, J.; Palma, D.; Fernández, C.; López, A.; Shirma, E. (2011). Degradación y Conservación de Suelos en la Cuenca del Río Grijalva, Tabasco. México. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/1/DE00025_TRABAJO-DETITULACION.pdf