

# 49

Fecha de presentación: mayo, 2020  
Fecha de aceptación: julio, 2020  
Fecha de publicación: septiembre, 2020

## EFFECTO DEL MANEJO AGRÍCOLA EN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS

### **EFFECT OF AGRICULTURAL MANAGEMENT ON PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL PROPERTIES IN DIFFERENT AGROECOSYSTEMS**

Irán Rodríguez Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [irodriguez@utmachala.edu.ec](mailto:irodriguez@utmachala.edu.ec)

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

Hipólito Israel Pérez Iglesias<sup>1</sup>

E-mail: [hperez@utmachala.edu.ec](mailto:hperez@utmachala.edu.ec)

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

Rigoberto Miguel García Batista<sup>1</sup>

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu.ec](mailto:rmgarcia@utmachala.edu.ec)

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

Arturo Joel Quezada Mosquera<sup>1</sup>

E-mail: [ajquezada\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:ajquezada_est@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3877-2933>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M., & Quezada Mosquera, 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.

**RESUMEN:** La investigación se desarrolló con el objetivo de evidenciar la influencia del sistema de manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm) en agroecosistemas de la granja Santa Inés. Se seleccionaron los cultivos de banano, ciclo corto, pastos, cacao y bosque, donde se establecieron aleatoriamente puntos permanentes de muestreo, en los cuales se realizaron tres calicatas. Se tomaron muestras de suelo en cada profundidad, homogeneizadas para garantizar un muestreo representativo. Para conocer si se presentan o no diferencias estadísticas significativas entre las medias de las propiedades físicas y químicas del suelo en función de los sistemas de producción se utilizó el ANOVA de un factor intergrupos ( $\alpha=0.05$ ) y pruebas de rangos múltiples para establecer entre qué sistema se encuentran diferencias o similitudes. En cacao y bosque se alcanzaron los mayores valores de MO del suelo, atribuido a la gran cantidad de hojas, ramas y tallos que se generan, los que se incorporan al suelo por la actividad de los microorganismos. Se demostró que la explotación del suelo de forma continuada e intensiva provoca una disminución del secuestro de carbono e incremento de la compactación, así como escasa incorporación de residuos orgánicos y baja fertilidad.

**Palabras clave:** Agroecosistemas tropicales, suelo, influencia antrópica, degradación.

**ABSTRACT:** The research was developed with the objective of evidencing the influence of the agricultural management system on physical and chemical properties of the soil at two depths (0-15 and 15-30 cm) in agroecosystems of the Santa Inés farm. Banana, short cycle, grass, cocoa and forest crops were selected, where permanent sampling points were randomly established, and three testing pits were carried out. Soil samples were taken at each depth, homogenized to ensure representative sampling. In order to know whether or not there are significant statistical differences between the means of the physical and chemical properties of the soil as a function of the production systems, the inter-group factor ANOVA ( $\alpha=0.05$ ) and multiple range tests were used to establish between which system differences or similarities are found. In cocoa and forest, the highest MO off soil values were achieved, attributed to the large number of leaves, branches and stems generated, which are incorporated into the soil by the activity of microorganisms. It was shown that continuous and intensive exploitation of the soil causes a decrease in carbon sequestration and increased compaction, as well as low incorporation of organic waste and low fertility.

**Keywords:** Tropical agroecosystems, soil, anthropic influence, degradation.

Volumen 12 | Número 5 | septiembre-octubre, 2020

## INTRODUCCIÓN

En los últimos 200-250 años la agricultura se ha convertido en un pilar importante para la sociedad tras su rápido desarrollo, lo que ha provocado modificaciones en el paisaje en varios ecosistemas (Palacios & Escobar, 2016); a principios del año 2000 aproximadamente 2570 millones de personas dependían para su subsistencia de la agricultura y actividades afines, así mismo, establece que la actividad agrícola es la base de la economía para varios países en vías de desarrollo y que la exportación de productos agrícolas en países industrializados se incrementaron aproximadamente a 290000 millones de dólares.

En Ecuador la agricultura es la principal fuente de empleo, representa el 25% de la Población Económicamente Activa (1.6 millones), y constituye un eje principal de la economía del país y la seguridad alimentaria, ya que aporta el 8.5% del PIB, convirtiéndose en el sexto sector de importancia económica.

La alimentación de los seres humanos depende del suelo, ya que la sociedad consume un 95% de alimentos que son producidos en el mismo. La agricultura ocupa la tercera parte de la superficie terrestre, para satisfacer la demanda mundial de alimentos para una población creciente que para el año 2050 podrá llegar a 9000 millones de personas (Burbano, 2016).

El suelo es un recurso natural no renovable, su formación y restablecimiento es lento, es un componente necesario para la actividad agrícola, ya que provee de nutrientes, agua y sostén a los cultivos; además, intercede en los ciclos del agua, nitrógeno, carbono, fósforo, etc. (Ferrerías, et al., 2015).

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.

La intervención del hombre en la producción de alimentos ha generado modificaciones en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Hernández, et al., 2017). Los cultivos intensivos degradan al suelo debido a la disminución de la cobertura vegetal y la materia orgánica, estabilidad de los agregados; además de ser precursores de compactación y erosión que reducen los niveles de productividad (Toledo, et al., 2013).

El cambio de suelos forestales a cultivados, ha generado un impacto negativo en la degradación de los mismos, lo que ha provocado la emisión de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Hernández, et al., 2017). La degradación de los suelos involucra procesos físicos, químicos y biológicos, así como factores propios del suelo entre ellos; el relieve, la litología, vegetación, clima los cuales son capaces de acelerar o desacelerar los procesos de desgaste (Pulido, 2014). Se reconocen tres tipos de erosión: erosión antropocéntrica, hídrica y eólica (Valdez, et al., 2015).

La actividad antrópica del hombre en la producción agropecuaria ha conducido no solamente a la explotación de áreas agrícolas, sino también al empleo de suelos vírgenes y terrenos vacíos, en los cuales ha utilizado de forma intensiva recursos técnicos, tales como la mecanización, el riego y la quimización, condicionados, además, por el desconocimiento y la necesidad social (Ramírez, et al., 2015), que han propiciado el aumento de la degradación del suelo en más del 20 % de las tierras agrícolas, el 30 % de los bosques y el 10 % de los pastizales, lo que dificulta la adaptación y mitigación al cambio climático, ya que por la pérdida de biomasa y materia orgánica (MO) del suelo se desprende carbono a la atmósfera, lo que afecta la calidad del suelo y su capacidad de mantener el agua y los nutrientes (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

El manejo agrícola de sistemas de producción agropecuaria puede constituir un factor que afecta la degradación física y química de los suelos. El objetivo de la investigación fue evidenciar la influencia del sistema de manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm) en agroecosistemas de la granja Santa Inés.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, en las coordenadas -3°17'28" de latitud Sur y 79°54'50"7 de longitud

Oeste y 5 msnm. De acuerdo a la zona de vida natural de Holdridge se clasifica dentro de la formación de bosque muy seco-Tropical (bms-T). Presenta un clima tropical mega térmico seco con un gran déficit hídrico en época menos lluviosa, con una temperatura media anual entre los 25 y 26°C, una precipitación anual entre 500 y 750 mm y una heliofanía promedio de 3,5 horas luz diarias

(Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015).

### Diseño del estudio y toma de muestras de suelo

Para el desarrollo del trabajo se seleccionaron cinco agrosistemas que corresponden a áreas productivas de banano (8.32 ha, con un sistema de producción tradicional dotado de drenajes y sistema de riego por aspersión), cultivos de ciclo corto (1.74 ha, utilizadas fundamentalmente para las siembras de maíz y maní, con sistema de riego por gravedad y empleo de maquinaria agrícola para la preparación terreno), pastos (4.89 ha, distribuidas en pastizales; donde predomina el Pasto Alemán, Tenner y Pasto Estrella; establos, potreros; divididos en varios lotes destinados a la alimentación bovina y un módulo de ordeño), cacao (5.98 ha, con un sistema de riego por gravedad) y bosque (2.43 ha, con un bosque secundario de 22 años, donde se destacan especies forestales como la Caoba, Guachapeli, Sauces y Samanes), en los cuales se establecieron de forma aleatorizada puntos permanentes de muestreo (PPM), georreferenciados con GPS y donde se realizaron tres calicatas con un diámetro de 60 x 60 cm. La toma de muestras se realizó a dos profundidades del suelo (0-15 y 15-30 cm).

La muestra estuvo conformada por 1 kg de suelo, tomado en toda la extensión del perfil en las profundidades indicadas, mediante el empleo de una pala y una espátula. El material obtenido previamente homogeneizado se depositó en funda con su respectiva identificación, realizada doblemente (una dentro y otra fuera de la funda), para prevenir cualquier pérdida que pueda ocurrir en su traslado. Posteriormente se realizó el embalaje de las muestras para su respectivo envío al laboratorio de suelos, foliares y aguas, perteneciente a la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2019), ubicado en Tumbaco, Quito.

### Variables analizadas y técnicas de muestreo utilizadas

Para cumplir con los objetivos planteados en la investigación se realizaron determinaciones analíticas de densidad real (Dr), porcentaje de arcilla, limo y arena; pH, contenido de MO, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y conductividad eléctrica (CE).

En la Tabla 1 se detallan las variables estudiadas y los métodos utilizados para su determinación en el laboratorio.

Tabla 1. Métodos utilizados en Laboratorio para las determinaciones analíticas de las variables estudiadas.

Variable estudiada	Método utilizado	Unidad de medida
Densidad real	Picnómetro	g/ml
Arena, limo y arcilla	Bouyoucos	%
pH	Potenciómetro	—
Materia Orgánica	Volumétrico	%
Conductividad eléctrica	Conductímetro	ds/m
CIC	Mediante calculo	cmol/kg

Fuente: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2019).

La CIC del suelo equivale a la sumatoria de los cationes intercambiables. La fórmula utilizada para el cálculo de la CIC (Abrego, 2012) fue la siguiente:

$$CIC = \frac{(Volumen\ muestra - Volumen\ blanco) * NH_2SO_4 * 100}{gramos\ de\ muestra}$$

Donde:

Volumen muestra: ml de titulante gastado en la muestra.

Volumen blanco: ml de titulante gastado para titular

$NH_2SO_4$ : normalidad del titulante

En relación con la MO del suelo la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro establece distintas categorías y rangos para la interpretación de resultados (Tabla 2).

Tabla 2. Interpretación de resultados de MO para la región Costa.

Categoría	MO (%)
Bajo	<3.1
Medio	3.1-5.0
Alto	>5.0

Fuente: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2019).

Según la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2019) las categorías y valores de pH del suelo, a tener en cuenta para la interpretación de los resultados, para las regiones costa y sierra, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Interpretación de resultados de pH del suelo para la región costa y sierra.

Parámetro	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5.5	5.6 - 6.4	6.5 - 7.5	7.6 - 8.0	8.1

Fuente: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2019).

Las categorías y valores de CE a tener en cuenta para la interpretación de los resultados, según la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, para las regiones costa y sierra, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Interpretación de resultados de CE para la región costa y sierra de Ecuador.

Parámetro	No salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE (ds/m)	< 2.0	2.0 – 3.0	3.0 – 4.0	4.0 – 8.0

Fuente: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2019).

### Procedimiento estadístico

Para conocer si se presentan o no diferencias estadísticas significativas entre las medias de las variables objeto de estudio, densidad real (g/ml), arcilla (%), limo (%) y arena (%), pH, MO (%), CIC (cmol/kg) y CE (ds/m) en función de los sistemas agrícolas se utilizó análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos, previa verificación de los requisitos de independencia de las observaciones (se garantizó mediante la ubicación aleatorizada de los PPM en cada sistema de producción), normalidad de datos (se verificó con el test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (verificada con el test de Levene).

En caso de presentarse diferencias estadísticas significativas entre los sistemas agrícolas para cada una de las profundidades evaluadas (0-15 cm y 15-30 cm) en función de las medias de las variables estudiadas se aplicó prueba de rangos múltiples de Duncan, con la finalidad de establecer entre que cultivo se encuentran las diferencias o similitudes.

Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente con el paquete estadístico SPSS versión 24 de prueba para Windows y se utilizó una confiabilidad en la estimación del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variaciones encontradas en la densidad real, fueron estadísticamente diferentes, tanto en la profundidad de 0-15 cm ( $p$ -valor=0,017), como en 15-30 cm ( $p$ -valor=0,003) en relación con los diferentes cultivos. En la profundidad del suelo de 0-15 cm, en el área de ciclo corto se alcanzan valores mayores (2,34 g/ml), diferentes estadísticamente al cultivo de pastos (1,76 g/ml), donde se evidencia la menor compactación, e iguales estadísticamente, al resto de agroecosistemas estudiados, bosque (2,02 g/ml), banano, (2,05 g/ml) y cacao (2,20 g/ml), lo que demuestra que la intensificación de las labores agronómicas es una condicionante para el incremento de la compactación del suelo, ya que en el sistema pastos no se realiza una explotación intensiva, al igual que en el resto de los agroecosistemas, no así, en el área de ciclo corto, donde se efectúan en el año hasta dos siembras. En la profundidad del suelo de 15-30 cm, se observa diferencia estadística entre pastos (1,78 g/ml) y el resto de los agroecosistemas estudiados (se obtuvieron valores por encima de 2,17 g/ml), lo que puede atribuirse a la baja explotación ganadera que se efectúa (Figura 1).

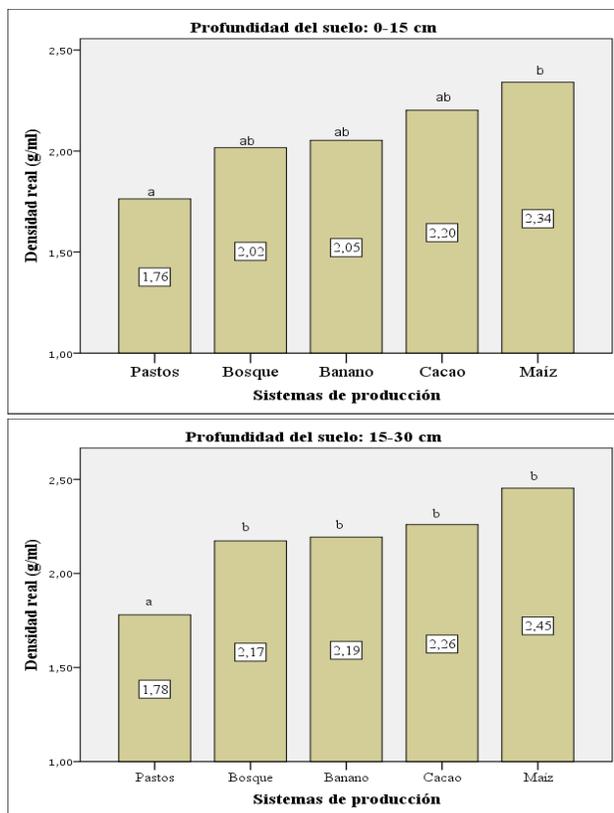


Figura 1. Efecto del manejo agrícola en la densidad real a 15-30 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente para un p-valor<0.05 (Duncan).

La compactación del suelo reduce los espacios porosos y la capacidad de las raíces de explorar el suelo en busca de nutrientes y agua, por lo que, se afecta el desarrollo radicular y el rendimiento de los cultivos. Los resultados se corresponden con los obtenidos por López, et al. (2018), quienes establecieron que la compactación del suelo reduce la capacidad de emergencia de las plántulas e infiltración del agua, además, Volverás, et al. (2016), indicaron que la labranza excesiva genera pérdida de materia orgánica y el desprendimiento de material fino de la superficie, lo que contribuye al incremento de la densidad en las primeras capas de suelo.

### Arcilla

El contenido de arcilla (%), en las profundidades del suelo de 0-15 (p-valor =0,004) y 15-30 cm (p-valor =0,000), presenta diferencias estadísticas significativas entre los agroecosistemas estudiados. Las variaciones encontradas en el porcentaje de arcilla en relación con los diferentes cultivos evidencian (0-15 cm) que en el cultivo de pastos (50,67 %) se alcanzan valores mayores y diferentes estadísticamente al área de cultivos de ciclo corto (24%),

donde se evidencia el menor porcentaje, banano (28,67 %), bosque, (40,67%), mientras que en el cultivo de cacao no presenta diferencias significativas (46,50%). Los suelos con altos contenidos de arcilla contienen mayor cantidad de materia orgánica ya que esta es absorbida por las partículas de arcilla.

El porcentaje de arcilla del suelo a 15-30 cm de profundidad, en relación con los diferentes cultivos evaluados, evidencian que en el cultivo de pastos (52.0%) se alcanzan valores mayores y diferentes estadísticamente al área de ciclo corto (18.0%), donde se alcanza el menor porcentaje de arcilla, al igual que en el resto de agroecosistemas estudiados, bosque (36.0%), banano (36.67%) y cacao (42.50%) (Figura 2).

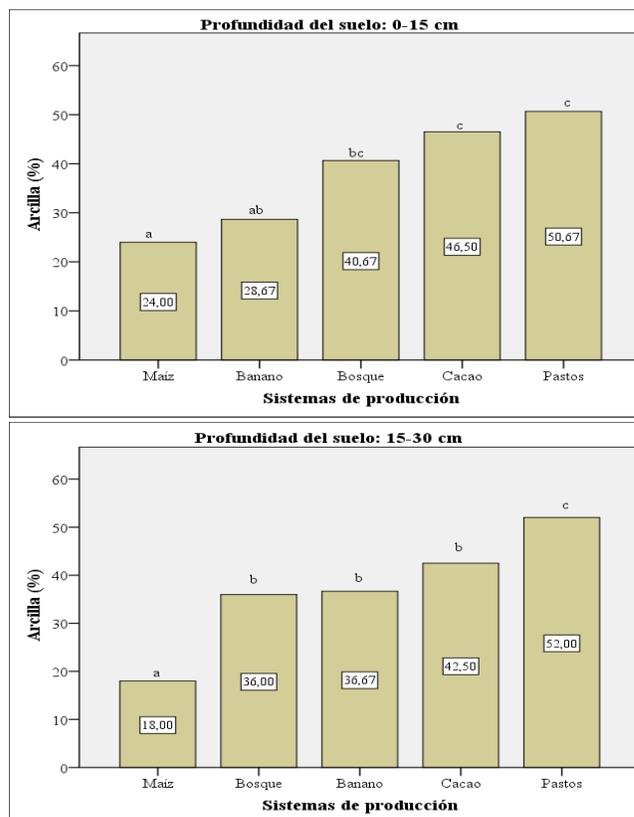


Figura 2. Efecto del manejo agrícola en el porcentaje de arcilla a 15-30 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente con un p-valor<0.05 (Duncan).

### Limo

En la profundidad de suelo de 0-15 cm, no se presentaron diferencias estadísticas (p-valor=0,151), entre los agroecosistemas objeto de estudio, en función al porcentaje de limo, sin embargo, el bosque (46.0%) alcanzó el mayor porcentaje y el menor en el cultivo de cacao (37.0%).

Las variaciones encontradas en el porcentaje de limo en relación con los diferentes cultivos, a 15-30 cm de profundidad del suelo, evidencian que en el bosque (50.0%) se alcanzan valores mayores y diferentes estadísticamente al área de ciclo corto (30,67%), donde se evidencia el menor porcentaje de limo del suelo, cacao (38%), pastos, (42.0%), aunque no diferente estadísticamente al área dedicada al cultivo de banano (46.0%) (Figura 3).

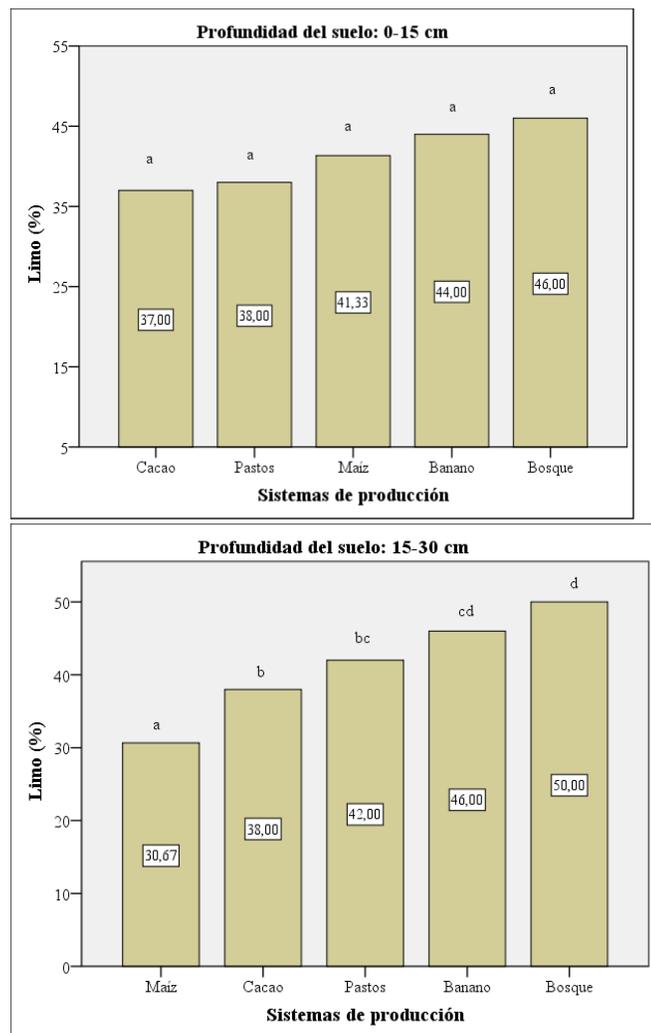


Figura 3. Efecto del manejo agrícola en el porcentaje de limo a 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente con un p-valor < 0.05 (Duncan).

### Arena

El contenido de arena (%), en las profundidades del suelo de 0-15 cm (p=0,011) y 15-30 cm (p-valor=0,000) en los diferentes agroecosistemas estudiados es estadísticamente diferente, lo que demuestra la heterogeneidad en las características de los suelos en los diferentes cultivos.

Las variaciones encontradas en el porcentaje de arena en relación con los diferentes cultivos, a 0-15 cm de profundidad del suelo, evidencian que en área dedicada a cultivos de ciclo corto (34,67%) se alcanzan valores mayores y diferentes estadísticamente al cultivo de pastos (11,33%), donde se evidencia el menor porcentaje de arena, al igual que en el cultivo de cacao (13,33%), así mismo mantiene diferencias significativas con el cultivo de cacao, (16,50%) y banano (34,67%) la presencia de materiales finos (limo y arena fina) en la superficie del suelo provoca que aumente el riesgo de escurrimiento como se observa en el cultivo de maíz, de ahí la necesidad de proteger el horizonte superficial y a que si el mismo se erosiona puede emerger un horizonte de menor estabilidad estructural.

Las variaciones encontradas en el porcentaje de arena, a 15-30 cm de profundidad, en relación con los diferentes cultivos evidencian que en el área de ciclo corto (51.33%) se alcanzan valores mayores y diferentes estadísticamente al cultivo de pasto (6.0%), donde se alcanza el menor porcentaje de arena en el suelo, al bosque (14.0%), banano (17,33%) y cacao (19,50%) (Figura 4). Barrezueta, Paz & Chabla (2017), afirman que los suelos de origen aluvial acumulan mayor porcentaje de arena en los primeros 30 cm del suelo

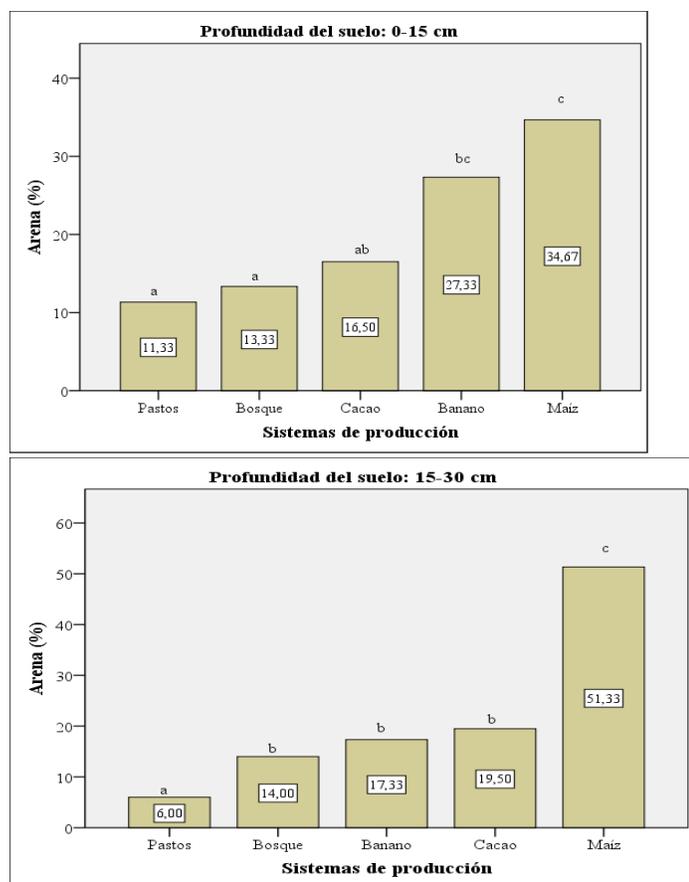


Figura 4. Efecto del manejo agrícola en el porcentaje de arena a 15-30 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente con un p-valor<0.05 (Duncan).

### PH

El pH del suelo presenta diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sistemas de producción en las profundidades de 0-15 y 15-30 cm, lo que indica que utilizar diferentes cultivos y efectuar un manejo diferente influye en la acidez del suelo. En la profundidad del suelo de 0-15 cm, se obtuvieron, en todos los cultivos, valores por encima de 7 y diferentes estadísticamente (p-valor=0,049), aunque en cacao (7,20 g/ml) se obtuvo el menor valor, igual estadísticamente a bosque y banano, sin embargo, con diferencias estadísticas significativas a pasto (7,81 g/ml) y ciclo corto (7,83 g/ml), lo que puede encontrarse asociado, con la incorporación de residuos orgánicos en el suelo. Igual comportamiento se presentó a 15-30 cm de profundidad del suelo (p-valor=0,039) (Figura 5). Los resultados obtenidos se corroboran con los obtenidos por Vásquez & Macías (2016), autores que establecieron que la presencia de pH alcalinos superiores a 8, se asocia con alta saturación de bases, donde el

Calcio es el catión dominante, condicionado a numerosos procesos fisicoquímicos, además, mencionan que suelos con cultivo de banano presentan un pH de 7,5 por una concentración menor de carbono total.

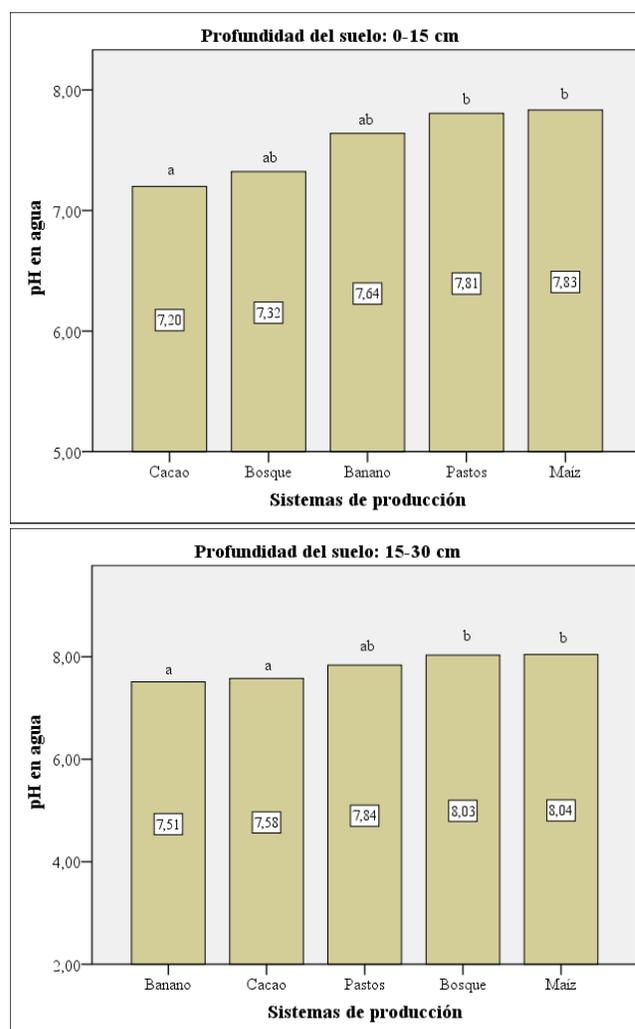


Figura 5. Efecto del manejo agrícola en el pH a 15-30 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente para un p-valor<0.05 (Duncan).

### Materia orgánica

En relación con la MO del suelo, la prueba estadística muestra que se presentan diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sistemas de producción en las profundidades de 0-15 cm (p-valor=0,000) y 15-30 cm (p-valor=0,000), lo que indica que el cultivo que se utilice y el manejo que se realice es un factor condicionante a la presencia de modificaciones en el contenido de MO del suelo.

El comportamiento de la materia orgánica del suelo a 0-15 cm de profundidad, alcanzó en el cultivo de cacao el mayor valor (3,71%), diferente estadísticamente al área de ciclo corto (0,64%), pastos (1,80), banano (2,12%) y bosque (2,92%), lo que puede atribuirse a la gran cantidad de hojas, ramas y tallos generados, los que, se incorporan al suelo por la actividad de los microorganismos. Similar comportamiento se encontró a 15-30 cm de profundidad del suelo, donde se alcanzó en el cultivo de cacao (1,87%), el mayor valor, estadísticamente diferente al área de ciclo corto (0,07%), pastos (0,29%), bosque (0,73%) y banano (0,98%).

La incorporación de MO al suelo incide en el aumento de potasio, calcio y magnesio disponible, así como la capacidad de retención de humedad. Obalum, et al. (2017), mencionan que el manejo de la MO define el éxito o fracaso de un suelo. Los suelos dedicados a la producción agrícola presentan capacidad para el secuestro de dióxido de carbono en forma de materia orgánica (Visconti & De Paz, 2017). Palma, et al. (2015), mencionan que la materia orgánica se reduce en cuanto aumenta la profundidad, como se puede observar en las distintas profundidades de todos los agroecosistemas estudiados (Figura 6).

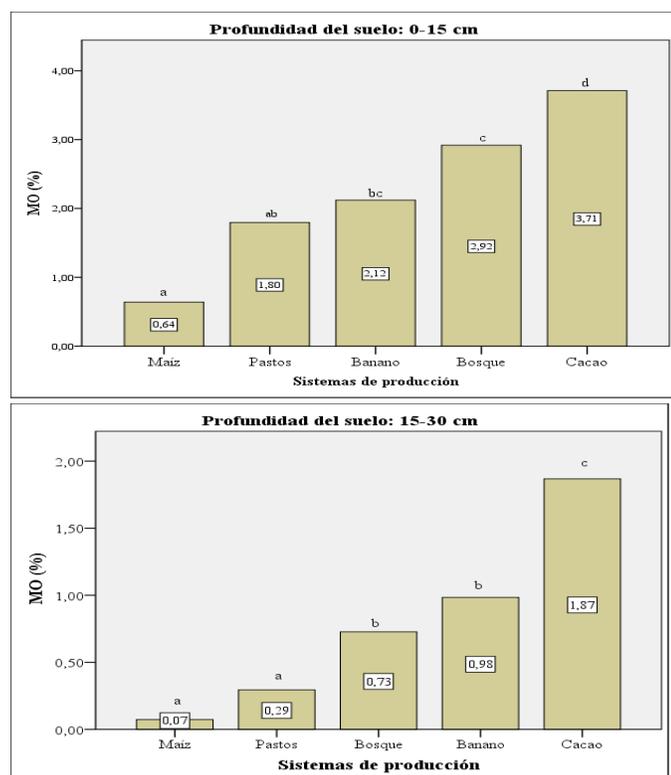


Figura 6. Efecto del manejo agrícola en el porcentaje de MO a 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente con un p-valor<0.05 (Duncan).

### Capacidad de intercambio catiónico

La CIC del suelo muestra diferencias estadísticas altamente significativas entre los diferentes sistemas de producción a las profundidades del suelo de 0-15 cm (p-valor=0,000) y 15-30 cm (p-valor=0,000).

La CIC a 0-15 cm de profundidad del suelo, evidencia que en el área de ciclo corto (13,28 cmol/kg), se alcanzan los valores más bajos, inclusive por debajo de 20 (indica baja fertilidad del suelo), diferente estadísticamente al resto de los sistemas productivos que alcanzan valores por encima de 20 cmol/kg, lo cual indica que un manejo del suelo de forma continuada e intensiva provoca una disminución del secuestro de carbono, acompañado de una poca incorporación de residuos orgánicos y una baja fertilidad en el área. La materia orgánica contribuye a un incremento de las cargas negativas y promueve el aumento de la CIC, y por tanto, se incrementa la capacidad de retener cationes (Figura 7).

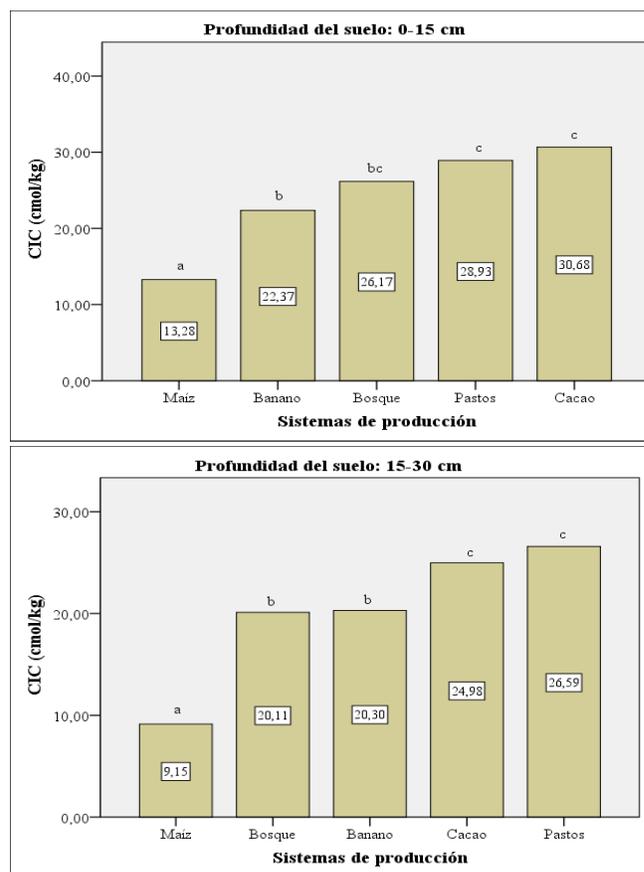


Figura 7. Efecto del manejo agrícola en la CIC a 15-30 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente con un p-valor<0.05 (Duncan).

## Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo muestra diferencias estadísticas altamente significativas entre los diferentes sistemas de producción en las profundidades del suelo de 0-15 (p-valor=0,000) y 15-30 cm (p-valor=0,000), lo que indica la utilización de un cultivo y manejo diferente influye en el contenido de sales en el suelo.

La conductividad eléctrica del suelo mostró los mayores valores en las dos profundidades estudiadas (6.15 ds/m en 0-15 cm y 7.04 ds/m en 15-30 cm de profundidad), diferentes estadísticamente al resto de sistemas de producción, en los cuales se obtuvieron valores iguales o inferiores de 2.04 ds/m). La presencia de sales en el agua de riego es una de las principales causas de salinización de los suelos, razón por la cual la irrigación se debe planificar y realizar enfocada en lograr un óptimo balance de sales en la zona radical (Figura 8). Rojas et al. (2015) definieron que a nivel mundial la degradación de suelos por sales es un problema grave que afecta la producción de los cultivos.

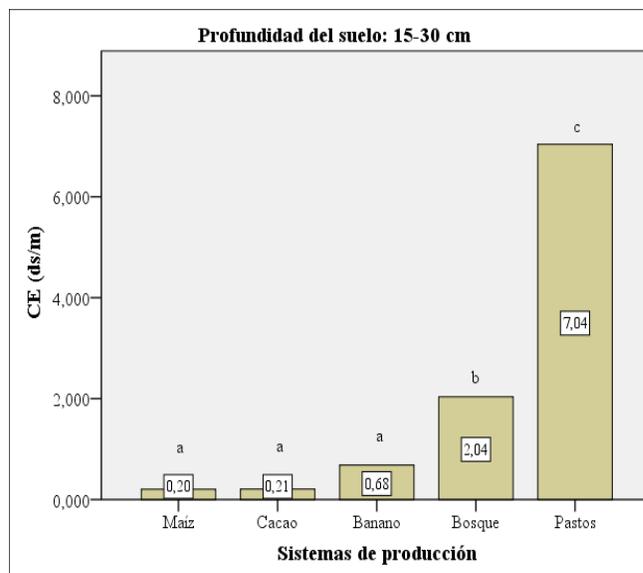
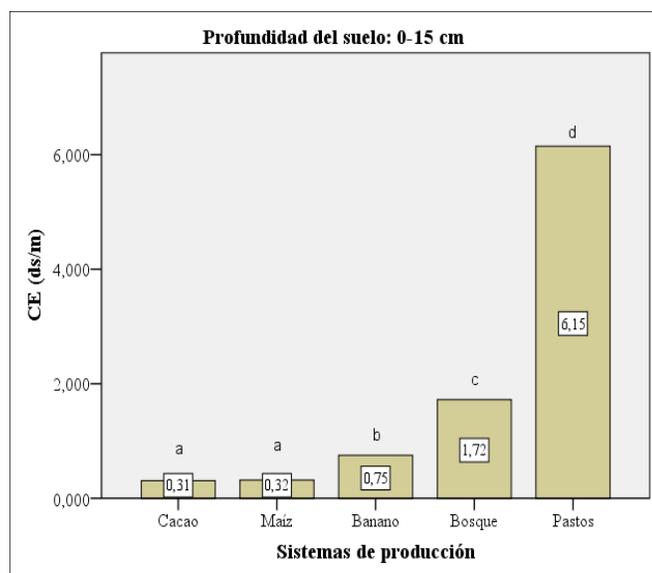


Figura 8. Efecto del manejo agrícola en la conductividad eléctrica a 15-30 cm y 15-30 cm de profundidad del suelo. \*Letras diferentes, para cada profundidad del suelo, difieren estadísticamente con un p-valor<0.05 (Duncan).

## CONCLUSIONES

En el estudio se evidencia una influencia del manejo agrícola y del tipo de cultivo utilizado en las propiedades físicas y químicas del suelo.

En la variable densidad real del suelo a 0-15 cm de profundidad, en pastos (1,76 g/ml) se obtuvo el menor valor, igual estadísticamente a bosque, cacao y banano, pero diferente estadísticamente a maíz (2,34 g/m), lo que demuestra que la intensificación de las labores es una condicionante para el incremento de la compactación del suelo.

El pH del suelo a 0-15 cm de profundidad, manifestó en todos los sistemas, valores por encima de 7, aunque en cacao (7,20 g/ml) se obtuvo el menor valor, igual estadísticamente a bosque y banano, pero diferente estadísticamente a pasto (7,81 g/ml) y maíz (7,83 g/ml), lo que puede encontrarse asociado, con la incorporación de residuos orgánicos en el suelo.

El comportamiento de la materia orgánica del suelo mostró que en cacao (3,71%) y bosque (2,91%), se alcanzaron los mayores valores, diferentes estadísticamente a maíz (0,64%) y pastos (1,80), lo que se atribuye a la gran cantidad de hojas, ramas y tallos que se generan que se incorporan al suelo por la actividad de los microorganismos.

La capacidad de intercambio catiónico evidencia que en el cultivo del maíz (13,28 cmol/kg) se alcanzan los valores más bajos, por debajo de 20, diferente estadísticamente

al resto de los sistemas productivos, lo cual indica que un manejo del suelo de forma continuada e intensiva provoca una disminución del secuestro de carbono, acompañado de un poca incorporación de residuos orgánicos y una baja fertilidad en el área.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrego, F. L. (2012). Calidad ambiental de suelos. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico. Universidad Nacional Nordeste de Buenos Aires.
- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. (2019). Interpretación de resultados de Laboratorio para la región costa. Laboratorio de suelos y aguas. AGROCALIDAD.
- Barrezueta, S., Paz, A., & Chabla, J. (2017). Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro-Ecuador. *Cumbres*, 3(1), 17–24.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.
- Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2015). Anuario Meteorológico No 52-2012. INAMHI. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- Ferreras, L., Toresani, S., Faggioli, V., & Galarza, C. (2015). Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana argentina. *Spanish Journal of Soil Science*, 5(3), 220–235.
- Hernández, A., Vera, L., Naveda, C. A., Guzmán, Á. M., Vivar, M., Zambrano, T., Mesías, F., Ormanza, K, León, R. V, López, G. A. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50–56.
- López, W., Reynoso, R., López, J., Camas, R., & Tasistro, A. (2018). Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 65–79.
- Obalum, S., Chibuike, G., Peth, S., & Ouyang. (2017). Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4), 1–19.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Crop yield response to water. *FAO irrigation and drainage paper 66*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i2800e.pdf>
- Palacios, O., & Escobar, B. (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(2), 5–16.
- Palma, J., Salgado, S., Zavala, J., & Lagunes, L. (2015). Cambios en las propiedades del suelo con plantaciones de Eucalipto de Tabasco, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(5), 163–172.
- Pulido, M. (2014). Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. Departamento de artes y ciencias del territorio. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura.
- Ramírez, J. F, Fernández, Y., González, P. J, Salazar, X., Iglesias, J. M, & Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus* Seed. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 393–402.
- Toledo, D. M., Galantini, J. A., Ferreccio, E., Arzuaga, S., Gimenez, L., & Vázquez, S. (2013). Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Ciencia Del Suelo*, 31(2), 201–212.
- Valdez Zertuche, V., Badii, M. H., Guillen, A., & Acuña Zepeda, M. S. (2015). Causas e Impactos Socio-Económicos y Ambientales de la Erosión. *International Journal of Good Conscience*. Abril, 10(1), 76–87.
- Vásquez, J., & Macías, M. (2016). Fraccionamiento químico del carbono en suelos con diferentes usos en el departamento de Magdalena, Colombia. *Terra Latinoamericana*, (35), 7–17.
- Visconti, F., & De Paz, J. (2017). Estimación de la capacidad potencial de secuestro y emisión de CO<sub>2</sub> de los suelos agrícolas de la Comunidad Valenciana. *Ecosistemas*, 26(1), 91–100.
- Volverás, B., Amézquita, É., & Campo, J. M. (2016). Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnológica Agropecuaria*, Mosquera (Colombia), 17(3), 361–377.