

## VARIACIONES DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y SU RELACIÓN CON ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

VARIATIONS IN THE CONTENT OF ORGANIC MATTER IN THE SOIL AND ITS RELATIONSHIP WITH SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

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>

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

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M. (2023). Variaciones del contenido de materia orgánica en el suelo y su relación con algunas propiedades Físicas y Químicas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(2), 126-133. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

El contenido de materia orgánica es un indicador clave de calidad del suelo y almacén de carbono orgánico importante en los sistemas agrícolas. El objetivo del trabajo fue determinar las variaciones en el contenido de MO en agroecosistemas bajo cultivos de ciclo corto y semiperennes, y su relación con algunas propiedades físicas y químicas del suelo en la granja Santa Inés, Machala, El Oro, Ecuador. Se seleccionaron agroecosistemas de maíz, banano y cacao, donde se tomaron muestras de suelo de 1 kg a una profundidad de 0-30 cm. En laboratorio de suelos se realizaron determinaciones de materia orgánica, contenido de arcilla, limo y arena, capacidad de intercambio catiónico, pH, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson y regresión lineal por el método de mínimos cuadrados se estableció la correlación de la MOS con algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Se demostró efecto significativo de uso intensivo y continuado del cultivo de maíz en la disminución de los contenidos de MOS en comparación con el banano y cacao. En el cultivo de maíz la MOS presenta correlación significativa positiva fuerte en relación con la CIC, N total, P y K del suelo.

### Palabras clave:

Agroecosistemas, degradación del suelo, Inceptisol, calidad del suelo, nutrientes vegetales.

### ABSTRACT

Organic matter content is a key indicator of soil quality and important organic carbon store in agricultural systems. The objective of the work was to determine the variations in the OM content in agroecosystems under short-cycle and semi-perennial crops, and its relationship with some physical and chemical properties of the soil at the Santa Inés farm, Machala, El Oro, Ecuador. Maize, banana and cocoa agroecosystems were selected, where 1 kg soil samples were taken at a depth of 0-30 cm. In the soil laboratory, determinations of organic matter, clay, silt and sand content, cation exchange capacity, pH, total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium were carried out. Using Pearson's linear correlation coefficient and linear regression by the method of least squares, the correlation of the MOS with some physical and chemical properties of the soil was established. A significant effect of intensive and continuous use of the maize crop was demonstrated in the decrease of the MOS contents in comparison with bananas and cocoa. In the maize crop, the MOS presents a strong positive significant correlation in relation to the CEC, total N, P and K of the soil.

### Keywords:

Agroecosystems, soil degradation, Inceptisol, soil quality, plant nutrients.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural esencial para el desarrollo de la vida y elemento clave del ciclo natural de la materia y la energía. Para cumplir con sus funciones en la agricultura debe disponer de condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas, así como, disponibilidad de nutrientes (Brito et al., 2019). El suelo es aprovechado por el hombre para satisfacer sus necesidades alimenticias y económicas, debiéndose garantizar un comportamiento amigable con el ambiente, sin comprometer su uso y potencial productivo para las futuras generaciones, a partir de los tres ejes de la sostenibilidad, ambiental, social y económico (Orellana & Lalvay, 2018).

La materia orgánica del suelo (MOS) es considerada tradicionalmente uno de los factores fundamentales de la fertilidad de los suelos y disponibilidad de nutrientes, condicionada por la concentración, la fijación y las pérdidas que se producen en el sistema (Aguirre et al., 2022) permite un manejo sostenible del recurso edáfico donde la disponibilidad de los elementos nutrientes está condicionada por la concentración, la fijación y las pérdidas en el sistema. Vacío de conocimiento: En el Municipio de Zona Bananera no se ha identificado la concentración de nutrientes y sus posibles relaciones, lo que es de vital importancia para su manejo eficiente y el sostenimiento de la productividad del territorio. Propósito: Por lo anterior, se planteó como objetivo analizar el pH, la concentración de macro y micro elementos y su relación con contenidos de Carbono oxidable (Cox). Es el reservorio de alrededor del 95% del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre propiedades físicas del suelo, como la estabilidad de la estructura, erodabilidad y densidad aparente; además, constituye un componente principal de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Alvarez et al., 2002).

La dinámica de la MOS es esencial para lograr el conocimiento del flujo del carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo. El contenido de MOS es un indicador clave de la calidad del mismo, tanto en sus funciones agrícolas y ambientales, entre ellas, la captura de carbono y calidad del aire (Matus y Maire, 2000).

La MOS juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos (García, 2008), constituye la base de la agricultura orgánica (Julca-Otiniano et al., 2006) y se le considera como uno de los atributos más importantes de los suelos, ya que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Según Van Gestel et al. (1996) la MOS facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como clorofenoles o cloroanilinas.

En Ecuador, del área nacional utilizada en la agricultura el maíz ocupa el 20,74%, el cacao el 19,45% y el banano el 8,19% (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP), 2016). En el país la producción de cultivos

busca el incremento de la productividad y la obtención de mayores ganancias económicas.

El estudio investigativo se realizó con el objetivo de determinar las variaciones en el contenido de materia orgánica en agroecosistemas bajo cultivos de ciclo corto y semiperennes, y su relación con algunas propiedades físicas y químicas del suelo en la granja Santa Inés, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas de la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en km 5,5; vía Pasaje-Machala, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, coordenadas 3°17'24.53" de latitud sur y 79°54'43.89" de longitud oeste, a una altitud de 5 msnm.

El área de estudio se caracteriza por presentar un suelo perteneciente al orden Inceptisol; que son suelos muy jóvenes en evolución, que predominan en las llanuras aluviales de la provincia de El Oro, originados a partir de fuentes de sedimentos no consolidados procedentes de los ríos (Villaseñor et al., 2015). En Ecuador se encuentran distribuidos en el 41% del área a nivel nacional; generalmente son 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). El clima de la granja Santa Inés se clasifica como tropical mega térmico seco a semihúmedo, con precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm, distribuidos en los meses de diciembre a mayo fundamentalmente; con temperaturas medias superiores a los 24°C, con una heliofanía promedio anual de 3,4 horas.

Para el desarrollo del estudio se seleccionaron dentro de las áreas productivas de la granja Santa Inés tres agroecosistemas en relación con su uso (maíz, banano y cacao), donde se establecieron de forma aleatoria puntos permanentes de muestreo de 10 m<sup>2</sup>, los cuales fueron georreferenciados y donde se realizaron calicatas de 80 cm de ancho x 80 cm de largo x 80 cm de profundidad y se tomaron muestras de suelo de 1 kg a una profundidad de 0-30 cm.

Las muestras de suelo obtenidas fueron homogeneizadas y colocadas en fundas de nylon con doble identificación; y posteriormente se enviaron al Laboratorio de suelos, foliares y aguas, perteneciente a la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD), Tumbaco, Quito, Ecuador.

Los métodos analíticos utilizados en laboratorio para las determinaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Propiedades físicas, químicas y biológicas evaluadas y métodos de determinación a realizado en el laboratorio

Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	Unidad de medida	Método de análisis utilizado
Contenidos de arcilla, limo y arena	%	Bouyoucus
pH del suelo	--	Potenciómetro
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	Cálculo
Nitrógeno total	%	Volumétrico
Fósforo (P) asimilable	mg/kg de suelo	Colorimétrico
Potasio (K) intercambiable	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Calcio (Ca) intercambiable	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Magnesio (Mg) intercambiable	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Materia orgánica del suelo	%	Volumétrico

Fuente: AGROCALIDAD (2022).

Los resultados obtenidos en relación con N total, P, K, Ca, Mg y MOS fueron interpretados según lo expresado en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Interpretación de los resultados del Laboratorio para la región costa de Ecuador, para N total, P, K, Ca, Mg y MOS

Categorías	Químicas					Biológica
	N total (%)	P (mg/kg de suelo)	K (cmol/kg de suelo)	Ca (cmol/kg de suelo)	Mg (cmol/kg de suelo)	MOS (%)
Bajo	0-0,15	0-10,0	<0,2	<5,0	<1,6	<3,1
Medio	0,16-0,30	11,0-20,0	0,20-0,40	5,0-9,0	5,0-9,0	3,1-5,0
Alto	>0,31	>21,0	>0,4	>9,0	>9,0	>5,0

Fuente: AGROCALIDAD (2022)

La interpretación de los resultados obtenidos en relación con el pH del suelo se realizó según la Tabla 3.

**Tabla 3.** Interpretación de los resultados del Laboratorio de AGROCALIDAD para la región costa de Ecuador en relación con el pH del suelo en agua

pH en agua	
Categoría	Valor
Ácido	5,5 o menos
Ligeramente ácido	5,6-6,4
Prácticamente neutro	6,5-7,5
Ligeramente alcalino	7,6-8,0
Alcalino	8,1 o más

Fuente: AGROCALIDAD (2022)

#### Procedimiento estadístico

Para determinar si existen o no diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción de maíz, cacao y banano, en relación con el contenido de materia orgánica del suelo se utilizó la prueba paramétrica de Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor intergrupos, previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos (test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene).

El contraste de hipótesis para conocer si se presenta relación probabilística significativa entre la MOS y el contenido de arcilla, contenido de limo, contenido de arena,

CIC, pH del suelo, N total, P asimilable, y K, Ca y Mg intercambiables se realizó mediante la Correlación de Pearson. El coeficiente  $r$  de Pearson se utilizó para conocer la dirección de la relación lineal y la fuerza de la correlación entre la MOS y cada una de las propiedades físicas y químicas estudiadas. Según las sugerencias de Cohen, la interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson para los rangos de valores entre 0,00-0,10 (correlación nula), 0,11-0,30 (correlación débil), 0,31-0,50 (correlación moderada) y 0,51-1,00 (correlación fuerte) (Hernández et al., 2018). Se construyeron gráficos de dispersión por el método de mínimos cuadrados para conocer la ecuación lineal que mejor ajusta al modelo de regresión de los datos obtenidos (Fiallos, 2021).

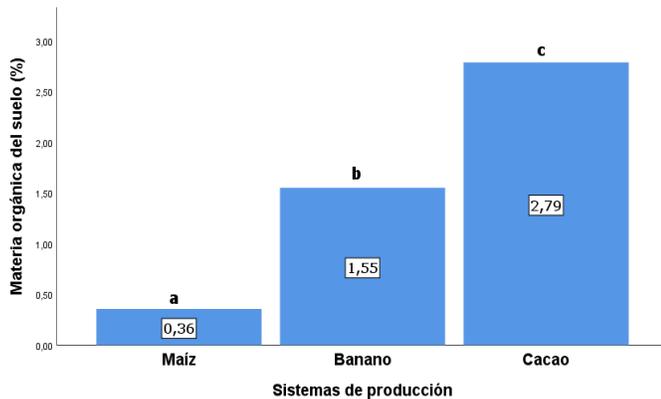
El procesamiento estadístico de datos correspondiente a las variables de estudio se realizó con el software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows con una confiabilidad en la estimación del 95% ( $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Materia orgánica del suelo

Los resultados obtenidos en relación con la materia orgánica del suelo muestran que se presentan diferencias altamente significativas entre los agroecosistemas de maíz, banano y cacao, evidenciándose las variaciones de los contenidos de MO (%) a una profundidad en el perfil de 0-30 cm. El mayor valor se obtuvo en el área de cacao (2,79%) superior a lo alcanzado en banano (1,55%) y

maíz (0,36%); lo que demuestra, que en el agroecosistema dedicado a la producción de cacao se generan residuos orgánicos que contribuyen al incremento del carbono orgánico y actividad de microorganismos en el suelo. El valor muy bajo obtenido en el agroecosistema maíz es un indicador del uso intensivo y continuado que se desarrolla en el área dedicada a la producción del cereal, donde no se aplican prácticas de manejo amigables con el ambiente (Figura 1).



**Figura 1.** Efecto del manejo agrícola (maíz, banano y cacao) en las variaciones de la materia orgánica del suelo (%) a una profundidad en el perfil de 0-30 cm.

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre sistemas de producción para un p-valor  $\leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Estudios realizados en México por Alejo-Santiago et al. (2012) muestran que las propiedades del suelo bajo cultivo sufren cambios adversos por efecto de la labranza en el horizonte superior (0-20 cm) evidenciado por la disminución de la MOS, que es consecuencia del frecuente laboreo del suelo, ya que estas actividades favorecen la ventilación y exposición de la MOS al ataque de los microorganismos, que implica un descenso en el contenido nutrimental y pérdida de estructura del suelo. Estos resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación, donde el agroecosistema bajo cultivo de maíz presentó el menor contenido de MOS, mientras en banano y cacao fue superior, en estos dos últimos agroecosistemas, el suelo permanece bajo cultivo un período de tiempo largo, más de 30 años, sin la aplicación de ningún tipo de labranza.

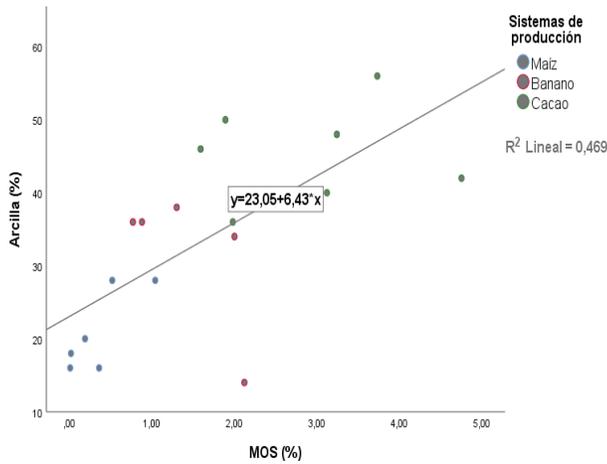
En la Tabla 4 se presenta la matriz de correlación de la MOS con algunas propiedades físicas y químicas del suelo; donde se evidencia la presencia de correlación lineal significativa entre la MOS y la CIC en maíz y banano, entre MOS y N total y P en los tres agroecosistemas objeto de estudio, sin embargo, para MOS y K se presenta en banano y cacao.

**Tabla 4.** Matriz de correlación de la materia orgánica del suelo con algunas propiedades físicas y químicas del suelo

Propiedades		Correlación	Maíz	Banano	Cacao
MOS (%)	Arcilla (%)	r de Pearson	0,808	-0,415	0,215
		p-valor	0,052	0,413	0,609
	Limo (%)	r de Pearson	0,244	0,425	-0,100
		p-valor	0,641	0,401	0,814
	Arena (%)	r de Pearson	-0,662	-0,371	-0,301
		p-valor	0,152	0,469	0,469
	CIC (cmol/kg)	r de Pearson	0,878*	0,878*	0,668
		p-valor	0,021	0,021	0,070
	pH en agua	r de Pearson	-0,768	0,635	-0,747*
		p-valor	0,075	0,176	0,033
	N total (%)	r de Pearson	0,994**	0,998**	0,999**
		p-valor	0,000	0,000	0,000
	P (mg/kg de suelo)	r de Pearson	-0,945**	0,964**	0,968**
		p-valor	0,005	0,002	0,000
	K (cmol/kg de suelo)	r de Pearson	0,738	0,857*	0,951**
		p-valor	0,094	0,029	0,000
	Ca (cmol/kg de suelo)	r de Pearson	0,465	-0,431	0,082
		p-valor	0,352	0,393	0,847
Mg (cmol/kg de suelo)	r de Pearson	-0,032	0,930**	0,415	
	p-valor	0,952	0,007	0,307	

### La MOS y el contenido de arcilla

El contenido de arcilla y la MOS muestran una correlación positiva; ya que a medida que aumenta el contenido de arcilla en el suelo, se observa un incremento de la MOS, independientemente del cultivo se trate, en este caso el contenido de arcilla presenta un valor inferior en el cultivo de maíz, y más alto en el suelo de los agroecosistemas de banano y cacao, lo cual guarda relación con la alta frecuencia de labranza en el maíz y prácticamente nula labranza en los dos agroecosistemas restantes (Figura 2).

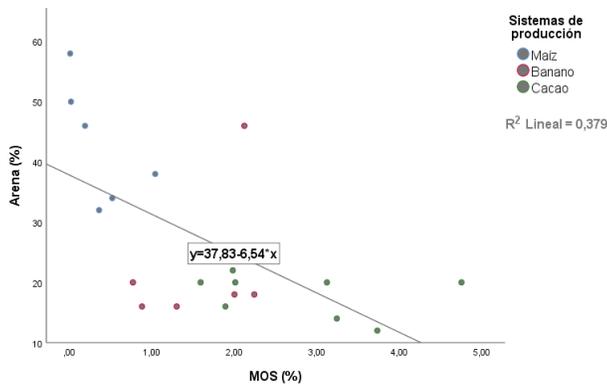


**Figura 2.** Dispersión agrupada de Arcilla (%) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

Las propiedades físicas del suelo se deterioran en áreas cultivadas debido a la pérdida de partículas menores de 2 mm, mientras la lámina infiltrada y velocidad de infiltración disminuyeron aproximadamente un 50% (Alejo-Santiago et al., 2012).

### La MOS y el contenido de arena

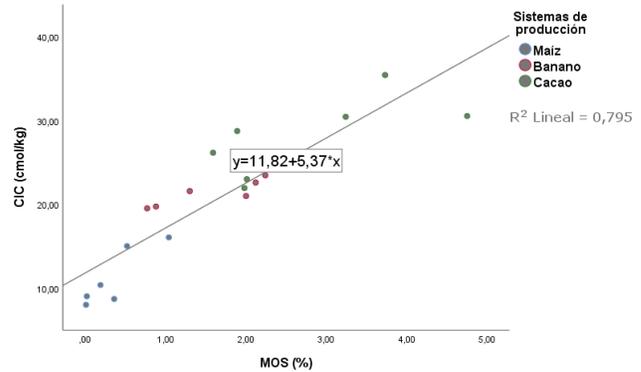
La relación del contenido de MOS con el de arena es inversa a la producida en arcilla. Según se incrementa el porcentaje de arena el contenido de MOS es inferior, siendo más elevado el contenido de arena en el agroecosistema de maíz y menos pronunciado en banano y cacao (Figura 3).



**Figura 3.** Dispersión agrupada de Arena (%) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

### La MOS y la CIC

La CIC, independientemente del sistema de producción, presenta alta correlación con la cantidad de MOS, ya que según aumenta el contenido de MOS la CIC aumenta, lo que favorece la fertilidad del suelo, debido al incremento de cationes que pueden ser intercambiados en la solución del suelo y su disponibles para las plantas (Figura 4).

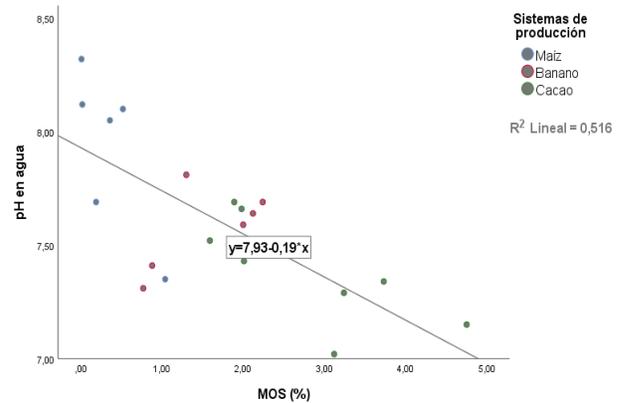


**Figura 4.** Dispersión agrupada de CIC (cmol/kg) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

La degradación del suelo no sólo disminuye los rendimientos de los cultivos, sino que también reduce el almacenamiento de carbono en los ecosistemas agrícolas y la biodiversidad (Castro et al., 2022).

### La MOS y el pH

El pH no guarda una relación positiva con el contenido de MOS, como se puede apreciar en la Figura 5, a medida que el valor del pH del suelo aumenta, el porcentaje de MOS disminuye.

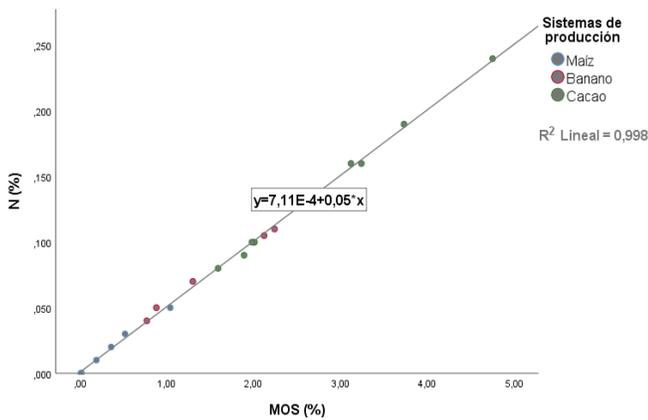


**Figura 5.** Dispersión agrupada de pH en agua por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

### La MOS y el N

En la Figura 6 se aprecia una correlación muy alta entre el contenido de MOS y el N total. La MOS es la principal fuente de aporte de nitrógeno al suelo, siendo en este caso, los agroecosistemas de banano y cacao los que presentan el mayor contenido de N, mientras el suelo del sistema de producción de maíz muestra un contenido de

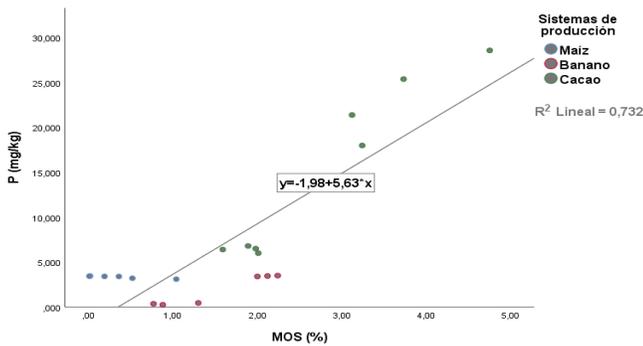
N total inferior, lo cual puede estar influenciado por la frecuencia de labranza que se aplica en el cultivo de maíz, al tratarse de un cultivo de ciclo corto.



**Figura 6.** Dispersión agrupada de N (%) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

### La MOS y el P

La MOS y el contenido de fósforo muestran una relación positiva fuerte, donde se observa que en el cultivo de maíz se alcanzan los valores más bajos de MOS y P, lo cual se encuentra asociado al manejo convencional que se realiza en este cultivo, seguido del banano y el cacao, donde se obtienen valores más altos (Figura 7).



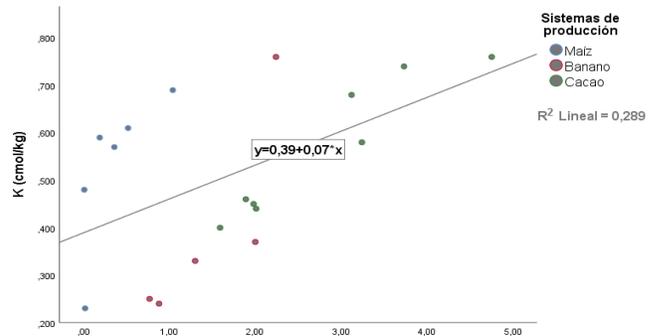
**Figura 7.** Dispersión agrupada de P (mg/kg) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

Bravo et al., (2013) was evaluated by isotherms from the Langmuir equation using linearized by Scatchard and using the method proposed by Fox and Kamprath. A completely randomized design with sixty treatments, generated from five concentrations of P for six times of incubation, in soil samples with and without organic matter was used. The analysis of variance no show differences in adsorption of P as a function of time of incubation, indicating that the adsorption occurs from time zero. P retention was adjusted according to the Scatchard isotherm with values  $L = 0.16 \times 10^6$  (soil with organic matter, en una investigación desarrollada en un suelo Typic Melanudands del departamento del Cauca, Colombia ocupado con el cultivo de café, obtuvieron alta retención de fósforo en la fracción mineral de alófanos y la MOS presenta alto número de sitios de adsorción de P, aunque con baja afinidad, lo

cual contribuye al incremento en la disponibilidad de P; conformándose lo alcanzado en el presente estudio.

### La MOS y el K

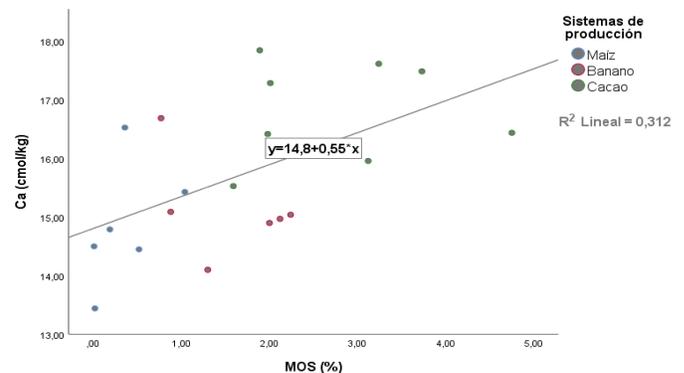
La MOS y el contenido de potasio intercambiable muestran una relación positiva débil, lo que se encuentra asociado al bajo aporte que realiza la MOS de este nutrimento. En el cultivo de banano se observan valores bajos de K, lo que se relaciona con el alto consumo que realiza la planta, y en el cultivo de maíz los valores de este elemento son más bajos, debido precisamente al exceso de labranza (Figura 8).



**Figura 8.** Dispersión agrupada de K (cmol/kg) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

### La MOS y el Ca

Con relación al calcio ocurre algo similar al potasio, es decir, se presenta una correlación débil entre este elemento y la MOS, siendo los valores de Ca bajos en el cultivo de maíz y banano, en el primer caso se explica por el exceso de la branza y en el segundo por la extracción que realiza el banano en una plantación de más de 30 años sin recibir ninguna aportación de calcio. (Figura 9).

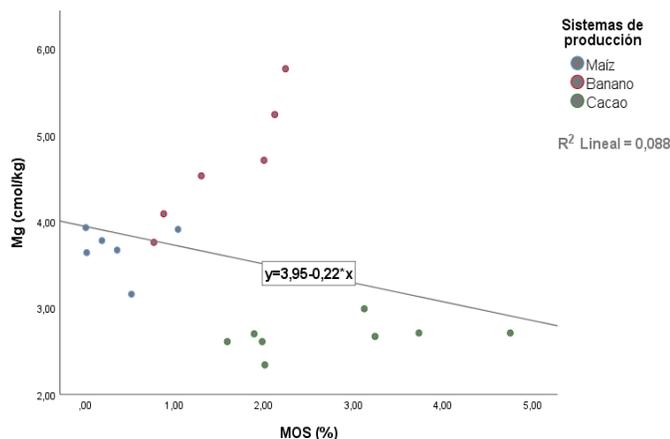


**Figura 9.** Dispersión agrupada de Ca (cmol/kg) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

### La MOS y el Mg

En relación al magnesio no existe correlación con el contenido de MOS, como se puede apreciar en la Figura 10, los valores se encuentran muy dispersos, contenido de MOS bajos como en el caso del agroecosistema de maíz

presenta bajo porcentaje de MO y valores más altos que el agroecosistema de cacao que muestra mayor contenido de MO, mientras el banano manifiesta altos valores de MOS y altos de Mg).



**Figura 10.** Dispersión agrupada de Ma (cmol/kg) por MOS (%) en cada sistema de producción a una profundidad en el perfil de 0-30 cm

El contenido de MOS es un elemento clave en los sistemas de producción agrícola, se relaciona de forma positiva con las principales propiedades físicas y químicas encargadas de garantizar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, lo cual coincide por los reportado por Romig et al. (2013) quienes indican que la calidad del suelo se encuentra constituida por el contenido de MO, así como, la actividad y diversidad de microorganismos en un espacio y tiempo determinado.

La degradación del suelo constituye un problema grave que enfrentan en la actualidad en los sistemas de producción agrícola que se utilizan de forma continuada, confirmando lo señalado por Bautista et al., (2004) quienes aseguran que la degradación del recurso natural es una amenaza para el futuro de la humanidad, por ello, se espera (Awoonor et al., 2021) que los pequeños agricultores (constituyen la gran mayoría) respeten al ambiente y se adapten a las condiciones climáticas extremas que imperan en la actualidad a nivel mundial.

## CONCLUSIONES

El manejo intensivo y continuado del sistema de producción dedicado a maíz influye en la disminución del contenido de MOS en los primeros 30 cm de profundidad del perfil, con valores menores que en banano y cacao. Se demostró una correlación lineal positiva fuerte entre la MOS y el contenido de N total en los agroecosistemas de maíz, banano y cacao a los 30 cm de profundidad. La MOS y la CIC mostraron una correlación positiva fuerte en los cultivos de maíz y banano, no así, en el cacao. El contenido de fósforo mostró una relación positiva fuerte con la MOS en banano y cacao, sin embargo, en el cultivo de maíz, la correlación fue lineal negativa fuerte. El contenido de potasio intercambiable relacionado con la MOS mostró una correlación lineal positiva fuerte en banano y cacao;

y positiva débil en maíz. Los valores de MOS no presentaron correlación significativa con el contenido de calcio y magnesio intercambiables en los cultivos de maíz, banano y cacao, excepto, la MOS y el Mg en banano que presentaron una correlación positiva fuerte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCALIDAD. (2022). Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario. Ecuador. <https://www.gob.ec/arcfz>
- Aguirre Forero, S. E., Piraneque Gambasica, N. V., & Cruz O'Byrne, R. K. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93–112. <https://doi.org/10.22490/21456453.5186>
- Alejo-Santiago, G; Salazar-Jara, F. I; García-Paredes, J. D; Arrieta-Ramos, B. G; Jiménez-Meza, V. M; Sánchez-Monteón, A. L. (2012). Degradación físico-química de suelos agrícolas en San Pedro Lagunillas, Nayarit. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 323–328. <https://docplayer.es/33113998-Degradacion-fisico-quimica-de-suelos-agricolas-en-san-pedro-lagunillas-nayarit.html>
- Alvarez, R., Alvarez, C. R., Steinbach, H., Salas, J. D., & Grigera, S. (2002). Materia orgánica y fertilidad de los suelos en la Pampa Ondulada. *Informaciones Agronómicas (INPOFOS)*, 14(1417), 11–14. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/0FC500FDFAD-0D85A8525799C0058CD95/\\$FILE/Artículo Materia orgánica AND Figuras artículo Materia orgánica.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/0FC500FDFAD-0D85A8525799C0058CD95/$FILE/Artículo Materia orgánica AND Figuras artículo Materia orgánica.pdf)
- Awoonor, J. K., Yeboah, E., Dogbey, B. F., & Adiyah, F. (2021). Sustainability Assessment of Smallholder Farms in the Savannah Transition Agro-Ecological Zone of Ghana. *Agricultural Sciences*, 12(11), 1185–1214. <https://doi.org/10.4236/as.2021.1211076>
- Bautista, A; Etchevers, J; del Castillo, R. F; Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 13(2), 90–97.
- Bravo, I., Montoya, J. C., & Menjivar, J. C. (2013). Retención y disponibilidad de fósforo asociado a la materia orgánica en un típico melanudands del departamento del cauca, Colombia. *Acta Agronomica*, 62(3), 261–267. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n3/v62n3a09.pdf>
- Brito, M. Y; Carrera, L; Santillán, L. M. (2019). Influencia de la Fertilización en la Calidad del Suelo de Cultivo de Maíz - Caso Loreto. *European Scientific Journal ESJ*, 15(9), 51–61. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p51>

- Castro, A.; Delgado, D. M.; González, R. (2022). La degradación del suelo, impactos y contexto normativo. In Gestión sostenible del recurso suelo, desde los modelos de seguimiento y recuperación en las Fuerzas Militares (p. 13). <https://librosesmic.com/index.php/editorial/catalog/download/92/88/2299?inline=1>
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491–2509. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.466](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.466)
- García, A. (2008). La materia orgánica (MOS) y su papel en lucha contra la degradación del suelo. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38578408/9.-Dr.-Alvaro-Garcia.-MOS\\_Degradacion\\_Suelo-libre.pdf?1440602385=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMOS\\_Degradacion\\_Suelo.pdf&Expires=1688431608&Signature=BEIJTFtZqFrTrXIMPskLZ2vsRhgC1QdqlHg7N](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38578408/9.-Dr.-Alvaro-Garcia.-MOS_Degradacion_Suelo-libre.pdf?1440602385=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMOS_Degradacion_Suelo.pdf&Expires=1688431608&Signature=BEIJTFtZqFrTrXIMPskLZ2vsRhgC1QdqlHg7N)
- Hernández, Diego, J., Castro, E., Johel, E., Rangel, C., Sierra, T., Andrés, C., Torrado, A., Karina, M., Sierra, C., Milena, S., Diego, J., Lalinde, H., & Castro, F. E. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *AVFT Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. <http://www.revistaavft.com/>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- MAGAP. (2015). Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- MAGAP. (2016). MAGAP presenta su rendición de cuentas 2016. <https://www.agricultura.gob.ec/rendicion-de-cuentas-2016/>
- Matus, F. J.; Maire, C. R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Revista Agrícola Técnica*, 60(2), 1–13. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072000000200003&script=sci\\_arttext&lng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072000000200003&script=sci_arttext&lng=en)
- Orellana, J., & Lalvay, T. (2018). Uso e importancia de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico. Caso Cantón Chilla, El Oro, Ecuador. *Tatiana Lalvay Portilla*, 14(1), 65–79. <https://www.scielo.cl/pdf/riat/v14n1/0718-235X-riat-14-01-00065.pdf>
- Romig, D. E., Garlynd, M. J., Harris, R. F., & McSweeney, K. (1995). How farmers assess soil health and quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50(3), 229-236.
- Van Gestel, C. A. M., Adema, D. M. M., & Dirven-Van Breenen, E. M. (1996). Phytotoxicity of some chloroanilines and chlorophenols, in relation to bioavailability in soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 88(1–2), 119–132. <https://doi.org/10.1007/bf00157417>
- 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. *Ordenamiento Territorial, Urbanismo y Sostenibilidad*, 1, 28–34. <http://investigacion.utmachala.edu.ec/cumbres/index.php/Cumbres/article/view/15>