

Relación del contenido de materia orgánica con el pH de los análisis de suelo en cinco provincias de Huánuco

Relationship of the content of organic matter with the pH of soil analysis in five provinces of Huánuco

Eugenio Pérez Trujillo^{1*}, Ana Mercedes Asado Hurtado¹, Liliana Vega-Jara¹

Facultad de Ciencias Agrarias -¹Universidad Nacional Hermilio Valdizán

Correo electrónico: *eperez@unheval.edu.pe

RESUMEN

Los objetivos fueron (a) Evaluar el efecto de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, saturación de Ca^{+2} sobre la acidez cambiante en suelos de la región Huánuco, (b) Determinar el efecto de la CIC y arcilla sobre la materia orgánica (MO) total y, (c) Medir el efecto de la MO total pH sobre la acidez cambiante y pH. Se estudiaron 130 suelos agrícolas de cinco provincias de la región Huánuco: Huánuco, Pachitea, Ambo, Yarowilca y Huamalés. Los datos se colectaron de los trabajos de investigación realizados en la región desde el año 2019 hasta 2021. Los resultados indicaron que, al presentar, los suelos, mayor CIC tuvieron mayor capacidad para retener H^+ y Al^{+3} . La acidez activa predomina sobre la acidez cambiante en suelos ácidos de la región. Los suelos con bajos contenidos de arcilla ubicados en sitios con bajas temperaturas presentaron altos contenidos de MO total, sólo en algunas zonas con mayor temperatura de Huánuco se vio una ligera relación positiva entre la MO total y el porcentaje de arcillas. No se vio relación entre la MO total y pH, y se vio baja relación entre la acidez cambiante y la MO total atribuible a que la acidez de los suelos de la región se debe a los ácidos que emite la MO total, mas no se debe a la presencia de H^+ y Al^{+3} en forma cambiante.

palabras clave: suelos agrícolas de huánuco, acidez cambiante, textura, saturación de Ca^{+2} .

ABSTRACT

The goals were (a) To evaluate the effect of the cation exchange capacity (CEC), pH, Ca^{+2} saturation on the exchangeable acidity in soils of the Huánuco region, (b) To determine the effect of the CEC and clay on the total organic matter (OM) and, (c) Measure the effect of total OM pH on changeable acidity and pH. 130 agricultural soils from five provinces of the Huánuco region were studied: Huánuco, Pachitea, Ambo, Yarowilca and Huamalés. The data was collected from the research work carried out in the region from 2019 to 2021. The results indicated that, when presenting, the soils with a higher CIC had a greater capacity to retain H^+ and Al^{+3} . Active acidity predominates over changeable acidity in acid soils in the region. Soils with low clay content located in sites with low temperatures presented high contents of total OM, only in some areas with higher temperatures in Huánuco was there a slight positive relationship between total OM and the percentage of clays. No relationship was seen between the total OM and pH, and a low relationship was seen between the changeable acidity and the total OM attributable to the fact that the acidity of the soils in the region is due to the acids emitted by the total OM, but not due to in the presence of H^+ and Al^{+3} in exchangeable form.

Key word: Agricultural soils of Huanuco, changeable acidity, texture, Ca^{+2} saturation

ISSN N° 2708-9843

Recibido: 25 de julio de 2022

Aceptado para su publicación: 13 de agosto de 2022

INTRODUCCIÓN

La MO de los suelos contribuye, en gran medida, con la sostenibilidad de los sistemas productivos. Los niveles más altos de MO total ocurren en sistemas donde se hizo rotación con pastos y/o se dejaron rastrojos en el suelo después de las cosechas. Además, el clima, el tipo de suelo (textura), el manejo (labranza, tipos de rotación, regímenes de fertilización) afectan a los contenidos de MO en los suelos (Sainz Rosas *et al.*, 2018). El nivel de MO más deteriorados se observa en situaciones donde hubo intensificación de la agricultura, con falta de rotaciones con pasturas. En algunos casos, los niveles de MO dependen del tipo de suelo y textura (Lavado, 2006). La MO también puede variar en función del pH del suelo. Algunos autores encontraron altos contenidos de MO total en suelos con pH ácido (Cruz-Macías *et al.*, 2020).

El pH del suelo es relevante porque controla la movilidad de los iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad de los

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el año 2021 en 130 sitios ubicados en cinco provincias de la región Huánuco: Huánuco, Yarowilca, Ambo, Dos de mayo, Pachitea y Huamalíes (**Figura 1**). La selección de los sitios fue en función al uso agrícola de los suelos ubicados en microclimas fríos y relativamente cálidos. La región Huánuco se destaca por su actividad agrícola y ganadera, destacando los cultivos de papa y maíz amiláceo, habas grano seco, quinua, trigo y en la región selva el frijol grano seco, cacao, café, plátano y frutas.

microorganismos y la disponibilidad de los nutrientes (Sainz Rosas *et al.*, 2018). La frecuente aplicación de fertilizantes también ayuda a incrementar la acidez cambiante del suelo (Liebig *et al.*, 2002) dependiendo de su capacidad tampón. En suelos de Pachitea se ha demostrado caídas en los valores de pH en suelos agrícolas con monocultivo de papa y fertilizaciones amoniacales sin tomar ningún criterio técnico para el cálculo de las dosis adecuadas (Vega-Jara *et al.*, 2019).

Si bien, la MO, el pH, CIC, textura del suelo son indicadores claves de la capacidad productiva del mismo, no existe información actualizada del estado de estas características en suelos de la región Huánuco. Por lo que se hace necesaria esta información a fin de evaluar el estado de deterioro o mantenimiento de los suelos de esta parte de la región. Los objetivos fueron (a) Evaluar el efecto del CIC, pH, saturación de Ca^{+2} sobre la acidez cambiante en suelos de la región Huánuco, (b) determinar el efecto de la CIC y arcilla sobre la MO total y, (c) medir el efecto de la acidez cambiante sobre la MO total.

Los datos se obtuvieron de los trabajos de investigación desarrollados durante los años 2019 hasta 2021. Se realizaron análisis de regresión lineales y no lineales ($p \leq 0,05$) para evaluar el efecto de la CIC, pH, saturación de Ca^{+2} sobre la acidez cambiante en suelos. Se evaluaron también los efectos del CIC y, arcilla sobre la materia orgánica total del suelo y, finalmente el efecto de la acidez cambiante sobre la MO total. Los análisis estadísticos se realizaron con INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2018).



Figura 1: Localización de los sitios de muestreo en las provincias de la región Huánuco, Perú.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Acidez cambiante: su relación con el CIC, pH y saturación de Ca^{+2}

Los resultados mostraron una relación positiva entre la acidez cambiante y la Capacidad de intercambio catiónico (**Figura 2a**). Si bien, esta relación fue algo baja (21%) debido a la gran cantidad de datos obtenidos en suelos agrícolas de la región ($n=130$), al aumentar la CIC los suelos tendrían mayor capacidad para retener Al^{+3} e H^{+1} . Yong *et al.* (1990) informaron que la CIC depende del tipo y cantidad de arcilla del suelo. Los resultados de este estudio muestran valores similares de CIC pero con características distintas para adsorber Al^{+3} e H^{+1} , atribuibles al pH, que además depende de los sitios de carga en las arcillas (Pérez *et al.*, 2017). Las arcillas de tipo 2:1 tienen mayores sitios de intercambio que los de tipo 1:1, así la caolinita<illita<esmeclita en cantidad de carga (Yong *et al.*, 1990). Más de la mitad de los suelos estudiados presentaron CIC inferiores a 40%, con lo cual la acidez cambiante estuvo en

el rango de 0 a 8 meq/100g (**Figura 2a**), atribuible al tipo y baja cantidad de sitios de intercambio en las arcillas. Vale resaltar que los valores más altos de saturación de bases se presentaron en los suelos de la provincia de Pachitea (resultados no mostrados), siendo una alerta la acidificación de los suelos con cultivo de papa en dicha provincia, atribuible al uso de fertilizantes amoniacales (Vega-Jara *et al.*, 2019).

La **Figura 2b** muestra que a pH superiores a 5, la acidez cambiante fue cero. Lo cual sugiere la predominancia de la acidez activa frente a la acidez intercambiable en suelos ácidos de la región. La **Figura 2c** sugiere que es posible lograr reducir la toxicidad de la acidez cambiante para equilibrar la nutrición vegetal, a través de la aplicación de cal a los suelos (Cristancho *et al.*, 2011). El Ca puede neutralizar a los iones Al^{+3} e H^{+1} en el agua del suelo al reaccionar la enmienda (Rivera *et al.*, 2016).

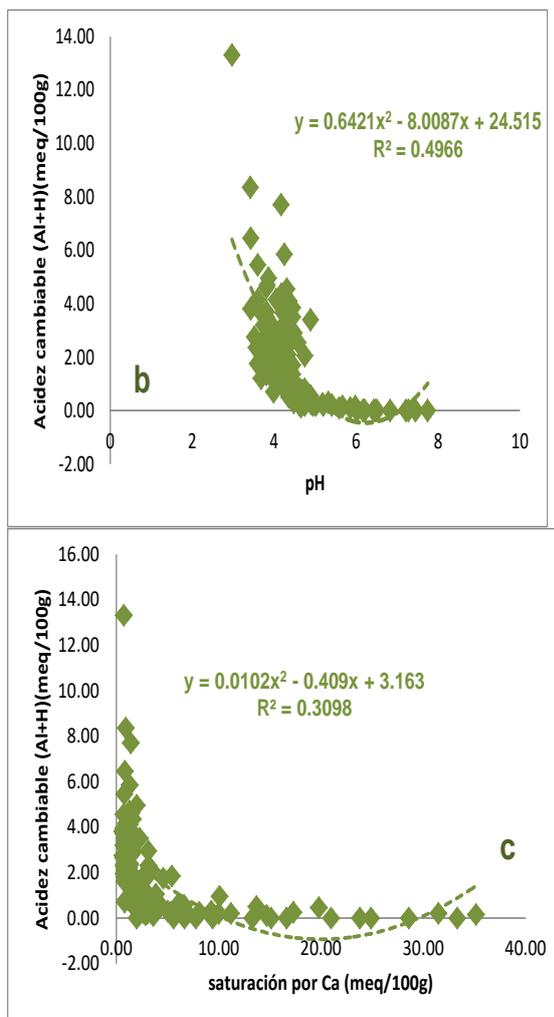
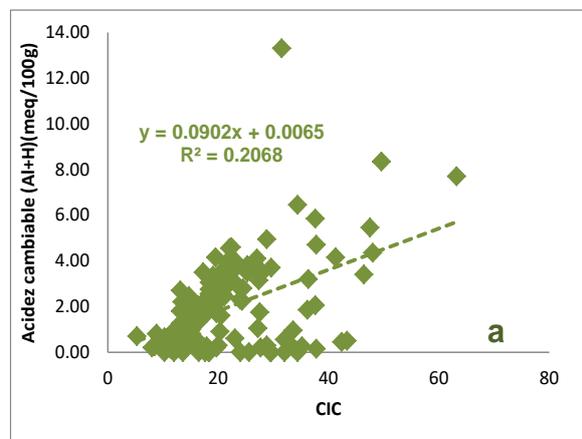


Figura 2: (a) Efecto del CIC (capacidad de intercambio catiónico), (b) del pH, (c) de la saturación de Ca^{+2} sobre la acidez cambiante en suelos de la región Huánuco.



2. Efecto del CIC y arcilla sobre la MO total

La MO total del suelo es mayor mientras mayor CIC tienen los suelos (**Figura 3a**). Sin embargo, existe menos MO total cuando las arcillas son bajas hasta un nivel de ~25%, a partir del cual la MO total aumenta cuando los contenidos de arcilla son mayores (**Figura 3b**). Si bien, los suelos arcillosos retienen más MO en relación a los suelos arenosos (Ladd, 1993) debido a la baja degradación de la MO por los microorganismos al estar protegidos físicamente por las arcillas (Golchin *et al.*, 1994), los altos contenidos de MO total pese a tener bajos porcentajes de arcilla vistos en este estudio podrían atribuirse a los climas fríos en esta parte de la sierra, con lo cual no hubo necesidad de la protección física que cumplen las arcillas para con la MO de los

descomponedores. Suelos de Ambo y Pachitea son los ejemplos más claros, al presentar altos contenidos de MO total en condiciones de bajos % de arcilla (**Figura 3c**). Sin embargo, en algunas zonas más cálidas de la provincia de Huánuco se vio una ligera relación positiva en MO total y % de arcillas (**Figura 3c**), donde se hace necesario el efecto de las arcillas para evitar que los microorganismos degraden la MO total, protegiéndolo físicamente. Otros estudios, sin embargo, han demostrado que la textura del suelo no afecta a la mineralización (Scott *et al.*, 1996; Gregorich *et al.*, 1991). Los resultados de este estudio muestran claramente que los niveles de MO de los suelos además de la textura del suelo también dependen del clima de cada sitio (Vega-Jara *et al.*, 2021).

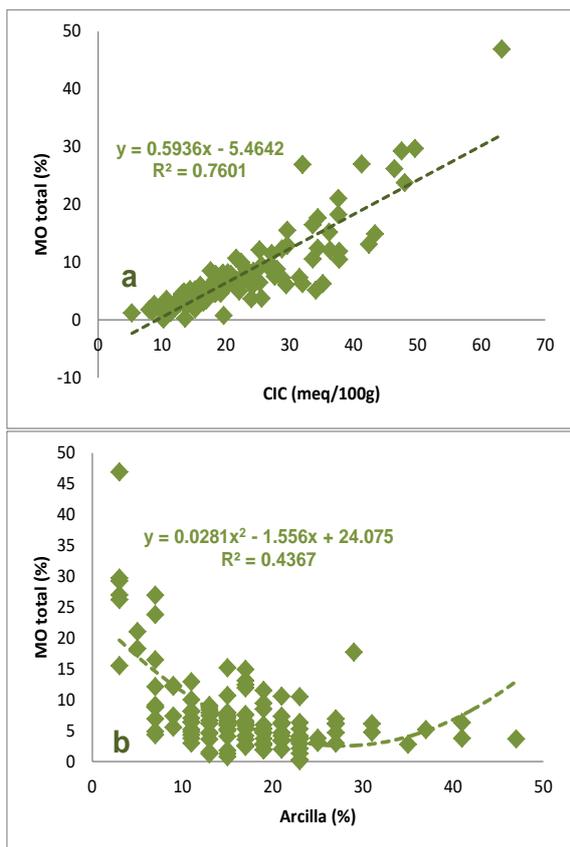
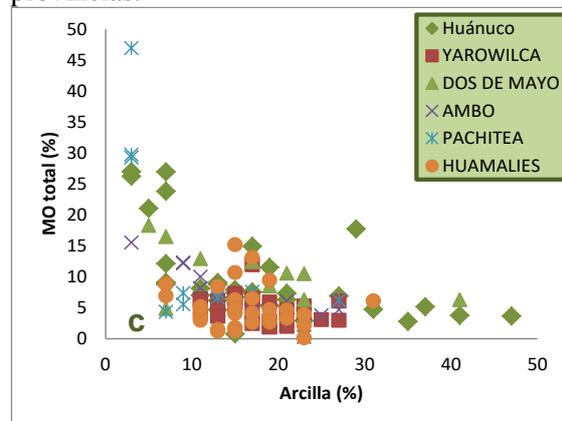


Figura 3: Efecto del CIC (a) y, arcilla (b) sobre la materia orgánica total del suelo. (c) Relación entre MO total y arcilla particionado por provincias.



3. Relación entre la MO total y el pH de los suelos

El pH y la MO total tuvieron baja relación (**Figura 4**, $R^2=0,07$). Estos resultados indican que el pH de los suelos de Huánuco no depende directamente de la MO total, sugiriendo que el pH de los suelos es de carácter genético, es decir la roca madre de los suelos es ácido. Sin

embargo, algunos autores han señalado haber visto mayor MO total a pH bajos (Mora et al., 2016; Cruz-Macías et al., 2020), su diferencia con nuestros resultados son atribuibles al tipo de suelo diferente en estos sitios producto de los distintos factores de formación de los suelos así como su material parental diferente a los de Huánuco.

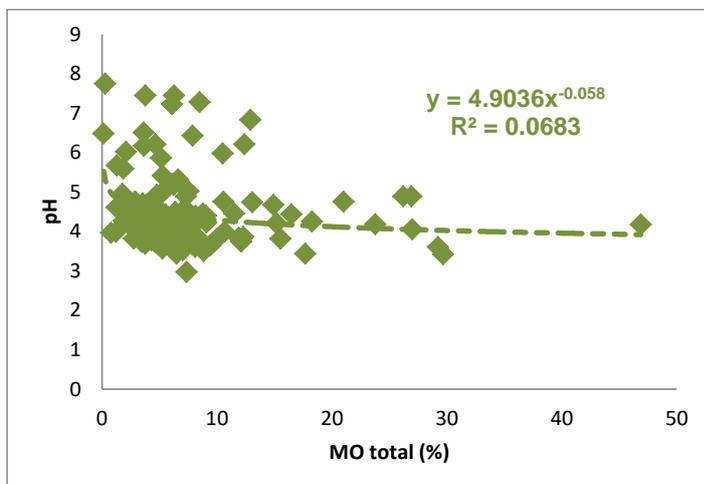


Figura 4: Efecto de la MO total sobre el pH del suelo en la región Huánuco.

Los resultados obtenidos en la **Figura 5** ($p < 0,01$) mostraron que la MO total fue mayor cuando la acidez cambiante en el suelo fue más alta. La literatura menciona que el pH es más ácido en suelos con MO alta, aunque este comportamiento también es dependiente del origen del suelo (Mora *et al.*, 2016). Sin embargo, Villagrán-Manilla *et al.* (2019) indicaron que los ácidos húmicos y fúlvicos tienen alta capacidad para complejar Al^{+3} , debido a la alta cantidad de grupos ácidos que al desprotonarse facilitan la formación de enlaces con el Al^{+3} . Rivera *et al.* (2016) también indicaron que el ácido fúlvico es muy efectivo para reducir la fitotoxicidad del aluminio, por ser capaces de formar complejos con monómeros y polímeros del elemento. Cruz-Macías *et al.* (2020) vieron relación negativa entre el H^+ intercambiable y la materia orgánica. Por su parte, Ortiz *et al.* (2006) no vieron relación alguna entre la acidez total y el contenido de materia orgánica. Vale resaltar que

los suelos agrícolas de Pachitea presentaron valores más altos de acidez cambiante, junto con ello MO total más altos (**Figura 5b**). Lo cual es una alerta para los agricultores productores de papa que vienen usando fertilizantes nitrogenados amoniacales desmedidamente. En este estudio se ve una relación positiva entre la MO total y la acidez cambiante, pero relativamente baja ($R^2 = 0,25$), atribuible a que la acidez de los suelos no depende directamente de la concentración de H^+ y Al^{+3} en el suelo, sino más bien de los ácidos orgánicos liberados de la MO total.

La MO y el pH son indicadores de la fertilidad y salud del suelo, por lo que se hace necesario conocer estas propiedades en los suelos agrícolas. Wander (2004) afirma que los niveles de fertilidad del suelo están relacionados con la materia orgánica y que este a su vez depende del manejo de los suelos.

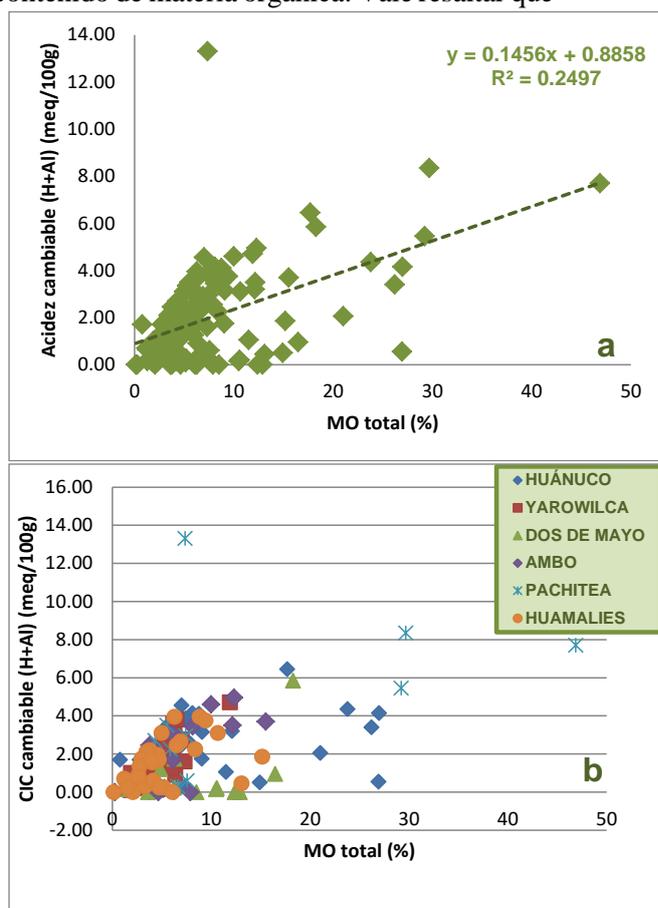


Figura 5: Efecto de la MO total sobre la acidez cambiante (a), la misma relación particionada por provincias de la región Huánuco (b).

La **Figura 6** y **Tabla 1** representa la relación MO total:pH de los suelos de las provincias de

Huánuco. El ANOVA de esta relación indicó un p -valor $< 0,01$, es decir hubo diferencia de la

relación MO total:pH entre los suelos de las provincias de Huánuco. En Pachitea, el promedio de las relaciones MO total:pH fue de 4, indicando que en estos suelos existe mayor MO total, mientras el pH es más bajo, la misma tendencia se ve en suelos de la provincia de

Huánuco. Sin embargo, en los suelos de Yarowilca, Dos de Mayo, Ambo y Huamalíes la relación MO total:pH fueron alrededor de 1, sugiriendo que en estos sitios el pH y la MO total fueron similares.

Tabla 1: Análisis de varianza de la relación MO total:pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO/Ph	130	0.18	0.15	86.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66.59	5	13.32	5.53	0.0001
PROVINCIA	66.59	5	13.32	5.53	0.0001
Error	298.86	124	2.41		
Total	365.45	129			

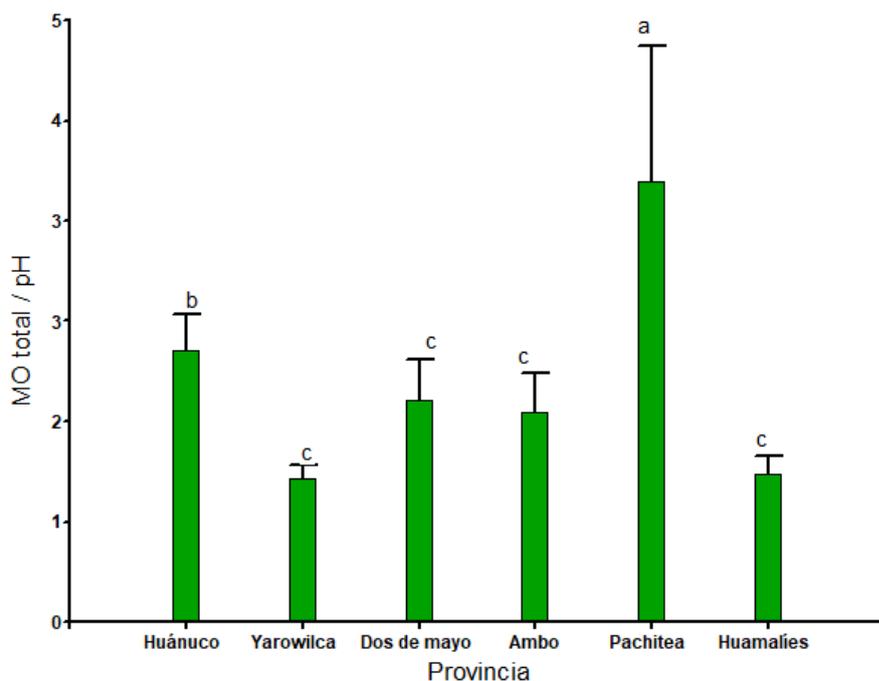


Figura 6: Relación MO total:pH, diferencia entre los suelos de las provincias

CONCLUSIONES

- a. Al aumentar la CIC, los suelos tienen mayor capacidad para retener H⁺ y Al⁺³. La acidez activa predomina sobre la acidez cambiante en suelos ácidos de la región Huánuco sugiriendo la aplicación de Ca⁺² para neutralizar dicha acidez
- b. La MO total aumentó con el CIC de los suelos. Los suelos con bajos contenidos de

- arcilla ubicados en sitios con bajas temperaturas presentaron altos contenidos de MO total. Sólo en algunas zonas con temperaturas más altas de Huánuco se vio una ligera relación positiva entre la MO total y el porcentaje de arcillas.
- c. Suelos con mayor acidez cambiante presentaron altos contenidos de MO total. Suelos agrícolas de Pachitea presentaron mayores valores de acidez cambiante

sugiriendo que es efecto del uso desmedido de fertilizantes amoniacales en esta parte de la región.

d. No se vio relación significativa entre la MO total y el pH, en Pachitea y Huánuco se habría cumplido que hubo altos contenidos de MO total y pH bajos. El pH ácido de los suelos de esta región se podría deber a la presencia de los ácidos orgánicos que emite la MO total, mas no a la presencia de H^+ y Al^{3+} .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cristancho, J. A., M. M. Hanafi, S. R. Syed Omar, and M. Y. Raf ii. (2011). Alleviation of soil acidity improves the performance of oil palm progenies planted on an acid Ultisol. *Acta Agric. Scand.* 61: 487-498. doi: <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.506448>.
- Cruz-Macías, W. O.; Rodríguez-Larramendi, L. A.; Salas-Marina, M. A.; Hernández-García, V.; Campos-Saldaña, R. A.; Chávez-Hernández, M. H. y Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*. 38(3):475-480.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; *et al.* (2018). *InfoStat 2018*. Córdoba Argentina: Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Golchin, A.; Oades, J. M.; Skjemstad, J. O. and Clarke, P. (1994). Soil structure and carbon cycling. *Aust. J. Soil Res.* 32:1043-1068.
- Gregorich, E. G.; Kachanoski, R. G. and Voroney, R. P. (1991). Carbon mineralization in soil size fractions after various amounts of aggregate disruption. *J. Soil Sci.* 40: 649-659.
- Ladd, J. N.; Foster, R. C. and Skjemstad, J. O. (1993). Soil structure: Carbon and nitrogen metabolism. *Geoderma* 56:401-434.
- Lavado, R. (2006). La región pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: *Materia Orgánica “Valor Agronómico y dinámica en suelos pampeanos”* (ed. R Álvarez). Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Pp 1-12.
- Liebig, M. A.; Varvel, G. E.; Doran, J. W. y Wienhold, B. J. (2002). Crop sequence and nitrogen fertilization effects on soil properties in the western corn belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:596-601.
- Mora, J. L.; Alcalá, M. y Rosas, M. (2016). Comportamiento de la materia orgánica y el pH con la profundidad del suelo. XIII Encuentro Participación de la mujer en la ciencia. León, Guanajuato, México.
- Ortiz-Escobar, M. E. , R. D. Zapata y S. Sadeghian-Khalajabadi . (2006). Propiedades de la materia orgánica y capacidad complejante sobre el aluminio en algunos suelos ándicos en Colombia. *Cenicafé* 57: 51-57.
- Pérez, A.; Galvis, A.; Bugarín, R.; Hernández, T. M.; Vázquez, M. A. y Rodríguez, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata ($AgTU_n^+$). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(1): 171-177.
- Rivera, Y., L. Moreno, M. Herrera y H. M. Romero. (2016). La toxicidad por aluminio (Al^{3+}) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas* 37: 11-23.
- Sainz Rozas, H.; Echeverría, H. E. y Angelini, H. (2018). Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Informaciones Agronómicas* 2. 6-12.
- Scott, N.; Cole, C.; Elliott, E.T. and Huffman, S. (1996). Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1102-1109.
- Vega-Jara, L.; Abad, A. J.; Herrera, R. E. (2021). Potencial de mineralización de Nitrógeno de suelos de Huánuco, Perú. *Manglar* 18(2): 135-142.

Vega-Jara, L.; Trigos y Pizango, E.; Calvo, D.; Lucana, J.C.J.; Polinar, Y. T.; Álvarez, L. M. (2019). Impacto del manejo agronómico y fertilización intensiva en los suelos de Panao. *Revista Investigación Agraria* 1(1): 7-17.

Villagrán-Manilla, A., E. D. Ibarra-Coria, M. E. Páez-Hernández y S. Nieto-Velázquez. (2019). Evaluación y análisis de cinéticas de agregación de los ácidos húmicos en presencia de Al³⁺ por espectroscopia UV-VIS. *Tópicos Invest. Cienc. Tierra Mat.* 6: 72-79. doi: <https://doi.org/10.29057/aactm.v6i6.5000>.

Wander, M. (2004). Soil Organic Matter Fractions and Their Relevance to Soil Function. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture.* 3:67-102

Yong, R. N.; Warkentin, B. P.; Phadungchewit, Y. and Galvez, R. (1990). Buffer capacity and lead retention in some clay. *Water, Air, and Soil Pollution.* 53: 53-67