

Tipo de artículo: Artículo original

Sistema Informático para la identificación de las propiedades físico - químicas de los suelos agrícola de la parroquia Puerto Cayo

Computer System for the identification of the physical-chemical properties of the agricultural soils of the parish of Puerto Cayo

Wilfrido Del Valle Holguín^{1*} , <https://orcid.org/0000-0002-1911-0790>

Richard Antonio Cornejo Cornejo² , <https://orcid.org/0000-0001-5450-8609>

Raquel Vera Velázquez³ , <https://orcid.org/0000-0002-5071-7523>

Maryuri Antonia Chávez Cedeño⁴ , <https://orcid.org/0000-0002-0095-3093>

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa. Ecuador. Correo electrónico: wilfrido.del.valle@uneum.edu.ec

² Mg.Sc. en producción animal, docente investigador de la Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, km 1 ½ vía a Noboa, Campus los Ángeles de la Universidad Estatal del Sur de Manabí UNESUM, Jipijapa Manabí. Ecuador. Correo electrónico: richard.cornejo@unesum.edu.ec

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Docente carrera de Ingeniería Agropecuaria, Jipijapa. Manabí. Ecuador. Correo electrónico: raquelita2015vera@gmail.com

⁴ Ingeniera Agropecuaria egresada de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador.

* Autor para correspondencia: wilfrido.del.valle@uneum.edu.ec

Resumen

La investigación se desarrolló en la Universidad Estatal del Sur de Manabí en la carrera Agropecuaria con el objetivo identificar las propiedades físico-químicas de los suelos agrícolas de la parroquia Puerto Cayo del recinto "Puerto la boca". Se realizó un estudio documental para obtener la información de diferentes sitios web relacionado al tema, lo cual permitió obtener la información necesaria para diseñar una aplicación informática que permita almacenar, gestionar y exportar la información relacionada con los tipos de suelos estudiados; para la implementación se utilizó Rust, SolidJS, y Tauri. Además, se realizó la prueba de suelo en el laboratorio en la Estación Experimental Pichilingue en Quevedo. Se realizaron análisis de la vinculación de las materias con el tema objeto de estudio. Los resultados obtenidos fueron que la parroquia posee un tipo de suelo que es franco-limoso con 45% de arena, 40% de limo, 15% de arcilla. Entre unas de las características de estos tipos de suelo se tiene: buena capacidad de retención y filtración del agua, no se compacta, posee los nutrientes necesarios para los cultivos, no se encharca, es de color marrón o marrón oscuro, y el comportamiento de la porosidad por estratos puede ser de hasta 50 cm de profundidad. Esto refleja que la mayor porosidad osciló en un intervalo del 49 al 55% con un valor promedio de 52,32%. Toda la información obtenida fue registrada en la aplicación informática desarrollada.

Palabras clave: aplicación informática; gestión de la información de los suelos; tipos de suelos; porosidad.

Abstract

The research was carried out at the State University of the South of Manabí in the Agricultural career with the objective of identifying the physical-chemical properties of the agricultural soils of the Puerto Cayo parish of the "Puerto la boca" enclosure. A documentary study was carried out to obtain the information from different websites related to the subject, which allowed



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

obtaining the necessary information to design a computer application that allows the storage, management and export of information related to the types of soils studied; for the implementation Rust, SolidJS, and Tauri were used. In addition, the soil test was carried out in the laboratory at the Pichilingue Experimental Station in Quevedo. Analysis of the connection of the subjects with the topic under study was carried out. The results obtained were that the parish has a type of soil that is loamy-silty with 45% sand, 40% silt, 15% clay. Some of the characteristics of these types of soil include: good water retention and filtration capacity, does not compact, has the necessary nutrients for crops, does not flood, is brown or dark brown in color, and the behavior of the porosity by strata can be up to 50 cm deep. This reflects that the highest porosity ranged from 49 to 55% with an average value of 52.32%. All the information obtained was recorded in the computer application developed.

Keywords: *computer application; soil information management; types of soils; porosity*

Recibido: 15/03/2023

Aceptado: 22/06/2023

En línea: 02/07/2023

Introducción

El suelo es considerado un ecosistema que alberga vida, en constante proceso de transformación, que requiere que sus procesos a escala micro y macro sean tenidos en cuenta, al igual que sus estrechas interrelaciones con las propiedades físicas y químicas que lo conforman todo el sistema productivo y agrícola (Peña-Venegas et al., 2020), (Córdoba-Hernández, 2021), (Toledo et al., 2013). En la mayoría de los suelos, se desconoce el manejo adecuado de las propiedades químicas de los suelos, que estén orientadas hacia un desarrollo sostenible.

Las altas transformaciones involucran una gran susceptibilidad a ser degradados. Además, el bajo contenido de materia orgánica, las grandes concentraciones de hierro y aluminio, los pocos nutrientes, y los suelos muy ácidos, entre otras, son limitantes para la explotación agrícola (Cervantes-Gámez et al., 2021). Una de las principales causas por las que el suelo pierde su calidad agrícola es la implementación de insumos que afectan las propiedades y por ende hacen que no sean aptos para una perfecta producción. Aunque existen diversas causas por las que el suelo pierda nutrientes, entre las más importantes a nivel global, regional y local, están la extracción por cosechas, erosión y lixiviación o lavado (Olivares-Campos et al., 2019), (Osoria et al., 2021).

El suelo no discrimina el tipo de cultivo ni la extensión del mismo, por lo tanto, esa salida de nutrientes ocurre en los cultivos comerciales intensivos y extensivos. El suelo actúa como un depósito o “cuenta de ahorro” de nutrientes, por ende, al producirse la extracción de los mismos, con cada cosecha, automáticamente disminuyen dichos nutrientes. Entonces, es indefectiblemente necesaria la reposición en cantidad y calidad. Esta acción permitirá mantener o recuperar la fertilidad natural original y, de esta manera, la sustentabilidad de la actividad. De lo contrario, el volumen de nutrientes en el suelo podría vaciarse y producir la pérdida de fertilidad y productividad (Hernández-Herrera et al., 2019).



Uno de los recursos naturales más importantes a nivel mundial es el suelo (Hernández-Rodríguez et al., 2010), (Orozco Corral et al., 2016). Es por ello que la presente investigación se centró en la determinación de las propiedades físicas-químicas de los suelos agrícolas de la Parroquia “Puerto cayo” del sector “Puerto la boca”. Siendo de especial interés el desarrollo de una aplicación informática para gestionar toda la información referente al objeto de estudio.

Conociendo así que las propiedades físicas del suelo son el color, la textura, la estructura y las relacionadas con la capacidad de retención de agua; los pH neutros son los mejores para las propiedades físicas de los suelos: a pH muy ácidos que hay una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable. En cuanto al pH alcalino, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico. Las propiedades químicas y fertilidad están asociadas a la asimilación de nutrientes del suelo están influenciadas por el pH, ya que determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilable para las plantas, esto nos ayudara a reconocer con qué tipo de suelo los agricultores de la zona están trabajando (Acevedo-Sandoval et al., 2010).

El conocimiento sobre los suelos hace su mayor contribución a un desarrollo, económico, armónico y ordenado cuando se basa en la coordinación de los recursos físicos y humanos, proyectándolos en diferentes etapas de todos los sectores de la economía de la provincia de Manabí. El proyecto hace posible a una selección sabia de los cultivos, la adaptación de prácticas de manejo de acuerdo con las condiciones físicas-químicas del suelo y otras aplicaciones agrícolas (Zanor et al., 2018), (Garzón Marín et al., 2022). Por todo lo antes expuesto el objetivo del proyecto fue identificar las propiedades físico-químicas de los suelos agrícolas de la parroquia Puerto cayo del recinto “Puerto la boca”.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la aplicación informática que permita almacenar, gestionar y exportar la información relacionada con los tipos de suelos estudiados, se empleó el *framework* Tauri, que permite la creación aplicaciones de escritorio compatibles con los sistemas operativos más utilizados en la actualidad (Windows, Mac, y Linux), por lo que su capacidad de ejecución multiplataforma, lo convierte en un escenario de desarrollo ideal. Tauri admite principalmente Rust como lenguaje de *back-end*, pero su API se puede implementar en varios lenguajes de programación. En esta investigación se empleó Rust como lenguaje de programación. La interfaz de usuario de la aplicación que se creó con JavaScript.

Ejecución del estudio

El proyecto se desarrolló en la Universidad Estatal del Sur de Manabí carrera de ingeniería Agropecuaria, con el fin de integrar conocimientos en las asignaturas del segundo semestre, donde los estudiantes fueron a la zona asignada a obtener información y realizar el estudio en la parroquia Puerto Cayo del recinto Puerto la boca.



Al sur de la provincia de Manabí se encuentra la población rural de Puerto Cayo, una zona pesquera y turística por excelencia y como parte de su organización territorial la compone la Ciudadela Antonio de Vallejo. Este destino turístico es parte del cantón Jipijapa y puede considerarse la puerta de entrada al Parque Nacional Machalilla, que en términos generales conforman la zona del Pacífico sur de Manabí y central del Ecuador. Este sitio recopila constantemente las acciones -presentes – pasadas – futuras- que ejecutan los vecinos en beneficio del sitio en que viven y en el que han decidido convertirlo en un lugar propicio para vivir o hacer buen uso de su tiempo libre.

Los materiales utilizados fueron computadora, internet, esferográficos, libros de textos de química, celulares y cable USB.

La metodología empleada para la realización de este proyecto fue explorativa_documental porque se hizo un estudio documental para obtener la información de diferentes sitios web relacionado al tema y al lugar asignado para en proyecto de investigación. Se utilizaron métodos estadísticos y de investigación bibliográfica.

Resultados y discusión

Los resultados de los análisis de suelo realizados en el INIAP de Quevedo demostraron de la parroquia Puerto Cayo específicamente en el sector “Puerto la Boca“, posee un tipo de suelo que es franco-limoso. Es por ello que a continuación detallare algunas características que esta clase de suelo poseen.

El suelo franco es uno de los tipos de suelo con mayor productividad agrícola, ya que tiene una proporción de arena, limo y arcilla idónea para los cultivos (o al menos, para los más importantes) ¿Cuál es la composición? Aunque puede variar un poco, se considera que tiene la siguiente (Álvarez et al., 2009).

- 45% de arena
- 40% de limo
- 15% de arcilla

Cuando se observaron los suelos se reconoció a simple vista su textura, ya que su color es casi negro y se puede decir que es muy fértil debido a su alto contenido de materia orgánica. Entre unas de las características de estos tipos de suelo se tienen:

- Tiene buena capacidad de retención y filtración del agua.
- No se compacta.
- Posee los nutrientes necesarios para los cultivos.
- No se encharca.
- Es de color marrón o marrón oscuro.



El comportamiento de la porosidad por estratos puede ser de hasta 50 cm de profundidad. Esto refleja que la mayor porosidad osciló en un intervalo del 49 al 55% con un valor promedio de 52,32%. En esta parte el clima es agradable con temperatura media que oscila entre los 23 °C.

Se analizan las características de algunos modelos de crecimiento (decrecimiento) poblacional y sus principales utilidades en el ámbito agropecuario además de su comportamiento con el paso del tiempo. Se particulariza en las ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden como ejemplos de modelos matemáticos que puede utilizar el ingeniero Agrónomo para acometer el análisis y solución de los cada vez más complejos y crecientes problemas que se le presentan en su labor profesional.

La microbiología que ha surgido producto del creciente reconocimiento de los numerosos procesos llevados a cabo por las bacterias, hongos y otros microbios en el suelo. Tiene como objetivo estudiar la población microscópica del suelo y su participación en las transformaciones que ocurren en el suelo, además, estudia la importancia que posee esa población para la nutrición de las plantas y el rendimiento de las cosechas (de García & de van Broock, 2014), (Afonso Vargas, 2003).

La composición del suelo resultó ser normal, como medio de cultivo, está formado por constituyentes sólidos, líquidos y gaseosos, comprendidos en los grupos siguientes:

- **Partículas minerales:** varían grandemente en tamaño e incluyen desde piedras hasta arena fina, arcilla y limo.
- **Restos de plantas y animales:** comprenden hojas frescas caídas y otras partes de plantas, así como cuerpos muertos de insectos, y otras formas animales. Estos pueden estar muy o parcialmente descompuestos. En este estado se les denomina humus.
- **Agua:** la fase líquida del suelo comprende agua libre microscópica y contiene en solución una concentración variable de sales inorgánicas y ciertos compuestos orgánicos.
- **Gases:** la atmósfera del suelo se compone de anhídrido carbónico, oxígeno, y otros gases, pero en menor proporción.
- **Microorganismos:** en el suelo vive la población microbiana, conjuntamente con las raíces de las plantas superiores, y con las formas animales, que hacen de él un sistema vivo. De lo anterior puede comprenderse que el suelo es un medio de cultivo ideal que contiene todos los nutrientes orgánicos e inorgánicos que requieren la mayoría de los microorganismos.

La población de organismos del suelo se ha dividido en tres grupos:

- **Microorganismos autóctonos o nativos:** son característicos de cada suelo particular y siempre están presentes.



- **Microorganismos zimógenos:** se desarrollan bajo la influencia de tratamientos específicos del suelo como son: adición de materia orgánica, fertilización y aireación.
- **Microorganismos transitorios:** son los introducidos en el suelo intencionalmente, ejemplos: abonos bacterianos, y los que no se introducen intencionalmente, ejemplos: patógenos que causan enfermedades a las plantas. Pueden morir rápidamente o sobrevivir en el suelo, en los restos de plantas.

Hongos del suelo

- No se encuentran en números tan grandes como las bacterias, pero si en suelos abundantes en materia orgánica. Son el tercer grupo de microorganismos del suelo.
- Son aerobios
- Algunos producen antibióticos
- Géneros más comunes: Mucor, Rhizopus, Penicillium, Aspergillus, Trichoderma, Fusarium, Verticillium, Rhizoctonia.

La materia orgánica

Con excepción de las bacterias autótrofas y los organismos fotosintetizadores, los microorganismos del suelo obtienen la materia orgánica necesaria para su metabolismo de los restos de plantas y animales del suelo. Las principales fuentes de materia orgánica en los suelos son los restos de plantas, de deyecciones de animales, algunos abonos orgánicos tales como Urea y Cianamida cálcica, y compuestos orgánicos incorporados al suelo junto con abonos y plaguicidas. La descomposición de la materia orgánica es un proceso complejo, que se deriva de la acción de hongos, bacterias y actinomicetos.

Es cualquier propiedad en que la materia cambia de composición. Cuando se enfrenta una sustancia química a distintos reactivos o condiciones experimentales puede o no reaccionar con ellos. Las propiedades químicas se determinan por ensayos químicos y están relacionadas con la reactividad de las sustancias químicas (González Velandia et al., 2016), (Martínez, 2001).

El suelo es la porción más superficial de la corteza terrestre, constituida en su mayoría por residuos de roca provenientes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica fruto de la actividad biológica que se desarrolla en la superficie (Duitama et al., 2004). Las propiedades físicas son aquellas observables o medidas, sin requerir ningún conocimiento de la reactividad comportamiento químico de la sustancia, sin alteración ninguna de su composición o naturaleza química (González et al., 1993). Las principales propiedades físicas son:

- **Textura:** capacidad que se determina por medio del tacto donde se percibe la disipación en el espacio de las partículas de un cuerpo.



- **Elasticidad:** capacidad de los cuerpos para deformar cuando se aplica una fuerza y de recuperar su forma original al quitar la fuerza aplicada.
- **Dureza:** es la resistencia que pone un material al ser rayado
- **Ductilidad:** es la propiedad de los materiales que se pueden hacer hilos y alambres.
- **Maleabilidad:** capacidad de los metales para ser laminas y poder hacer utensilios de cocina.
- **Conductibilidad:** es la propiedad física que presentan algunas sustancias al conducir electricidad y calor.
- **Temperatura:** Es la medida de grado de agitación térmica de las partículas de un cuerpo
- **Punto de fusión:**
- **Punto de ebullición:**
- **Solubilidad:** es la capacidad que tienen las sustancias de disolverse
- **Fragilidad:** es la propiedad física de ciertos cuerpos de romperse sin que se deforme previamente.

Las principales propiedades químicas son:

- **Oxidación:** es todo proceso por el cual un átomo o ion cede electrones.
- **Reducción:** es todo proceso por el cual un átomo o ion gana electrones.
- **Combustión:** es todo proceso de oxidación rápida que se produce con desprendimiento de calor y, algunas veces, luz.
- **Esterificación:** es un proceso químico que se da entre un ácido graso y un alcohol
- **Hidrolisis:** es un proceso químico que involucra la ruptura de una molécula o de un compuesto iónico por acción del agua.
- **Saponificación:** es una hidrolisis de un triglicérido (Ester de glicerol) con una base fuerte a través de la cual se obtiene un jabón y se recupera el glicerol.

La información recolectada fue gestionada en la aplicación informática desarrollada, la cual permite exportar reportes para su impresión. En las Figuras 1 y 2 se muestran los reportes validados para el presente estudio.



Imágenes de los resultados de los análisis del suelo y conductibilidad eléctrica, realizados en un laboratorio.

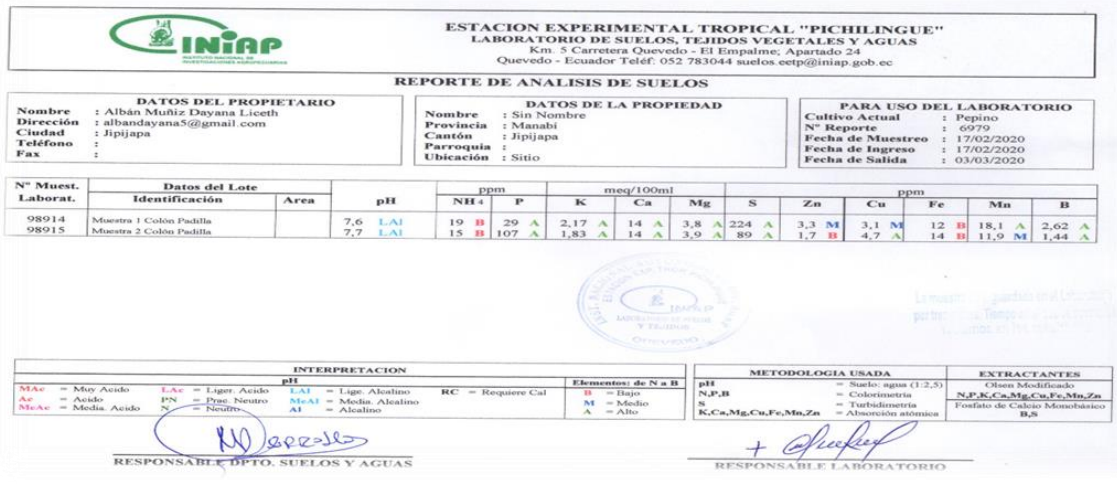


Figura 1. Reporte 1 del análisis de los suelos.

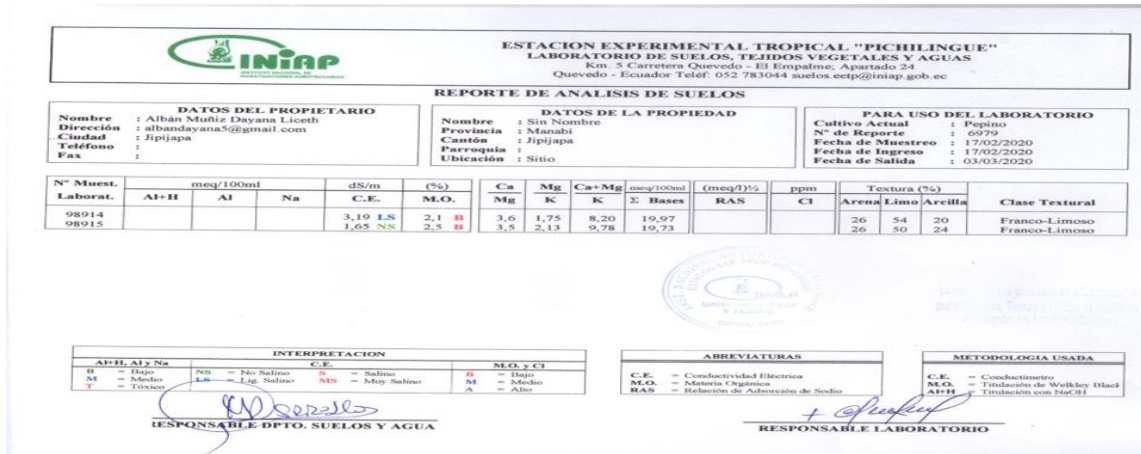


Figura 2. Reporte 2 del análisis de los suelos.

Conclusiones

En el sector puerto la boca entre los fertilizantes que los agricultores utilizan están aquellos ricos en nitrógenos que son de mayor importancia para el crecimiento y desarrollo de una planta, seguidos de estos aquellos que poseen es su composición, fosforo, azufre, calcio, manganeso entre otros. La información recolectada fue gestionada en la aplicación informática desarrollada, la cual permite exportar reportes para su impresión.

Los resultados obtenidos fueron que la parroquia posee un tipo de suelo que es franco-limoso con 45% de arena, 40% de limo, 15% de arcilla. Entre unas de las características de estos tipos de suelo se tienen: tiene buena capacidad de



retención y filtración del agua., no se compacta, posee los nutrientes necesarios para los cultivos, no se encharca, es de color marrón o marrón oscuro y el comportamiento de la porosidad por estratos puede ser de hasta 50 cm de profundidad. Esto refleja que la mayor porosidad osciló en un intervalo del 49 al 55% con un valor promedio de 52,32%.

Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Wilfrido Del Valle Holguín, Richard Antonio Cornejo Cornejo
2. Curación de datos: Raquel Vera Velázquez, Maryuri Antonia Chávez Cedeño
3. Investigación: Wilfrido Del Valle Holguín, Richard Antonio Cornejo Cornejo, Raquel Vera Velázquez
4. Metodología: Richard Antonio Cornejo Cornejo, Raquel Vera Velázquez
5. Administración del proyecto: Wilfrido Del Valle Holguín
6. Software: Wilfrido Del Valle Holguín, Richard Antonio Cornejo Cornejo, Maryuri Antonia Chávez Cedeño
7. Supervisión: Richard Antonio Cornejo Cornejo, Raquel Vera Velázquez
8. Validación: Richard Antonio Cornejo Cornejo, Raquel Vera Velázquez, Maryuri Antonia Chávez Cedeño
9. Visualización: Wilfrido Del Valle Holguín, Richard Antonio Cornejo Cornejo
10. Redacción – borrador original: Wilfrido Del Valle Holguín, Richard Antonio Cornejo Cornejo, Raquel Vera Velázquez, Maryuri Antonia Chávez Cedeño
11. Redacción – revisión y edición: Wilfrido Del Valle Holguín, Richard Antonio Cornejo Cornejo, Raquel Vera Velázquez, Maryuri Antonia Chávez Cedeño

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento.

Referencias

Acevedo-Sandoval, O., Valera-Perez, M., & Prieto-García, F. (2010). Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos forestales en Acaxochitlan, Hidalgo, México. *Universidad y ciencia*, 26(2), 137-150.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n2/v26n2a2.pdf>



- Afonso Vargas, J. Á. (2003). Aportación del análisis de fitolitos, almidones y otros referentes microscópicos al estudio de la prehistoria y arqueología de las Islas Canarias: resultados preliminares. [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/18762/04%20\(Jos%C3%A9%20Afonso%20Vargas\).pdf?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/18762/04%20(Jos%C3%A9%20Afonso%20Vargas).pdf?sequence=1)
- Álvarez, C. R., Torres Duggan, M., Chamorro, E. R., & Taboada, M. A. (2009). Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. *Ciencia del suelo*, 27(2), 159-169. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672009000200002&script=sci_arttext&lng=en
- Cervantes-Gámez, R. G., Peñuelas-Rubio, O., Araujo-Benard, N., Fierro-Coronado, R. A., Trejo-Aguilar, D., Maldonado-Mendoza, I. E., & Cordero-Ramírez, J. D. (2021). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados a plantas voluntarias de maíz en suelos de transición: ecosistema natural-uso agrícola. *Scientia fungorum*, 51. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212021000100206
- Córdoba-Hernández, R. (2021). La vulnerabilidad ecosistémica según el planeamiento en la protección del suelo de la Comunidad de Madrid. *Urbano (Concepción)*, 24(43), 18-29. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-36072021000100018&script=sci_arttext
- de García, V., & de van Broock, M. R. G. (2014). Habitantes microscópicos de los glaciares: Levaduras. *Desde la patagonia. Difundiendo saberes*, 11(17), 10-15. <https://revele.uncoma.edu.ar/index.php/desdelapatagonia/article/download/3825/60850>
- Duitama, L., Espitia, C., Mojica, J., Quintero, J., & Romero, F. (2004). Composición mineralógica y química de las arcillas empleadas para cerámica roja en las zonas de Medellín, Itagüí y Amagá. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 28(109), 555-563. https://www.acefyn.com/revista/Vol_28/109/10_555_563.pdf
- Garzón Marín, I., Cruz, E. C., Infante, A., & Cuervo, J. L. (2022). Efecto del compost de residuos de flores sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Acta Agronómica*, 71(2), 111-118. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122022000200111&script=sci_arttext
- González, R., Melo, M., Rodríguez, A., & Pérez, A. (1993). Hidroxiapatita Porosa HAP-200. Principales características físico-químicas. *Química Nova*, 16(6), 509-512. [http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n6/v16_n6_%20\(1\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n6/v16_n6_%20(1).pdf)



- González Velandia, K. D., Daza Rey, D., Caballero Amado, P. A., & Chadae Martínez, G. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna azul*(43), 499-517. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742016000200021&script=sci_arttext
- Hernández-Herrera, J. A., Moreno-Reséndez, A., Valenzuela-Núñez, L. M., & Martínez-Salvador, M. (2019). Modelación de la presencia de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc mediante propiedades físicas y químicas del suelo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 499-511. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282019000300499
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barrios, D. L., López-Díaz, J. C., & Arras-Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(1), 1-6. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/download/719/822>
- Martínez, V. E. (2001). Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra Latinoamericana*, 19(1), 9-17. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319102.pdf>
- Olivares-Campos, B. O., López-Beltrán, M. A., & Lobo-Luján, D. (2019). Cambios de usos de suelo y vegetación en la comunidad agraria Kashaama, Anzoátegui, Venezuela: 2001-2013. *Revista Geográfica de América Central*(63), 224-246. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-25632019000200224&script=sci_arttext
- Orozco Corral, A. L., Valverde Flores, M. I., Martínez Téllez, R., Chávez Bustillos, C., & Benavides Hernández, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 441-456. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000400441
- Osoria, O. R., Miranda, O. F., & Batis, B. V. (2021). Factores sociales, económicos y ambientales asociados a los ecosistemas cafetaleros: una revisión bibliográfica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 33-42. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/466/442>
- Peña-Venegas, C. P., Castro, D., & León, D. (2020). Riqueza y abundancia de organismos del suelo en el gradiente altitudinal Andino-Amazónico del Camino Andakí, Caquetá (Colombia). *Revista Colombiana Amazonica*, 12, 148. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/12/8%20Riqueza%20y%20abundancia%20de%20organismos%20Andak%C3%AD_ColAmaz12.pdf



- 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. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v31n2/v31n2a06.pdf>
- Zanor, G. A., López-Pérez, M. E., Martínez-Yáñez, R., Ramírez-Santoyo, L. F., Gutiérrez-Vargas, S., & León-Galván, M. F. (2018). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 19(4). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432018000400006&script=sci_arttext

