
ÁREA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE
SUELOS BAJO DIVERSAS ESTRATEGIAS DE MANEJO
Y CONSERVACIÓN EN AIPE, HUILA, COLOMBIA,
ENTRE 2023 Y 2024**

EVALUATION OF HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF
SOILS UNDER VARIOUS MANAGEMENT AND
CONSERVATION STRATEGIES IN AIPE, HUILA,
COLOMBIA BETWEEN 2023 TO 2024



Heider Fernando Losada Losada
Universidad Surcolombiana, Colombia
u20241223892@usco.edu.co

Juan Guillermo Popayán-Hernández
Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz,
Colombia, Colombia
jgpopayanh@unal.edu.co

Revista de Investigación Agraria y Ambiental
vol. 16, núm. 2, p. 125 - 142, 2025
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia
ISSN: 2145-6097
ISSN-E: 2145-6453
Periodicidad: Semestral
riaa@unad.edu.co

Recepción: 30 octubre 2024
Aprobación: 11 marzo 2025

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.8777>

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1305315006/>

CÓMO CITAR: Losada, H. y Popayán-Hernández, J. G. (2025). Evaluación de propiedades hidrofísicas de suelos bajo diversas estrategias de manejo y conservación en Aipe, Huila, Colombia, entre 2023 y 2024. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 16(2), 125 - 142. <https://doi.org/10.22490/21456453.8777>

Resumen: Contextualización: la agricultura ha enfrentado importantes desafíos relacionados con la conservación del suelo y la calidad ambiental, debido a las actividades humanas y al cambio climático. En las regiones rurales de Colombia, específicamente en el municipio de Aipe, Huila, la degradación del suelo es un problema creciente que afecta la productividad agrícola, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo rural.

Vacío de conocimiento: estudios previos destacaron la degradación del suelo, causada por prácticas insostenibles, pero existía poca investigación que comparara los efectos de diferentes sistemas de manejo del suelo (tradicional, sostenible, intensivo y bosque nativo) sobre las propiedades hidrofísicas del suelo en Aipe. Este estudio abordó esta brecha mediante la evaluación de indicadores clave, tales como infiltración, densidad aparente, materia orgánica y estructura del suelo.

Objetivos: el objetivo principal fue evaluar las propiedades hidráulicas y físicas de suelos; se plantearon tres objetivos específicos: 1) evaluar las propiedades físicas y químicas de los suelos en el municipio de Aipe, Huila, bajo diferentes prácticas de manejo agrícola; 2) analizar la relación entre las prácticas de manejo sostenible y la calidad del suelo, y 3) establecer estrategias de manejo sostenible basadas en los resultados obtenidos.

Metodología: en primer lugar, se emplearon métodos de muestreo sistemático combinados con análisis de laboratorio detallados para evaluar el suelo, de acuerdo con sus características hidrofísicas; en segundo lugar, se procedió a verificar la selección de las propiedades más sensibles, partiendo del análisis de correlación de Pearson, usando el software XLSTAT con significancia de $\alpha=0,05$, y tercero, se hizo un análisis factorial para esclarecer e integrar las relaciones entre las propiedades elegidas.

Resultados y conclusiones: el estudio reveló que los suelos bajo manejo sostenible (SMS) presentaron la mayor calidad (41,08 %), seguidos de los de uso intensivo (30,24 %), bosque nativo (15,09 %) y prácticas tradicionales (13,51 %). Indicadores clave como la infiltración, la materia orgánica y la estructura del suelo fueron cruciales para evaluar la calidad. La clasificación jerárquica ascendente (CJA) reveló una similitud del 13,2 % entre los suelos tradicionales e intensivos, mientras que los suelos sostenibles y de bosque nativo mostraron una diferencia del 34,3 %, lo que subraya los impactos del manejo.

Palabras clave: Agricultura, calidad ambiental, conservación ambiental, suelo, población rural.

Abstract: Contextualization: Agriculture has faced significant challenges related to soil conservation and environmental quality due to human activities and climate change. In rural regions of Colombia, specifically in the municipality of Aipe, Huila, soil degradation is a growing problem affecting agricultural productivity, environmental sustainability, and rural development.

Knowledge Gap: Previous studies highlighted soil degradation caused by unsustainable practices, but there was little research comparing the effects of different soil management systems (traditional, sustainable, intensive, and native forest) on soil hydrophysical properties in Aipe. This study addressed this gap by evaluating key indicators such as infiltration, bulk density, organic matter, and soil structure.

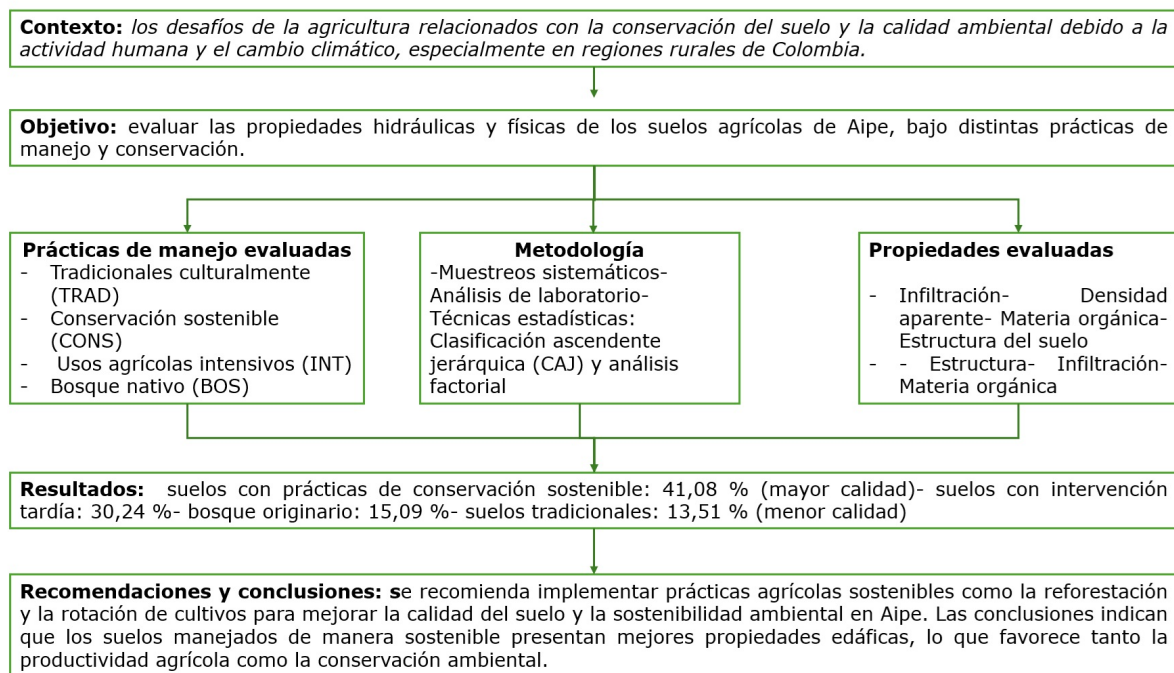
Objectives: The main objective was to evaluate the hydraulic and physical properties of soils. Three specific objectives were set: 1) to evaluate the physical and chemical properties of soils in the municipality of Aipe, Huila, under different agricultural management practices; 2) analyze the relationship between sustainable management practices and soil quality, and 3) establish sustainable management strategies based on the results obtained.

Methodology: First, systematic sampling methods combined with detailed laboratory analysis were used to evaluate the soil according to its hydrophysical characteristics. Second, the selection of the most sensitive properties was verified, based on Pearson's correlation analysis using XLSTAT software, with a significance level of $\alpha=0.05$. Third, a factor analysis was performed to clarify and integrate the relationships between the selected properties.

Results and conclusions: The study revealed that sustainably managed soils (SMS) had the highest quality (41.08%), followed by intensively used soils (30.24%), native forest (15.09%), and traditional practices (13.51%). Key indicators such as infiltration, organic matter, and soil structure were crucial for assessing quality. The Ascending Hierarchical Classification (AHC) revealed a 13.2% similarity between traditional and intensive soils, while sustainable and native forest soils showed a 34.3% difference, highlighting the impacts of management.

Keywords: Agriculture, environmental quality, environmental conservation, soil, rural population.

RESUMEN GRÁFICO



autores

1. INTRODUCCIÓN

La evolución del conjunto de técnicas y las directrices globales en la conservación del suelo han planteado desafíos significativos para el desarrollo agrícola y la salud del suelo (Turek et al., 2020). En este contexto, el uso agrícola del suelo se ha visto amenazado por los efectos asociados al cambio climático global, que genera desbalances hídricos y afecta el régimen hídrico de los suelos (Halecki & Stachura, 2021). En ese sentido, el cambio en el uso y manejo inadecuado de los suelos por cuenta de las actividades antrópicas (Silva-Olaya et al., 2022), lo cual deriva en una notable degradación química, biológica y física de los mismos (Bovi et al., 2022). Esta última forma de degradación es especialmente preocupante, manifestándose a través de problemas como compactación, pérdida de materia orgánica, erosión hídrica, escorrentía y eólica, y movimientos de masa (Silva-Olaya et al., 2022). Así las cosas, en suelos agrícolas, estos efectos se intensifican, debido a prácticas inadecuadas como el manejo de pendientes, labranza agresiva e intensiva y una deficiente cobertura vegetal.

Los efectos negativos de estas prácticas se hacen evidentes cuando los agricultores comienzan a notar una disminución en la producción, un aumento en los insumos agrícolas por área cultivada y la facilidad con que el suelo es transportado por el agua y corrientes de aire (Asmamaw et al., 2022; Marrero et al., 2024). Ante esta realidad, resulta imperativo evaluar los sistemas de manejo del suelo, ya que esta evaluación proporciona una herramienta esencial para determinar si un área se está utilizando de manera adecuada o inadecuada en relación con un uso racional del suelo (Rodríguez et al., 2021).

Los procesos asociados con la degradación del suelo se pueden agrupar en diversas categorías, incluyendo actividades agrícolas, deforestación, extracción y consumo de recursos naturales, sobrepastoreo, actividades industriales y construcciones civiles (Golubev et al., 2021; Rojas-Ospina et al., 2024; Vargas et al., 2022). Los niveles de significancia de estos tipos de degradación registran dos categorías predominantes: la degradación por deslizamiento del material del suelo, generada por la erosión hídrica o eólica, y la degradación interna en su estructura, que resulta de procesos químicos y físicos (Arévalo-Hernández et al., 2024). Por tanto, la evaluación de los suelos es crucial para determinar sus diferencias en términos físicos, químicos y biológicos mediante indicadores de calidad, lo que ayudará a desarrollar procedimientos exhaustivos para mitigar el mal uso y manejo de los suelos aptos para la agricultura (Nikonorov et al., 2016; Reynolds & Lewis, 2012).

Considerando lo anterior, el propósito de esta investigación fue evaluar determinadas propiedades hidráulicas y físicas de suelos representativas, para lo cual, se plantearon tres objetivos específicos que fueron: 1) evaluar las propiedades físicas y químicas de los suelos en el municipio de Aipe, Huila, bajo diferentes prácticas de manejo agrícola, con énfasis en las propiedades hidrofísicas, tales como la infiltración, la densidad aparente, la materia orgánica y la estructura del suelo; 2) analizar la relación entre las prácticas de manejo sostenible y la calidad del suelo, esto mediante la identificación y cuantificación de indicadores de calidad del suelo; y 3) establecer estrategias de manejo sostenible basadas en los resultados obtenidos sobre las propiedades del suelo. En este sentido, estos objetivos se formularon con la hipótesis de que los suelos sometidos a prácticas de manejo y conservación sostenible presentan una mayor calidad en comparación con aquellos suelos manejados con técnicas agrícolas tradicionales o con intervenciones agrícolas recientes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon métodos de muestreo sistemático combinados con análisis de laboratorio detallados para evaluar aspectos clave de la calidad del suelo, tales como la infiltración, la densidad aparente, el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo. Este enfoque permitió considerar las diversas estrategias de manejo y conservación sostenible que se han implementado en la región, las cuales son fundamentales para la mejora de la salud y productividad del suelo en el contexto agrícola de la zona (Sanabria et al., 2016; Silva-Olaya et al., 2022). Así, los principales atributos de la zona de estudio fueron analizados, lo que implicó la recolección, manejo y tratamiento de la información de las características hidrofísicas de los suelos de Aipe, durante el periodo comprendido entre 2023 y 2024.

Área de estudio

Los suelos de estudio están localizados en el municipio de Aipe, departamento del Huila, particularmente en la zona La Manga y las áreas de San Cayetano. La figura 1 ilustra la ubicación general de estos suelos enfocados al contexto regional.

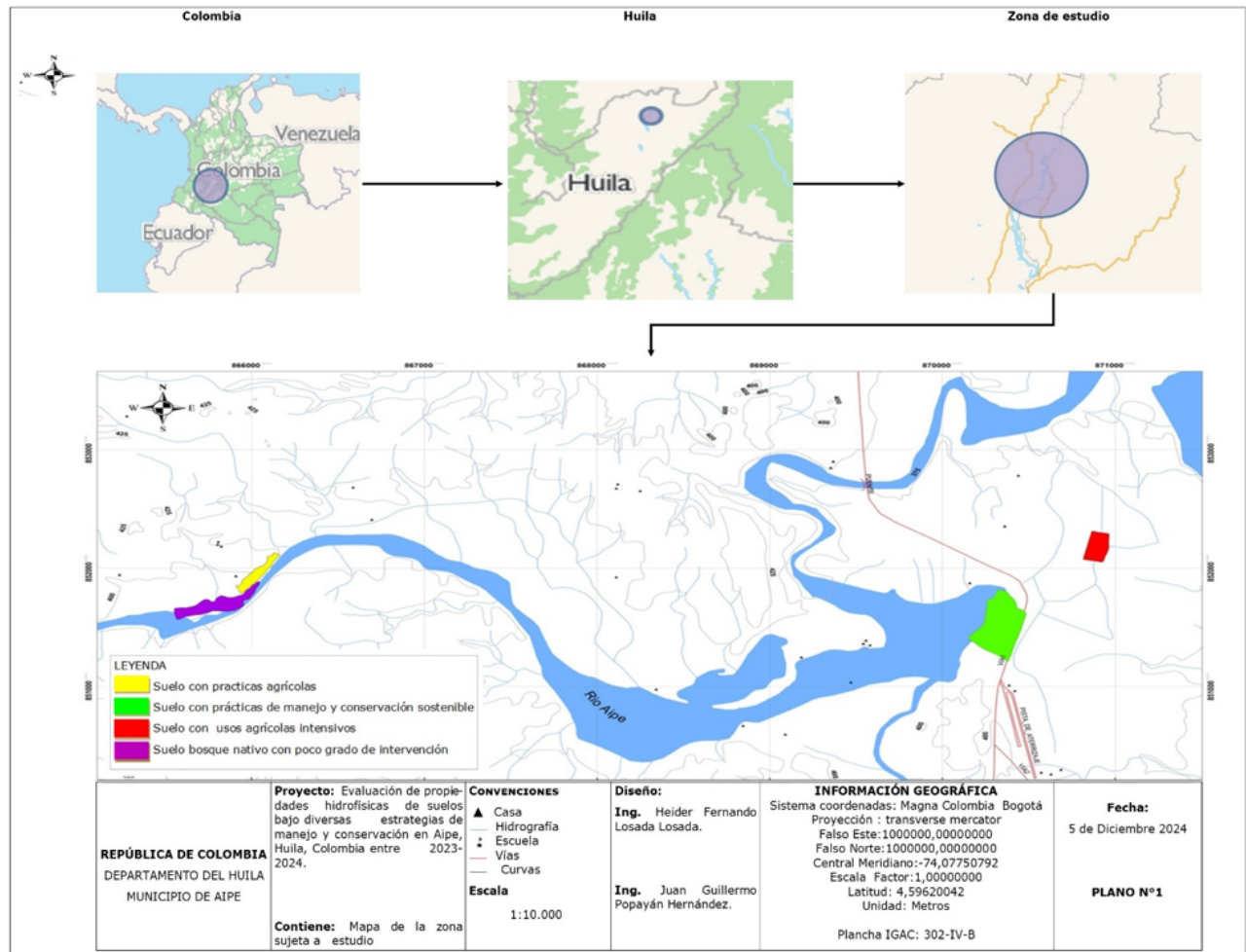


Figura 1.
 Área de estudio
 autores

El área de investigación se caracteriza por su biodiversidad ecológica y sus características aptas del uso de suelo agrícola, la cual es imperativo comprender las condiciones edáficas presentes y que conllevan analizar en un tiempo determinado las circunstancias actuales del suelo. En ese orden de ideas, el análisis de los suelos en esta zona es una base principal, ya que estos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo sostenible de las actividades agropecuarias locales y de la cual es preponderante intensificar sus inferencias en su estado actual. Por tanto, los suelos en la zona La Manga y las áreas de San Cayetano presentan variaciones en su estructura y propiedades hidrofísicas, lo que puede influir en su manejo y en las prácticas de conservación aplicadas al desarrollo sostenible (Cortes et al., 2022; Rojas-Ospina et al., 2024). Por lo tanto, la recopilación de datos técnicos y la caracterización detallada de los suelos serán esenciales para el desarrollo de estrategias adecuadas que promuevan la sostenibilidad ambiental y la salud del suelo en esta zona de influencia agropecuaria.

Selección de suelos y antecedentes de manejo

Con el propósito de adelantar un análisis inferencial asociado a características de manejo y gestión de los suelos destinados a actividades agrícolas, se seleccionaron cuatro entornos con suelos que habían presentado las siguientes características: una zona categorizada con uso intensivo en prácticas agrícolas denominadas “prácticas agrícolas tradicionales culturalmente” (TRAD), prácticas de manejo y conservación sostenible (CONS), usos agrícolas intensivos (INT) y bosque nativo con poco grado de intervención (BOS).

Los suelos seleccionados pertenecían a la misma sucesión, y se contactaron propietarios, arrendatarios y trabajadores para obtener información selectiva. A estas personas se les aplicó una encuesta para recolectar datos sobre los antecedentes de uso y manejo del suelo y su historial de actividades en la agricultura. Los sitios de muestreo fueron georreferenciados, y se tomaron muestras utilizando la herramienta de barreno holandés y el permeámetro de Guelph (Reynolds & Lewis, 2012), para determinar la permeabilidad. Una vez definido el perfil, se recolectó la muestra de suelo por perfil para realizar los análisis físicos y químicos en el laboratorio de la Universidad Surcolombiana (USCO), en la ciudad de Neiva; se aplicaron parámetros siguiendo la metodología especificada en la tabla 1. Estos datos fueron analizados para llevar a cabo una correlación edafológica entre los suelos, verificando el manejo y la conservación de estos sitios analizados.

Propiedades del Suelo que Indican Calidad

Una vez reconocidas las propiedades y tecnologías que reflejan contrastes en la calidad de los suelos, se elaboró una lista de las propiedades con sus respectivos datos. Para cuantificar los indicadores de calidad, se utilizó un conjunto de datos relacionado con las características físicas y químicas del suelo (López-Barrera et al., 2017).

Al determinar los atributos pertinentes y sus evaluaciones correspondientes, se tuvieron en cuenta los criterios establecidos derivados de la investigación académica relacionada con los suelos sometidos a prácticas de manejo y conservación sostenibles (Rojas-Ospina et al., 2024; Rodríguez et al., 2021). Se tuvieron en cuenta las condiciones edafoclimáticas específicas de la zona de estudio, que incluyen variables como la textura del suelo, la capacidad de retención de agua, el contenido de materia orgánica y el pH (Burgos-Ayala et al., 2024; Turbay et al., 2014). Estos factores son fundamentales para valorar la salud del suelo y su capacidad productora. La información se organizó en la tabla 1, que sintetiza los resultados y permite una comparación clara entre los diferentes suelos examinados.

Tabla 1.
Parámetros físicos y químicos bajo su metodología

Atributos	Unidad	Condición	Método	TRAD ¹	CONS ²	INT ³	BOS ⁴	Parámetro	Referencia
Espesor Ho A	del cm	Más es mejor	NTC 3656	8	9	12	8	12-15	Schenholtz et al., 2000
Espesor Ho B	del cm	Más es mejor	NTC 3657	0	24	22	10	15-30	Schenholtz et al., 2000
Pendiente	índice	Menos es mejor	NTC6047	4	4	0	5	0-3	Schenholtz et al., 2000
Elementos gruesos	%	Más es mejor	NTC 6299:2018	37	45	43	33	50-60	Mohanty et al., 2007
Arenas	%	Menos es mejor	NTC 6299:2019	48,29	59,46	41,06	62,78	20-50	Sarmiento Reyes et al., 2018
Arcillas	%	Menos es mejor	NTC 6299:2020	25,48	23,06	26,96	15,57	0-25	Karlen et al., 2003
Limos	%	Más es mejor	NTC 6299:2021	26,23	17,48	31,98	21,65	70-80	Sarmiento Reyes et al., 2018
Porosidad	%	Más es mejor	NTC 6339:2019	31,3	32,12	35,58	41,87	45-50	Karlen et al., 2003
Densidad aparente	g/cm ³	Menos es mejor	Terron parafinado IGAC	1,6	1,58	1,43	1,48	1,2-1,6	Andrews et al., 2004
Estructura	Índice	Más es mejor	Método Yoder	0,79	1,5	2,59	0,69	>20	Arevalo-Hernández et al., 2024
infiltración	min/cm	Menos es mejor	Permeámetro de Guelph	48,44	159,38	41,5	12,5	1-2	Mohanty et al., 2007
pH	Índice	Menos es mejor	NTC 5264	6,47	7,25	6	6,9	6-6,4	Maguzu et al., 2024
CIC ⁵	mEq/100g	Más es mejor	NTC 5268:2014	14	14,61	13,67	12,08	15-40	Schenholtz et al., 2000
Carbono orgánico	%	Más es mejor	NTC 5403	0,36	0,91	0,7	0,7	>3,5	Ruiz Sánchez et al., 2016
Materia orgánica	%	Más es mejor	NTC 5268 modificado	0,62	1,58	1,36	1,2	>5	Rodríguez Garay et al 2016
Promedio	%	Más es mejor		9,3	20,92	9	9,63	>50	Ruiz Sánchez et al., 2016

autores

NTC: Norma Técnica Colombiana, g: gramos; cm³: centímetros cúbicos; %: porcentaje; mEq: miliequivalente; IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

[1] Prácticas agrícolas tradicionales culturalmente.

[2] Prácticas de manejo y conservación sostenible.

[3] Usos agrícolas intensivos.

[4] Bosque nativo con poco grado de intervención.

[5] Capacidad de intercambio catiónico.

Proceso de índices y cuantificación de la calidad de los suelos

Una vez señalados los procesos de conteo, los valores de las propiedades, que presentaban diferentes unidades, se representaron en valores adimensionales. Para la obtención de estos índices, se utilizó la estandarización simple (Turbay et al., 2014). Luego, se procedió a evaluar el nivel de similitud presentada entre los grupos analizados. Para ello, se utilizó el paquete estadístico XLSTAT, a través de clasificación ascendente jerárquica (CAJ), seguida de un análisis factorial para corroborar y dar cuenta de las diferencias presentadas entre los suelos analizados (Bassi Penteado et al., 2022).

Discriminación de conjunto mínimo de datos (CMD)

En la primera etapa, se realizó la selección de propiedades, utilizando la matriz función del suelo-indicador (Zhang et al., 2023). En la segunda etapa, se verificó la correcta selección de las propiedades más sensibles, partiendo del análisis de correlación de Pearson, ejecutado con el paquete estadístico XLSTAT. De esta forma, se identificaron las propiedades que presentaban el número más sustancial de correlaciones significativas, estableciendo así un umbral de significancia de $\alpha = 0,05$. Finalmente, se llevó a cabo un análisis factorial para esclarecer e integrar las relaciones entre las propiedades elegidas, lo que permitió una evaluación más precisa asociada a la calidad del suelo (Lazo et al., 2019; Rychtecká et al., 2023).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la recolección de datos se desarrolló el bosquejo de 15 atributos considerados relevantes, ya que proporcionaron información clave sobre las potencialidades y debilidades de cada suelo (Neira et al., 2022). Esta selección incluyó características físicas, químicas y biológicas que impactan en la capacidad productiva y en la salud del suelo. Los atributos evaluados abarcaron aspectos como la textura, la materia orgánica, la densidad aparente y la porosidad, entre otros. La tabla 1 presenta estos atributos, facilitando una comprensión integral del estado de los suelos y orientando futuras estrategias de manejo y conservación (Saravia-Matus et al., 2019).

El suelo con algunas prácticas de manejo y conservación sostenible mostró la mayor calidad, alcanzando un valor de 20,92 componentes. En contraste, el suelo del bosque originario presentó una calidad intermedia, con 9,63 componentes. El suelo con prácticas agrícolas tradicionales culturalmente registró 9,3 componentes, mientras que el suelo con intervención reciente agrícola obtuvo el valor más inferior, con 9 componentes. Posteriormente, se realizó una normalización, utilizando el principio adansoniano (Cole et al., 2024). Esta normalización indicó al suelo con prácticas agrícolas tradicionales culturalmente la menor calidad (24 %), seguido del suelo del bosque originario con 34 %. El suelo en donde se reportó la implementación de algunas prácticas de manejo y conservación sostenible arrojó 69 %, con énfasis en el de mejor calidad; por otro lado, el suelo con intervención relativamente tardía en cultivos agrícolas demostró tener una buena calidad estimada en 69 %. Finalmente, la sumatoria de los datos ajustados en función de carga factorial mostró que el suelo con algunas prácticas de manejo y conservación alcanzó 7,9 componentes (41,08 %), el suelo con intervención tardía en cultivos agrícolas presentó 5,71 componentes (30,24 %), el suelo del bosque originario tuvo 2,89 componentes (15,09%), y el suelo con prácticas agrícolas tradicionales culturalmente obtuvo 2,51 componentes (13,51 %), clasificándose como el de menor calidad.

Así, se procedió a generar un dendrograma, el cual se presenta en la figura 2, a partir del análisis de clúster (Delgadillo-Duran et al., 2022), con truncamiento a una distancia de - 0,3369482, lo que permitió agrupar los suelos con prácticas de manejo y conservación sostenible, asociadas al suelo de bosque nativo. Por otro lado, los suelos con intervención reciente en cultivos intensivos y prácticas agrícolas tradicionales se agruparon a una distancia de - 0,136948. Luego, se realizó un análisis factorial; la tabla 2 muestra la matriz de proximidad con el coeficiente de correlación de Pearson (Burgos-Ayala et al., 2024), en la que se observó que la correlación entre los suelos mostró un comportamiento inverso, revelando diferencias significativas en sus características edáficas.

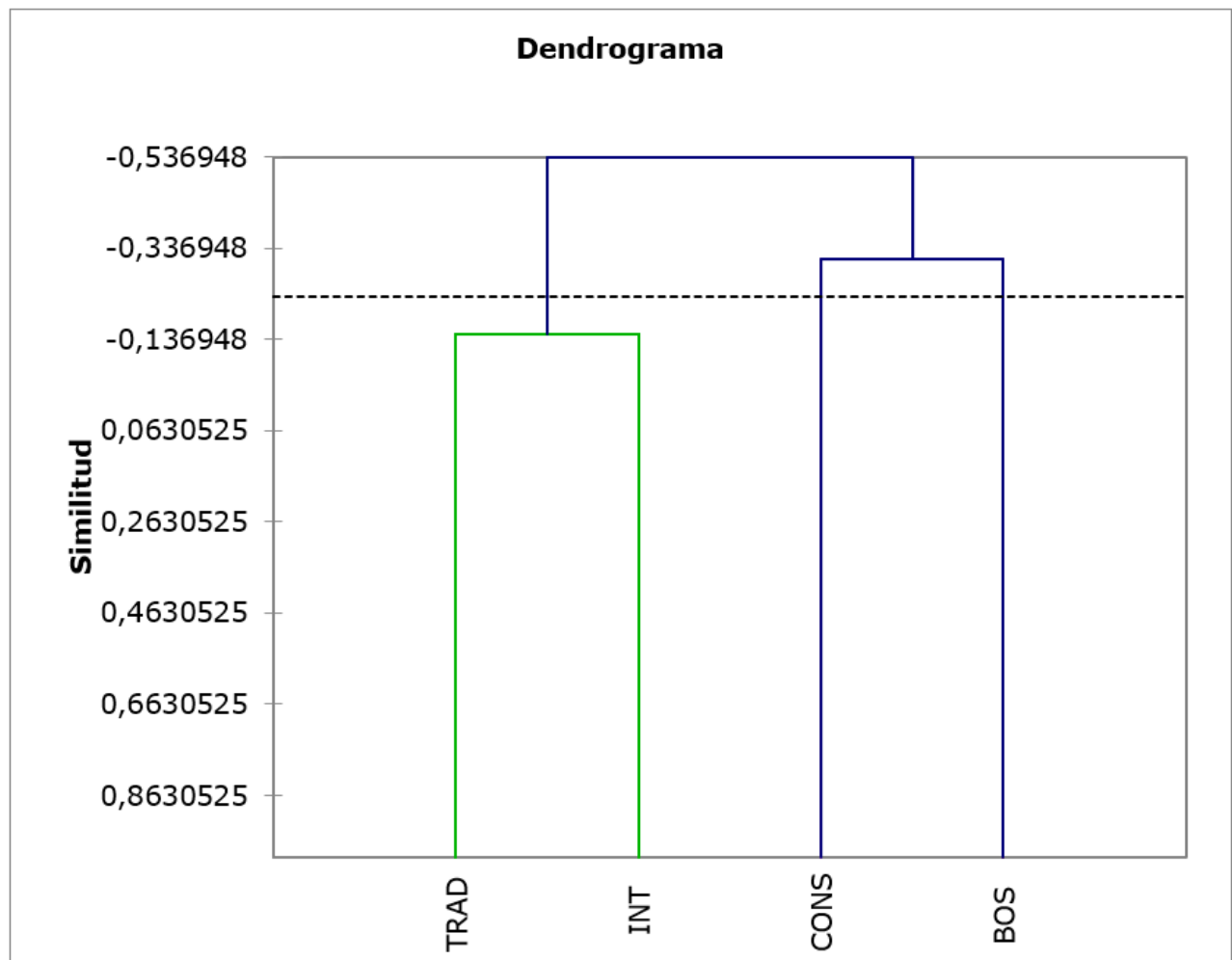


Figura 2.
Dendrograma de los suelos analizados
Autores

Se observó una correlación estimada como baja al asociarse los suelos con prácticas agrícolas tradicionales culturalmente y el suelo con intervención relativamente reciente en cultivos agrícolas, lo que sugiere similitudes limitadas en sus características edáficas. Además, se observó una correlación media entre el suelo del bosque originario y el suelo con algunas prácticas de manejo y conservación sostenible, indicando ciertas similitudes en su calidad (ver Tabla 2). Igualmente, se estableció una correlación media entre el suelo del bosque originario y el suelo con intervención reciente en cultivos agrícolas, lo que resalta la influencia de las prácticas de manejo en las propiedades del suelo y su capacidad de retener características similares a pesar de las distintas intervenciones agrícolas.

Tabla 2.
Matriz de proximidad de suelos analizados

Suelos	TRAD	CONS	INT	BOS
TRAD	1	-0,173	-0,148	-0,508
CONS		1	-0,537	-0,314
INT			1	-0,303
BOS				1

autores

Lo anterior se confirmó mediante el análisis factorial, el cual evidenció una distribución de los suelos en diferentes cuadrantes, como se muestra en la figura 3. Esta representación gráfica permitió visualizar claramente las variaciones en las características edáficas entre los suelos evaluados. La disposición en los cuadrantes sugiere que los suelos con prácticas agrícolas tradicionalmente culturales y los suelos con intervención reciente en cultivos agrícolas se ubicaron en áreas distintas, indicando diferencias significativas en sus propiedades, mientras que los suelos con algunas prácticas de manejo y conservación sostenible y los del bosque originario se agruparon en cuadrantes cercanos, reflejando una relación más estrecha en sus atributos.

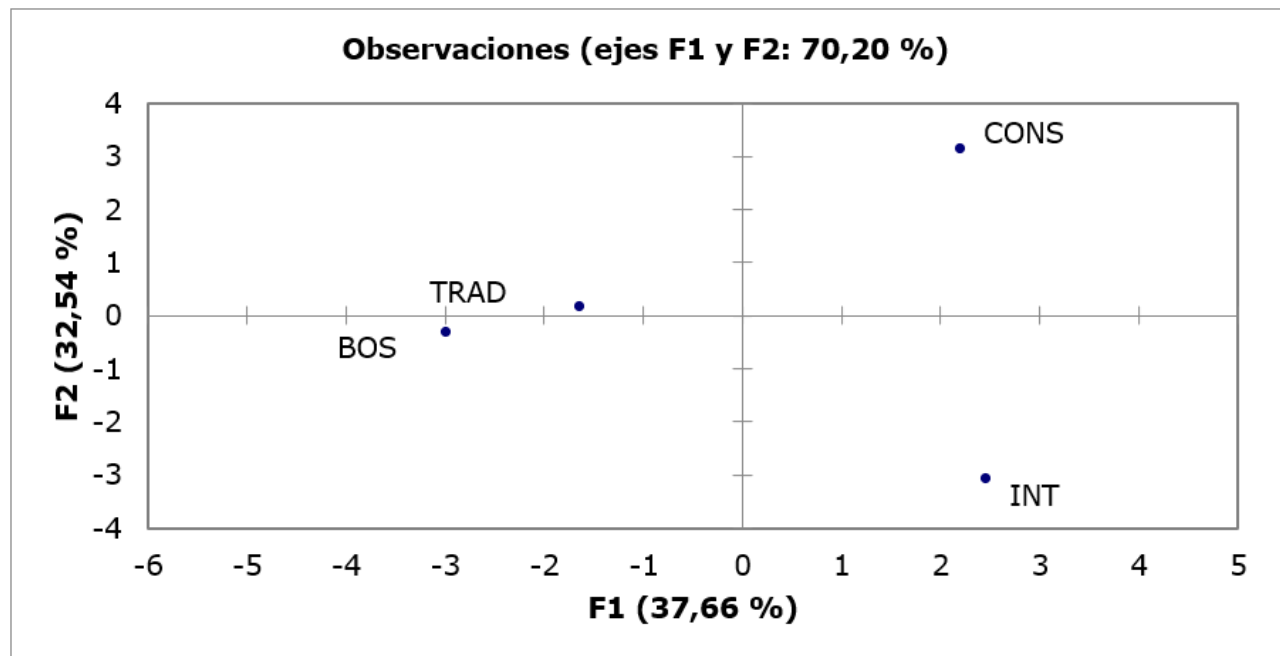


Figura 3.
Suelos analizados a través de cuadrantes

autores

La distribución observada en el análisis factorial confirmó la notable diferencia entre los suelos del municipio de Aipe. Las propiedades que contribuyen a esta variabilidad se presentaron en la figura del análisis factorial, se localizaron en el eje F1, el cual explicó el 37,66 % de las diferencias observadas entre los suelos analizados (ver Figura 4). Además, se determinó que las características de textura, específicamente la arcilla y la porosidad, aportaron un 32,54 % a la variabilidad total, evidenciando su influencia significativa en la calidad y las propiedades hidrofísicas de los suelos analizados. Estas diferencias subrayan la necesidad de estrategias de manejo específicas para cada tipo de suelo en la zona.

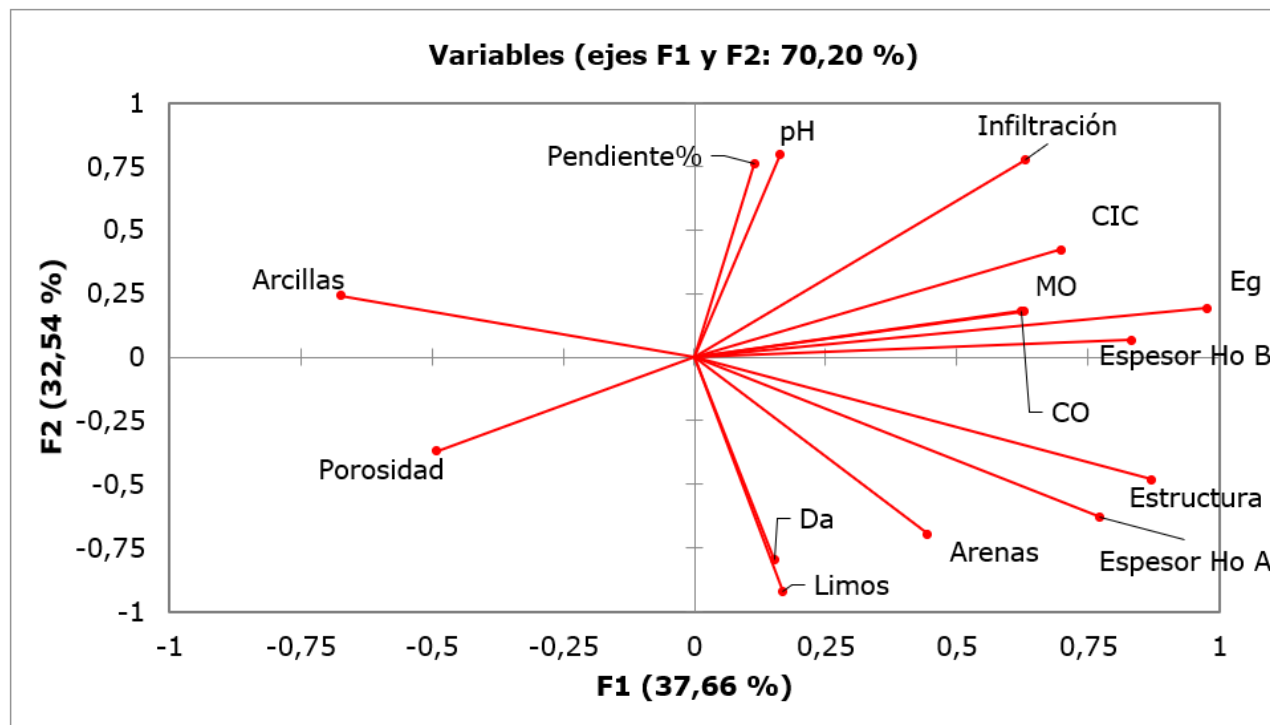


Figura 4.

Distribución de la carga factorial de las propiedades de los suelos analizados. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), elementos gruesos (Eg), carbono orgánico (CO) y densidad aparente (Da)
autores

Las propiedades escogidas para medir la calidad del suelo fueron consideradas apropiadas y significativas, según lo indicado en la tabla 3, ya que permitieron identificar su carga factorial.

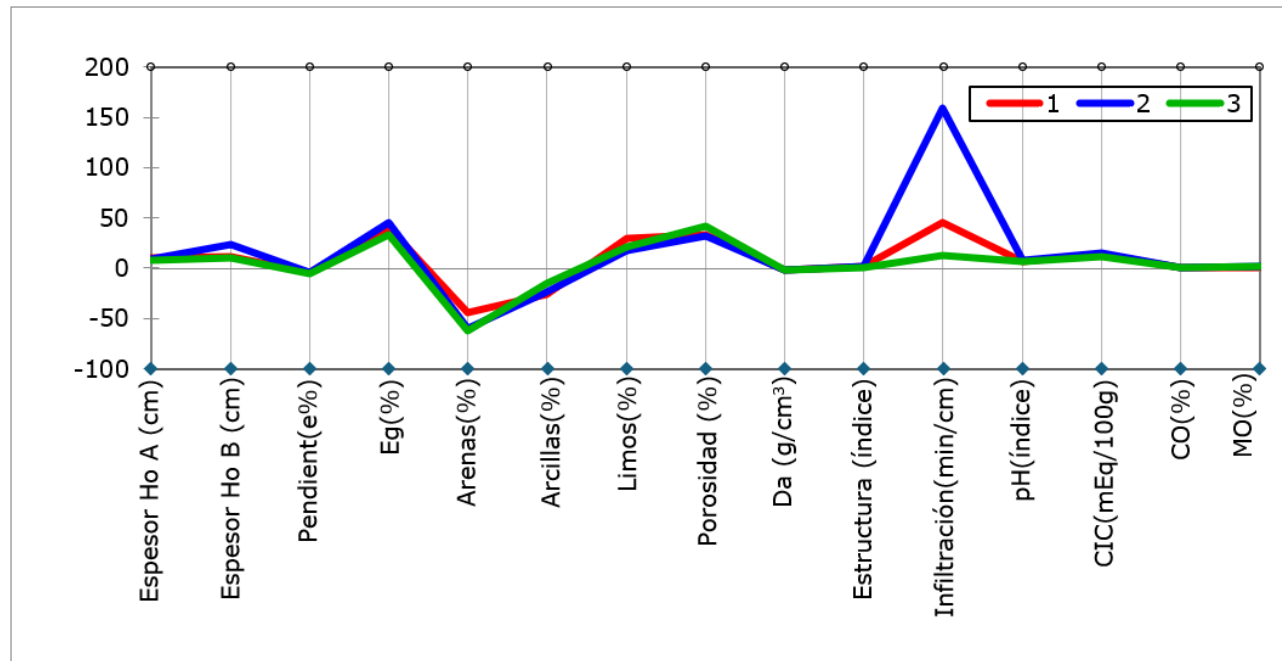
Tabla 3.
Cargas factoriales según sus propiedades

Atributos	F1	F2
Espesor del Ho A	0,776	-0,687
Espesor del Ho B	0,837	0,067
Pendiente	0,185	0,759
Elementos gruesos	0,927	0,193
Arenas	0,445	-0,694
Arcillas	-0,674	0,241
Limos	0,169	-0,983
Porosidad	-0,492	-0,269
Densidad aparente	0,158	-0,794
Estructura	0,865	-0,582
Infiltración	0,63	0,776
pH	0,113	0,787
CIC ⁶	0,647	0,422
Carbono orgánico	0,624	0,179
Materia orgánica	0,627	0,182

autores

[6] Capacidad de intercambio catiónico.

Así mismo, en la figura 5 se apreció la calidad dominante del suelo con algunas prácticas de manejo y conservación sostenible (línea azul), seguido por el suelo con prácticas agrícolas tradicionalmente culturales (línea roja) y el suelo del bosque originario (línea verde) se conservó en los valores más bajos y negativos.

**Figura 5.**

Tendencia de los suelos analizados. Elementos gruesos (Eg), densidad aparente (Da), capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (CO) y materia orgánica (MO)

autores

Indicadores de calidad de los suelos analizados

En los suelos ensayados, se observó que el espesor del horizonte A, la textura, el orden de los horizontes y el contenido de elementos gruesos, estimados como propiedades estáticas, habían sido significativamente transformados por la actividad antrópica de la zona, especialmente en el suelo con prácticas agrícolas tradicionalmente culturales. Esta variación complicó la selección de propiedades hidrodinámicas que pudieran funcionar como indicadores de calidad. En la primera elección, se identificó que la densidad aparente tiene el mayor dato significativo, seguida por la infiltración y la materia orgánica; en tercer lugar, la estructura con la porosidad (ver Tabla 3). Posteriormente, se analizó la correlación a partir de la matriz de correlación de Pearson a las propiedades de mayor peso. Con respecto al análisis factorial arrojó como resultado una carga factorial alta para las propiedades dinámicas, tales como la estructura (0,865), la infiltración (0,63), la materia orgánica (0,627), la porosidad (-0,492) y la densidad aparente (0,158) (ver Tabla 3).

4. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio demuestran que el suelo con algunas prácticas de manejo y conservación sostenible es el de mayor calidad, alcanzando un 41,08 %; a diferencia, el suelo con uso intensivo reciente agrícola representa una calidad intermedia de 30,24 %. Por su parte, el suelo del bosque originario se ubicó en una calidad baja, con un 15,09 %, mientras que el suelo con prácticas agrícolas tradicionalmente culturales tuvo una calidad muy baja, con el 13,51 %. Estos hallazgos indican la importancia de las estrategias de manejo y conservación en la salud del suelo y su capacidad productiva.

Las propiedades hidráulicas y físicas evaluadas en los suelos que mejor se ajustan para conformar el conjunto mínimo de indicadores (CMI) son: la estructura, la infiltración, la materia orgánica, la densidad aparente y la porosidad. Estos indicadores son fundamentales para la valoración de la calidad del suelo y permiten identificar las diferencias en el tiempo.

El examen realizado mediante la clasificación jerárquica ascendente (CAJ) demostró una correlación significativa entre los suelos sometidos a las metodologías agrícolas tradicionales culturalmente y los influenciados por la agricultura con intervenciones en la producción de cultivos, con una distancia del 13,2 %. Además, los suelos caracterizados por ciertas técnicas de gestión y conservación sostenibles, junto con los suelos de bosques originarios, mostraron una distancia del 34,3 %. Estas distancias sugieren que los atributos de estos suelos están interrelacionados y subrayan la influencia de las prácticas de manejo en su calidad general.

Las particularidades hidrofísicas de los suelos analizados que se mantienen dentro del rango adecuado para una agricultura aprovechable corresponden al suelo con algunas prácticas de manejo y conservación sostenibles. A diferencia del suelo con prácticas agrícolas tradicionalmente culturales, no se considera idóneo para la actividad agrícola, lo que sugiere la necesidad de reevaluar las prácticas actuales en esta área.

Finalmente, se recomienda que el grupo de suelo con prácticas agrícolas tradicionalmente culturales y el suelo con intervención reciente en cultivos agrícolas sean sometidos a un método de manejo y conservación sostenible ambiental. Esto es crucial para mitigar los impactos negativos derivados del mal uso de las prácticas agrícolas por la explotación agropecuaria de la zona.

Así mismo, se recomienda implementar un plan de manejo integral que contemple las prácticas de conservación y restauración del suelo en el municipio de Aipe. Este plan debe incluir la capacitación de los agricultores sobre técnicas de manejo sostenible que favorezcan la conservación de las propiedades hidrofísicas del suelo, como la materia orgánica y la estructura. Además, es esencial promover la reforestación de áreas degradadas y la rotación de cultivos para mejorar la calidad del suelo. Este estudio realizado es de vital importancia, ya que proporciona un marco técnico para la evaluación continua de la calidad de la salud del suelo, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola y a la preservación de los recursos naturales en la zona. La adopción de estos enfoques permitirá no solo la recuperación de suelos degradados, sino también el fortalecimiento de la producción agrícola a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Surcolombiana (USCO), específicamente al Laboratorio de Suelos por el apoyo técnico y logístico en el procesamiento y análisis de las muestras de suelo tomadas.

LITERATURA CITADA

- Andrews, S. S., Karlen, D. L. & Cambardella, C. A. (2004). *The Soil Management Assessment Framework*. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945-1962. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1945>
- Arévalo-Hernández, J. J., Medeiros de Oliveira, E., Ferraz, G. A. S., Polanía-Montiel, D. C., Liscano Solano, A. L. & Naves Silva, M. L. (2024). The delineation of management zones using soil quality indices for the cultivation of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) in Huila, Colombia. *Geoderma Regional*, 39, e00886. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00886>
- Asmamaw, D. K., Janssens, P., Dessie, M., Tilahun, S., Adgo, E., Nyssen, J., Walraevens, K., Pue, J. De, Yenehun, A., Nigate, F., Sewale, A. & Cornelis, W. M. (2022). Effect of integrated soil fertility management on hydrophysical soil properties and irrigated wheat production in the upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, 221, 105384. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105384>
- Bassi Penteado, P., Covaes Nogarotto, D., Perilo Baltazar, J., Andrea Pozza, S. & Benavente Canteras, F. (2022). Inorganic pollution in urban topsoils of Latin American cities: A systematic review and future research direction. *Catena*, 210, 105946. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105946>
- Bovi, R. C., Pessoa, T. N., Boschi, R. S., Castilho, S. C. de P., Libardi, P. L. & Cooper, M. (2022). Effect of hydrophysical properties on pipe formation in tropical soils. *Science of the Total Environment*, 827, 154296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154296>
- Burgos-Ayala, A., Jiménez-Aceituno, A., Meacham, M., Rozas-Vásquez, D., Mancilla García, M., Rocha, J. & Rincón-Ruiz, A. (2024). Mapping ecosystem services in Colombia: Analysis of synergies, trade-offs and bundles in environmental management. *Ecosystem Services*, 66, 101608. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101608>
- Cole, R. J., Werden, L. K., Arroyo, F. C., Mendez Quirós, K., Quirós Cedeño, G. & Crowther, T. W. (2024). Forest restoration in practice across Latin America. *Biological Conservation*, 294, 110608. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110608>
- Cortes, J., Castro, A., Arboleda, G., Sepulveda, V., Piragauta, N. & Higuera, O. (2022). Hydrogeological and hydrogeochemical evaluation of groundwaters and surface waters in potential coalbed methane areas in Colombia. *International Journal of Coal Geology*, 253, 103937. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2022.103937>
- Delgadillo-Duran, D. A., Vargas-García, C. A., Varón-Ramírez, V. M., Calderón, F., Montenegro, A. C. & Reyes-Herrera, P. H. (2022). Vis-NIR spectroscopy and machine learning methods to diagnose chemical properties in Colombian sugarcane soils. *Geoderma Regional*, 31, e00588. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00588>
- Golubev, V., McCarter, C. & Whittington, P. (2021). Ecohydrological implications of the variability of soil hydrophysical properties between two Sphagnum moss microforms and the impact of different sample heights. *Journal of Hydrology*, 603, 126956. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126956>
- Halecki, W. & Stachura, T. (2021). Evaluation of soil hydrophysical parameters along a semiurban small river: Soil ecosystem services for enhancing water retention in urban and suburban green areas. *Catena*, 196, 104910. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104910>

- Karlen, D. L., Ditzler, C. A. & Andrews, S. S. (2003). Soil quality: Why and how? *Geoderma*, 114(3-4), 145-156. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00039-9)
- Lazo, P. X., Mosquera, G. M., McDonnell, J. J. & Crespo, P. (2019). The role of vegetation, soils, and precipitation on water storage and hydrological services in Andean Páramo catchments. *Journal of Hydrology*, 572, 805-819. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.050>
- López-Barrera, F., Martínez-Garza, C. & Ceccon, E. (2017). Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 97-112. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.001>
- Maguzu, J., Maliondo, S. M., Urlik, I. & Katani, J.Z. (2024). Developing soil quality indices for predicting site classes in *Pinus patula* stands of Sao Hill and Shume Forest Plantations, Tanzania. *Sustainable Environment*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/27658511.2024.2433330>
- Marrero, V., Baena, D., Berrio-Giraldo, L., Villegas-Palacio, C., Berrouet, L. & Ezzine-De-Blas, D. (2024). Complexity of sustainable trajectories of a socioecological system. An application of the wayfinder guide in the tropical Andes (Colombia). *Environmental Science and Policy*, 156, 103747. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103747>
- Mohanty, M., Painuli, D. K., Misra, A. K. & Ghosh, P. K. (2007). Soil quality effects of tillage and residue under rice-wheat cropping on a Vertisol in India. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.03.005>
- Neira, F., Ribadeneira, S., Erazo-Mera, E. & Younes, N. (2022). Adaptive co-management of biodiversity in rural socio-ecological systems of Ecuador and Latin America. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11883>
- Nikonorov, A., Terleev, V., Pavlov, S., Togo, I., Volkova, Y., Makarova, T., Garmanov, V., Shishov, D. & Mirschel, W. (2016). Applying the Model of Soil Hydrophysical Properties for Arrangements of Temporary Enclosing Structures. *Procedia Engineering*, 165, 1741-1747. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.917>
- Reynolds, W. D. & Lewis, J. K. (2012). A drive point application of the Guelph Permeameter method for coarse-textured soils. *Geoderma*, (187-188), 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.04.004>
- Rodríguez Garay, F. A., Camacho Tamayo, J. H. & Rubiano-Sanabria, Y. (2016). Variabilidad espacial de los atributos químicos del suelo en el rendimiento y calidad de café. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 237-254. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num2_art:493
- Rojas-Ospina, A., Zuñiga-Collazos, A. & Castillo-Palacio, M. (2024). Factors influencing environmental sustainability performance: A study applied to coffee crops in Colombia. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(3), 100361. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100361>
- Ruiz Sánchez, M., Muñoz Hernández, Y., Dell'Amico, J. M. y Polón Pérez, R. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 178-186. <https://doi.org/10.13146/NR2.1.1.3648.800>
- Rychtecká, P., Samec, P. & Rosíková, J. (2023). Floodplain forest soil series along the naturally wandering gravel-bed river in temperate submontane altitudes. *Catena*, 222, 106830.
- Sanabria, C., Dubs, F., Lavelle, P., Fonte, S. J. & Barot, S. (2016). Influence of regions, land uses and soil properties on termite and ant communities in agricultural landscapes of the Colombian Llanos. *European Journal of Soil Biology*, 74, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.03.008>

- Saravia-Matus, S. L., Aguirre Hörmann, P. & Berdegú, J. A. (2019). Environmental efficiency in the agricultural sector of Latin America and the Caribbean 1990-2015: Are greenhouse gas emissions reducing while agricultural production is increasing? *Ecological Indicators*, 102, 338-348. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.050>
- Sarmiento Reyes, E. B., Fandiño Zabala, S. A. y Gómez Echeverri, L. F. (2018). Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática. *Ecosistemas*, 27(3), 130-139. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1598>
- Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H. & Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), 335-356. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Silva-Olaya, A. M., Ortiz-Moreno, F. A., España-Cetina, G. P., Olaya-Montes, A., Grados, D., Gasparatos, A. & Cherubin, M. R. (2022). Composite index for soil-related ecosystem services assessment: Insights from rainforest-pasture transitions in the Colombian Amazon. *Ecosystem Services*, 57, 101463. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101463>
- Turbay, S., Nates, B., Jaramillo, F., Vélez, J. J. & Ocampo, O. L. (2014). Adaptation to climate variability among the coffee farmers of the watersheds of the rivers Porce and Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas*, 85, 95-112. <https://doi.org/10.14350/rig.42298>
- Turek, M. E., de Jong van Lier, Q. & Armindo, R. A. (2020). Estimation and mapping of field capacity in Brazilian soils. *Geoderma*, 376, 114557. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114557>
- Vargas, C., Gomez-Valencia, M., Gonzalez-Perez, M. A., Cordova, M., Calixto Casnici, C. V., Monje-Cueto, F., Nava-Aguirre, K. M., Minto-Coy, I. & Coronado, F. (2022). Climate-resilient and regenerative futures for Latin America and the Caribbean. *Futures*, 142, 103014. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103014>
- Zhang, Z., Laux, P., Baade, J., Arnault, J., Wei, J., Wang, X., Liu, Y., Schmulilius, C. & Kunstmann, H. (2023). Impact of alternative soil data sources on the uncertainties in simulated land-atmosphere interactions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 339, 109565. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109565>
- Rodríguez Suárez, L. R., Suárez Salazar, J. C., Casanoves, F. & Ngo Bieng, M. A. (2021). Cacao agroforestry systems improve soil fertility: Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 314, 107349. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107349>

INFORMACIÓN ADICIONAL

FINANCIAMIENTO: No aplica.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA: **Autor 1:** toma y análisis de muestras; escritura. **Autor 2:** escritura, análisis y edición.

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

ENLACE ALTERNATIVO

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/issue/archive> (html)

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/issue/archive> (pdf)

AmeliCA

Disponible en:

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/130/1305315006/1305315006.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en portal.amelica.org

AmeliCA

Ciencia Abierta para el Bien Común

Heider Fernando Losada Losada,

Juan Guillermo Popayán-Hernández

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE SUELOS BAJO DIVERSAS ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN EN AIPE, HUILA, COLOMBIA, ENTRE 2023 Y 2024

EVALUATION OF HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS UNDER VARIOUS MANAGEMENT AND CONSERVATION STRATEGIES IN AIPE, HUILA, COLOMBIA BETWEEN 2023 TO 2024

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

vol. 16, núm. 2, p. 125 - 142, 2025

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

riaa@unad.edu.co

ISSN: 2145-6097

ISSN-E: 2145-6453

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.8777>

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/about>



CC BY-NC-SA 4.0 LEGAL CODE

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.