

Evaluación de niveles de compactación y erosión antrópica de suelos agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo

Evaluation of compaction levels and anthropic erosion of agricultural soils in the area of CEDEGE, Babahoyo

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14757161>

AUTORES: Liza Sanchez Pisco^{1*}
Eliseo Obando Izquierdo²
Nessar Rojas Jorge³
Eduardo Colina Navarrete⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: lsanchezp@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 06/ 12/ 2024

Fecha de aceptación: 13/ 12/ 2024

RESUMEN

El suelo, un recurso no renovable esencial para la agricultura, debido a la compactación y erosión de prácticas insostenibles y uso excesivo de maquinaria pesada, afecta su salud y reduce de manera progresiva el rendimiento de los cultivos. Para la investigación del presente estudio fue realizado en CEDEGE, ubicada en Babahoyo, en la provincia de Los Ríos, con el objetivo de evaluar la compactación y la erosión de los suelos agrícolas de la región. La metodología incluye la recolección de muestras de suelos en 30 sectores del proyecto CEDEGE-Babahoyo. Las variables estudiadas abarcaron grados de compactación, nivel de erosión, colorimetría Munsell, capacidad de almacenamiento y velocidad de infiltración. Los resultados indicaron que

1* Ingeniera Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UTB. Babahoyo, Ecuador. lsanchezp@utb.edu.ec

2 Estudiante. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UTB. Babahoyo, Ecuador. eliceoobandoi@hotmail.com

3 Ingeniero Agrónomo. Magister en Agroecología. Docente. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UTB. Babahoyo, Ecuador. nrojas@utb.edu.ec

4 Ingeniero Agrónomo. Magister Agroecología. Docente-Investigador. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UTB. Babahoyo, Ecuador. ncolina@utb.edu.ec

los niveles de compactación para Cedral-1, Almesa y 2-Puentes fue (moderado) y Rodríguez, Valle Verde (leve). En cuanto al índice de erosión, se clasificó como mínima o nula en sectores como Valle-Verde y Cedral-1, y como moderada en las áreas de 2-Puentes, Almesa y Rodríguez. Entre las prácticas de manejo recomendadas para mejorar la productividad agrícola y preservar la sostenibilidad del suelo se incluyen la siembra directa sin labranza, la labranza mínima, la implementación de árboles como cercas vivas y la rotación de cultivos.

Palabras clave: Compactación, erosión antrópica, infiltración, Química de suelos.

ABSTRACT

Soil, an essential non-renewable resource for agriculture, is affected by compaction and erosion due to unsustainable practices and excessive use of heavy machinery, which progressively reduces crop yields. The present study was conducted at CEDEGE, located in Babahoyo, in the province of Los Ríos, with the aim of evaluating the compaction and erosion of agricultural soils in the region. The methodology includes the collection of soil samples in 30 sectors of the CEDEGE-Babahoyo project. The variables studied included degrees of compaction, erosion level, Munsell colorimetry, storage capacity and infiltration rate. The results indicated that the compaction levels for Cedral-1, Almesa and 2-Puentes were (moderate) and Rodríguez, Valle Verde (slight). Regarding the erosion index, it was classified as minimal or null in sectors such as Valle-Verde and Cedral-1, and as moderate in the areas of 2-Puentes, Almesa and Rodríguez. Recommended management practices to improve agricultural productivity and preserve soil sustainability include no-till seeding, minimum tillage, the use of trees as living fences, and crop rotation.

Keywords: Compaction, anthropogenic erosion, infiltration, soils chemistry

INTRODUCCIÓN

El suelo es fundamental para la producción, su capacidad para cumplir funciones ecológicas, sostener la productividad biológica y mantener la calidad ambiental, aunque no se puede medir directamente, se evalúa mediante indicadores basados en características y procesos del suelo (Acevedo *et al.*, 2021).

Es un recurso natural no renovable, cuya formación y regeneración ocurre de manera lenta, por tal motivo, es esencial para la actividad agrícola, ya que proporciona nutrientes, agua y soporte a los cultivos, asimismo, participa activamente en los ciclos biogeoquímicos del agua, nitrógeno, carbono, fósforo y otros elementos (Rodríguez *et al.*, 2020).

Se define el suelo como un cuerpo natural que surge de una mezcla homogénea, tridimensional y dinámica de componentes sólidos (arena, limo, arcilla y materia orgánica), agua y gases (CO₂ y el oxígeno), considerado un sistema altamente complejo, en el que se desarrollan de manera continua diversos procesos químicos, físicos y biológicos, su formación proviene de la

descomposición de rocas y restos orgánicos, impulsada por factores ambientales, así como por la intervención de microorganismos, animales, plantas y el ser humano (Núñez *et al.*, 2020).

La compactación de suelos agrícolas es consecuencia, en gran medida, de la expansión de sistemas de producción con maquinaria intensiva y un tráfico continuo en los campos, lo que genera presiones significativas sobre el suelo, este problema se agrava en el subsuelo cuando las técnicas de labranza convencionales no pueden revertir la compactación en capas más profundas, dificultando su detección, por tal motivo, este fenómeno se convierte en uno de los procesos de degradación más complejos de identificar y corregir, en Europa, la Comisión de las Comunidades Europeas la ha señalado como una de las amenazas más frecuentes y desafiantes para la calidad del suelo agrícola, se considera, a nivel mundial, aproximadamente 68 millones de hectáreas están afectadas por la compactación causada por el ser humano, siendo Europa y África responsables del 49% y 26% de esta superficie (López, 2020).

La susceptibilidad de los suelos a la compactación depende de su textura, siendo los suelos arcillosos más propensos a compactarse en comparación con los suelos arenosos, además, los suelos con bajo contenido de materia orgánica tienden a ser más vulnerables a la compactación, ya que carecen de agregados sólidos que fortalezcan su estructura (FAO, 2023).

En Ecuador, la compactación del suelo afecta la agricultura, pero faltan estudios que analicen su impacto en la productividad considerando aspectos económicos, sociales y ambientales (Rodríguez *et al.*, 2021). De igual manera, la erosión del suelo implica el arrastre de partículas sólidas, ya sea de forma natural por agua y aire lentamente, o de manera acelerada por actividades agrícolas humanas que intensifican el proceso (Espinosa *et al.*, 2022).

Los suelos están siendo cada vez más impactados por diversas actividades humanas, de carácter agrícola, industrial, lo que frecuentemente resulta en su degradación y pérdida de funciones, por tal motivo, la degradación del mismo es consecuencia de múltiples amenazas derivadas de dichas actividades, entre las cuales se destacan: erosión, pérdida de materia orgánica, contaminación, impermeabilización, producto de construcción, compactación (pastoreo y uso intensivo de maquinaria pesada), reducción de la biodiversidad, salinización, inundaciones, etc (Núñez *et al.*, 2020).

La erosión es el proceso mediante el cual se desgasta la superficie terrestre debido a las fuerzas naturales, contribuyendo a la transformación del suelo, por tal motivo, este proceso es acelerado por actividades humanas, como el uso inadecuado y mal manejo de los suelos, denominado como erosión acelerada, además, en el sector silvoagropecuario, la erosión representa un desafío importante, ya que el suelo es un recurso no renovable y extremadamente vulnerable tanto a la actividad humana como a las condiciones de variabilidad climática (Aguilar, 2020).

La erosión es un factor que provoca la degradación de la capa arable, la cual es esencial para la agricultura debido a su riqueza en nutrientes y materia orgánica, como resultado, se va perdiendo la capa superficial, dejando expuestos los subsuelos, que son menos productivos. Además, reduce el espesor del perfil del suelo y disminuye la zona de crecimiento radicular, lo que

conlleva a una menor capacidad de retención de agua, este problema es especialmente evidente en suelos de baja profundidad (Burga, 2022).

La erosión antrópica se refiere al desgaste y desplazamiento de la capa superficial del suelo provocados por la actividad humana, a diferencia de la erosión natural, que ocurre de manera gradual y está influenciada por factores climáticos y geológicos, la erosión antrópica es el resultado directo de la intervención humana en el entorno, esta intervención incluye prácticas como la agricultura intensiva, la deforestación, la construcción de infraestructuras y otras acciones que alteran el equilibrio natural del suelo, acelerando su degradación (Ruiz, 2024).

Las constantes actividades que han reducido la profundidad del suelo y su fertilidad, lo que pone en riesgo la alimentación de millones de personas tales como las quemadas, deforestación, ganadería y agricultura, además, el uso de fertilizantes y pesticidas agrava la contaminación del suelo, intensificando el problema ambiental, esto ha acelerado la degradación de recursos como la deforestación, la erosión, la desertificación, la contaminación de aguas y pérdida de biodiversidad, de continuar estas prácticas, se impondrán serias restricciones a la capacidad de la tierra para alimentar a futuras generaciones (Yate, 2022).

La pérdida de fertilidad del suelo es una de las principales consecuencias de la erosión, ya que afecta directamente la producción y calidad de los cultivos, lo que impacta negativamente la rentabilidad económica, una gestión inadecuada del suelo puede resultar en la disminución de su fertilidad, ya sea por la extracción excesiva de nutrientes por parte de las plantas o por el lavado de los mismos debido a la degradación de la estructura del suelo, por lo tanto, es fundamental llevar a cabo un monitoreo continuo del suelo para aplicar prácticas de manejo sostenible y, en caso necesario, implementar medidas correctivas que favorezcan su recuperación (Tecnicrop, 2022).

Entre las prácticas agrícolas, el laboreo ha jugado un papel crucial en la aceleración de la degradación del suelo, ya que provoca la desagregación de partículas y la destrucción de la cubierta vegetal, en este caso, sistemas alternativos como el no laboreo, el laboreo mínimo, la siembra directa y el cultivo con cubierta vegetal pueden ayudar a mitigar las pérdidas de suelo a nivel global (Vera, 2020).

Los sistemas silvopastoriles y agroforestales funcionan como una alternativa natural para mejorar la estructura del suelo, ya que las raíces de los árboles actúan como subsoladores, aumentando la porosidad y la aireación del suelo, esto favorece la absorción de nutrientes y optimiza el uso eficiente del agua, además, la combinación de árboles, cultivos y ganado de manera simultánea ayuda a mitigar los riesgos ambientales, protegiendo el suelo contra la erosión y reduciendo los efectos negativos de las inundaciones, por tal motivo, estos sistemas también actúan como reservorios de agua, lo que beneficia directamente a los cultivos, y una opción viable para restaurar la calidad del suelo y reincorporar tierras degradadas en sistemas productivos (González, 2024).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los niveles de compactación y erosión antrópica de suelo agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo, por tal motivo, es importante promover la implementación de estrategias o practicas sostenible y priorizar la conservación del suelo, para aumentar la productividad y asegurar la estabilidad económica de la zona, y a la vez, destacando su valor académico y aplicado.

METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó en sectores de la zona CEDEGE ubicada en el cantón Babahoyo, el área corresponde a 5 250 hectáreas. Se emplearon estudios de campo y laboratorio, para la selección de las fincas se empleó el método de muestreo sistemático estratificado. Las variables evaluadas fueron: nivel de compactación, grado de erosión, colorimetría Munsell, capacidad de almacenamiento, velocidad de infiltración.

El análisis estadístico fue inferencial, utilizando el programa InfoStat versión 2020, para tabular los resultados obtenidos de las variables estudiadas.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron técnicas y métodos específicos para determinar las variables planteadas den campo y laboratorio. Por lo cual, la toma de muestra fue un total de 30 fincas de los sectores seleccionados de la zona.

El trabajo estimó las siguientes variables:

Nivel de compactación: para la determinación de esta variable se utilizó un penetrómetro, considerando el suelo en capacidad de campo, por lo cual el procedimiento fue insertar el equipo a una profundidad de 20 cm (parte más trabajada por los aperos de labranza), cuyos datos se registraron en libras por pulgada cuadrada (PSI).

Tabla 1. Nivel de compactación con su rango de PSI

Grado	Rango (PSI)	Color	Nivel de compactación
1	0-200	Verde	Leve
2	201-300	Amarillo	Moderada
3	> 300	Rojo	Grave

Fuente: Tomado de Proain 2024.

Grado de erosión: se ha clasificado en términos de severidad y grado según la intensidad del proceso.

Tabla 2. Grado de erosión según el grado de compactación con compactómetro

Grupo	Grado de compactación con compactómetro	Grado de erosión
1	< 25%	Ninguna o muy poca erosión
2	26-75 %	Erosión moderada

3	> 75 %	Erosión severa
----------	--------	----------------

Fuente: Tomado de FAO 2020.

Colorimetría Munsell: se utilizó la tabla de Munsell para obtener la notación del suelo seco y húmedo de las muestras recolectadas, la cual fue secada, triturada y tamizada.

Capacidad de almacenamiento: se tomaron los datos con un medidor de humedad del día 1 y el día 5, la cual proporciono datos de los sectores muestreado.

Velocidad de infiltración: los valores obtenidos fueron previo al proceso del método empleado de la probeta aforada, de lo cual, se registró en cm/h la infiltración del agua en el suelo.

RESULTADOS

Nivel de compactación

El nivel de compactación leve presento los sectores Valle-verde y Rodríguez, y moderado los sectores de 2-Puentes, Cedral-1 y Almesa. En cuanto al valor de media, Cedral-1 presenta el valor más alto de 239.33 PSI y la Rodríguez con un resultado menor de 161,67 PSI (Tabla 3).

Grado de erosión

Con respecto al grado de erosión o severidad del mismo, se estimó que los sectores Valle-verde y Rodríguez están dentro del grupo 1 (ninguna o muy poca erosión) y 2-Puentes, Almesa y Cedral-1 están dentro del grupo 2 (erosión moderada). Aunque existen diferencias en las medias y variabilidad, el análisis de Tukey no revela diferencias estadísticas significativas entre los sectores, ya que todos comparten la misma letra A (Tabla 3).

Tabla 3. Nivel de compactación del suelo en PSI e índice de erosión, en evaluación de niveles de compactación y erosión antrópica de suelos agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo, 2024.

SECTOR	Media	CV	Mín	Máx	Nivel de Compactación	Grado de erosión	Tukey
Puentes	234,83	44,10	118	345	Amarillo	Grupo 2	A
Imesa	228,67	24,40	174	319	Amarillo	Grupo 2	A
Cedral-1	239,33	22,18	162	304	Amarillo	Grupo 2	A
Rodríguez	161,67	8,20	145	178	Verde	Grupo 1	A
Valle-Verde	176,17	34,32	110	245	Verde	Grupo 1	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Media: promedio de las mediciones en cada sector.

CV: coeficiente de variación refleja la variabilidad relativa.

Min: valores mínimos

Max: valores máximos registrados

Nivel de compactación: código de colores: verde (leve); amarillo (moderado); rojo (grave).

Grado de erosión: grupo 1 (ninguna o muy poca erosión); grupo 2 (erosión moderada); grupo 3 (erosión severa)).

Colorimetría Munsell

En el caso del color del suelo seco muestra una distribución predominante, de lo cual el color marrón rojiza clara, representando un 40% del total, el gris (17%), gris rojizo (13%) y marrón rojizo (10%), al igual que el marrón. El marrón claro y el gris rosado tienen las menores proporciones, con un (7%) y (3%), respectivamente, estos resultados reflejan una mayor prevalencia de suelos rojizos, con una variación considerable hacia tonos grises y marrones en menor proporción (gráfico 1).

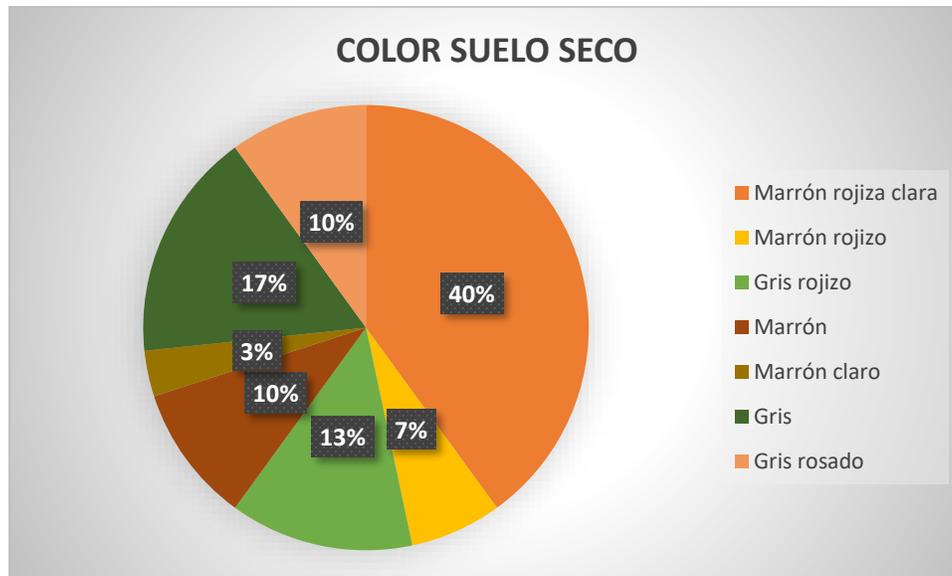


Gráfico 1. Color del suelo seco, Babahoyo, 2024.

En lo que respecta al color del suelo húmedo muestra que la mayoría de los suelos tienen un color gris oscuro, representando el 63% del total, el gris rosado un (17%), en cuanto a los colores marrón claro, gris rojizo oscuro, marrón rojizo, marrón, y gris rosado presentan proporciones menores, cada uno entre el (3%) y (7%), estos resultados indican una clara dominancia del color gris oscuro en los suelos húmedos evaluados (gráfico 2).

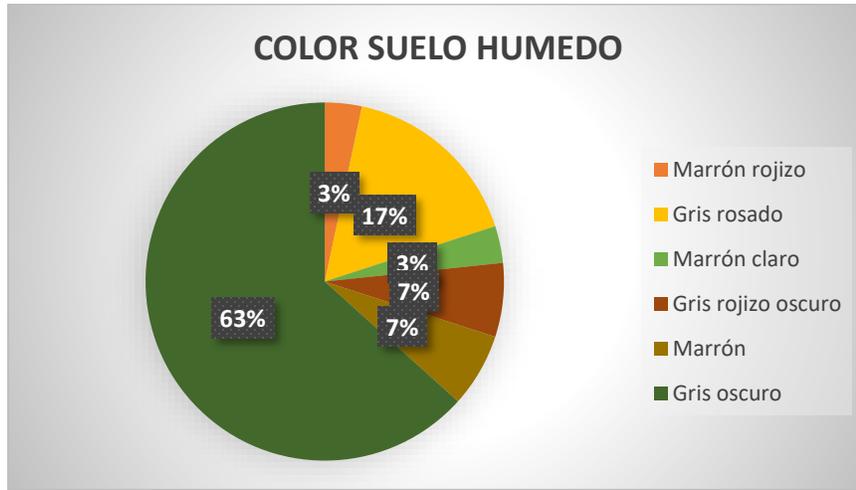


Gráfico 2. Color del suelo húmedo, Babahoyo, 2024.

Capacidad de Almacenamiento

Los valores de humedad del suelo en la primera lectura (Día 1), el sector 2-Puentes presentó la mayor media de humedad de (71,67%), seguido por Cedral-1 y Rodríguez, ambos con una media de (70%). En cuanto al sector con menor humedad fue Almesa, con una media de (55%). Por otro lado, Valle-Verde mostró el coeficiente de variación más bajo de (8,15%), mientras que 2-Puentes presentó el más alto (25,60%).

Tabla 4. Datos de humedad del suelo Día 1 de los sectores seleccionados, en evaluación de niveles de compactación y erosión antrópica de suelos agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo, 2024.

SECTOR	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Tukey
2-Puentes	71,67	18,35	7,49	25,60	40	90	A
Almesa	55,00	13,78	5,63	25,06	30	70	A
Cedral-1	70,00	10,95	4,47	15,65	60	90	A
Rodríguez	70,00	12,65	5,16	18,07	60	90	A
Valle-Verde	63,33	5,16	2,11	8,15	60	70	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

D.E: dispersión de datos en relación con la media de cada sector

E.E: precisión estimada

CV: coeficiente de variación refleja la variabilidad relativa.

Mín: valores mínimos

Max: valores máximos registrados

En cuanto a los valores de humedad del suelo de la segunda lectura (Día 5), los sectores 2-Puentes y Cedral-1 mostraron las mayores medias de humedad de un (30%). En cuanto al sector Rodríguez presentó la menor media de un (25%). El coeficiente de variación más alto se registró en 2-Puentes (36,51%), y Rodríguez tuvo el coeficiente más bajo de (21,08%).

Tabla 5. Datos de humedad del suelo Día 5 de los sectores seleccionados, en evaluación de niveles de compactación y erosión antrópica de suelos agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo, 2024.

SECTOR	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Tukey
2-Puentes	30	10,95	4,47	36,51	20	50	A
Almesa	26,67	8,16	3,33	30,62	20	40	A
Cedral-1	30	6,32	2,58	21,08	20	40	A
Rodríguez	25	5,48	2,24	21,91	20	30	A
Valle-Verde	28,33	7,53	3,07	26,57	20	40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

D.E: dispersión de datos en relación con la media de cada sector

E.E: precisión estimada

CV: coeficiente de variación refleja la variabilidad relativa.

Min: valores mínimos

Max: valores máximos registrados

Velocidad de Infiltración

Los resultados de la velocidad de infiltración, el sector 2-Puentes tiene la mayor media con 35,33 cm/h, y un rango de variación entre 25,00 y 45,00 cm/h, lo cual se clasifica como muy rápido según los parámetros del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). En contraste, el sector Valle-Verde muestra la media más baja de infiltración, con 19,00 cm/h, y un rango de entre 4,00 y 36,00 cm/h. El coeficiente de variación en este último sector es del 71,70 %. En cuanto al análisis de Tukey no revela diferencias estadísticas significativas entre los sectores, ya que todos comparten la misma letra A (Tabla 6).

Tabla 6. Datos de velocidad de infiltración, en evaluación de niveles de compactación y erosión antrópica de suelos agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo, 2024.

SECTOR	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.	Tukey
2-Puentes	35,33	8,02	3,27	22,69	25,00	45,00	A
Almesa	29,50	11,78	4,81	39,92	9,00	41,00	A
Cedral-1	26,17	17,61	7,19	67,31	5,00	48,00	A
Rodríguez	22,83	9,47	3,87	41,49	13,00	37,00	A
Valle-Verde	19,00	13,62	5,56	71,70	4,00	36,00	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

D.E: dispersión de datos en relación con la media de cada sector

E.E: precisión estimada

CV: coeficiente de variación refleja la variabilidad relativa.

Min: valores mínimos

Max: valores máximos registrados

DISCUSIÓN

Los niveles de compactación obtenidos de las muestras evaluadas fueron clasificados como leve y moderada. Según Galloza y Ponce (2021), indican que las prácticas agrícolas insostenibles han afectado la salud del suelo, ya que el uso frecuente de tractores y maquinaria pesada ha provocado su compactación, lo que gradualmente disminuye el rendimiento de los cultivos. Por otro lado, Cobos *et al.* (2021) mencionan que en Babahoyo, los valores obtenidos reflejan un menor grado de compactación en los suelos, lo que favorece una mayor infiltración de agua y facilita la exploración de las raíces.

El análisis del color del suelo húmedo mostró una predominancia del gris oscuro (5YR/4/1, 7,5YR/4/1), lo que sugiere un elevado contenido de materia orgánica en descomposición, responsable del oscurecimiento del suelo. Este resultado coincide con lo señalado por Bautista *et al.* (2021), quienes afirman en su investigación, que los índices de color del suelo fueron validados mediante regresiones múltiples para suelos de tonalidades gris rojizo oscuro y gris oscuro, posiblemente debido a la presencia de componentes naturales como minerales de hierro y manganeso, así como una abundante cantidad de materia orgánica humificada.

La evaluación de la humedad del suelo en los sectores de CEDEGE, Babahoyo, revela variaciones significativas en la capacidad de retención de agua a lo largo de los días analizados. Según Ortiz y Godoy (2022), los suelos de áreas bajas experimentan inundaciones periódicas, lo que provoca el desarrollo de una estructura más compacta que limita su capacidad de almacenamiento de agua. Durante los períodos secos, esto puede resultar en el agrietamiento de las capas superficiales del suelo, lo que afecta negativamente tanto la retención de humedad como la salud del suelo.

Los valores de velocidad de infiltración observados variaron entre moderados, rápidos y muy rápidos, dependiendo de la textura del suelo y su manejo. Estos resultados coinciden con lo señalado por Aragón *et al.* (2020), indican que los suelos estudiados presentaron una rápida infiltración, lo cual es favorable hasta cierto grado, ya que indica que no están compactados a niveles de degradación preocupantes, por otro lado, si una superficie esta compacta limita la infiltración de agua, lo que puede llevar a inundaciones del suelo y perjudicar los cultivos.

CONCLUSIONES

Los suelos del área estudiada presentan diversos grados de compactación, con Cedral-1, Almesa y 2-Puentes clasificados como moderadamente compactados, mientras que Rodríguez y Valle Verde tienen compactación leve. En cuanto a, términos de erosión, Valle-Verde y Cedral-1 muestran poca o ninguna erosión, mientras que 2-Puentes, Almesa y Rodríguez presentaron erosión moderada, la coloración del suelo sugiere una disminución en su capacidad productiva debido a la compactación. Además, la retención de humedad es baja por la pérdida de arcillas, y las tasas de infiltración son excesivamente rápidas debido al alto contenido de arena, lo que

aumenta el riesgo de erosión por desplazamiento de materiales. Por tal motivo, las prácticas más recomendadas para mitigar estos problemas se destacan la siembra directa, labranza mínima, siembra de árboles como cercas vivas y la rotación de cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Acevedo, I., Sánchez, A., Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. *Calidad del suelo. Bioagro*, 33(2):127-134.
- Aguilar, G. (2020). Problemática de la Erosión de suelos en sistemas de producción agrícola, en la provincia de Los Ríos (en línea). Tesis Ingeniero. 28 p. Disponible en: <http://190.15.129.146/bitstream/handle/49000/8462/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000084.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 17-09-2024
- Aragón, A., Martínez, S., Amador, C. (2020). Manejo y características de los suelos agrícolas de colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017 (en línea). *Revista Universitaria del Caribe*, 24(01):78-97. Disponible en: <https://camjol.info/index.php/RUC/article/view/9913>. Consultado: 2-10-2024
- Bautista, F., Goguitchaichvili, A., Delgado, C., Quintana, P., Aguilar, D., Cejudo, R., Cortés, J. (2021). El color como indicador de contaminación por metales pesados en suelos de la Ciudad de México (en línea). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73(1). 13 p. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v73n1/1405-3322-bsgm-73-01-00008.pdf>. Consultado: 7-10-2024.
- Burga, B. (2022). Evaluación de prácticas agrícolas de conservación para mitigar la erosión del suelo cultivado con avena (avena sativa L.) Chaltura, Imbabura (en línea). Tesis ingeniero Agropecuario. 76 p. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12398/2/03%20AGP%20324%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>. Consultado: 23-09-2024
- Cobos, F., Gómez, L., Reyes, W., Medina, R. (2021). Sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro en condiciones normales en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador (en línea). *Ecología Aplicada*, 20(1):65-81. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162021000100065. Consultado: 5-10-2024
- Espinosa, J., Moreno, J., Bernal, G. (2022). Suelos del Ecuador, clasificación, uso y manejo. Instituto Geográfico Militar. Ecuador. *Persona y Sociedad* 27(3):33-52.
- FAO. (2023). Soluciones para la compactación del suelo. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 230 p.

- Galloza, D., Ponce, L. (2021). Prácticas insostenibles en la biota del suelo a partir del manejo y sistemas agrícolas. Una revisión sistemática entre el 2009-2019 (en línea). 28 p. Disponible en:
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27446/Galloza%20Romero%20Diego%20Alonso_Ponce%20Gamboa%20Lizabeth%20Paola.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultado: 07-10-2024
- González, D. (2024). Identificación de las técnicas agroecológicas que se utilizan para la recuperación de la calidad de los suelos de Ecuador y Colombia (en línea). Universidad del Azuay. 46 p. Disponible en <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14217/1/19738.pdf>. Consultado: 27-09-2024
- López, R. (2020). Prevención de la compactación del suelo por operaciones agrícolas: una perspectiva geotécnica (en línea). 119 p. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151210/L%C3%B3pez%20-%20Preveni%C3%B3n%20de%20la%20compactaci%C3%B3n%20del%20suelo%20por%20operaciones%20agr%C3%ADcolas%20una%20perspectiva%20geot%C3%A9c....pdf?sequence=1>. Consultado: 17-09-2024
- Ortiz, J., Godoy, V. (2022). Velocidad de infiltración del agua empleando tres infiltrómetros en la finca experimental a maría-cantón Mocache (en línea). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 77 p. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/09700636-c21c-4a81-bbb1-7b2d608541f6/content>. Consultado: 9-07-2024
- Núñez, P., Colocho, J., Encina, A. (2020). Breve visión sobre el suelo: rol, importancia, funciones, calidad e indicadores (en línea). APF, 9(1):97-114. Disponible en: <https://www.sodiaz.org.do/apf/index.php/apf/article/view/118>. Consultado: 9-07-2024
- Rodríguez, I., Pérez, H., García, R., Quezada, A. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. Universidad y Sociedad (en línea). 12(5):389-398. ISSN 2218-3620. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202020000500389&script=sci_arttext&tlng=pt. Consultado: 16-09-2024
- Rodríguez, I., Pérez, H., García, R. (2021). Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Inés. Provincia de El Oro, Ecuador. Universidad y Sociedad 13(2):557-564.
- Ruiz, M. (2024). Causas de la erosión antrópica, ejemplos y cómo controlarla (en línea, blog). Disponible en <https://www.biospace.es/erosion-antropica/> Consultado: 9-06-2024
- Tecnicrop. (4 Ago. 2022). Cómo mejorar la fertilidad de los suelos (en línea, sitio web). Disponible en <https://tecnicrop.com/blog/como-mejorar-la-fertilidad-de-los-suelos>. Consultado: 15-06-2024
- Vera, M. (2020). Clases texturales de los suelos y su relación con la compactación en sistemas de cultivos de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador (en línea). Tesis Ingeniero. 28 p. Disponible

en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8430/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000276.pdf?sequence=1>. Consultado: 23-09-2024

Yate, A. (2022). Incidencia de la erosión en el suelo. *Revista Do-ciencia* (6):47-53. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/588029270>. Consultado: 17-09-2024