



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/371.394/2025>

Recibido: 2025-05-09

Aceptado: 2025-06-09

Publicado: 2025-07-11

Caracterización del terreno en la Quebrada Las Abras mediante imágenes LiDAR: Enfoque geológico y edafológico

Terrain Characterization in the Las Abras Ravine Using LiDAR Imagery: A Geological and Soil Science Approach

Autor:

Nelson Estuardo Patiño Vaca

<https://orcid.org/0009-0006-3492-7092>

npatino@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Jessica Paulina Brito Noboa

<https://orcid.org/0000-0001-5550-5688>

jessica.brito@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Alfredo Rodrigo Colcha Ortiz

<https://orcid.org/0009-0005-2280-5189>

alfredo.colcha@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Hernán Vladimir Pazmiño Chiluiza

<https://orcid.org/0000-0002-7169-7648>

hvpazmino@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Cómo citar

Patiño Vaca, N. E., Brito Noboa, J. P., Colcha Ortiz, A. R., & Pazmiño Chiluiza, H. V. (2025). Caracterización del terreno en la Quebrada Las Abras mediante imágenes LiDAR: Enfoque geológico y edafológico. *ASCE*, 4(3), 371–394.



Resumen

La presente investigación en la Quebrada Las Abras se enfoca en caracterizar las condiciones geológicas y edafológicas del área, empleando herramientas avanzadas como levantamientos LiDAR, tomografía eléctrica y diversos análisis del suelo. El objetivo principal es entender la composición del suelo y su dinámica hídrica en la zona. Los estudios de pendientes fueron realizados a partir de la digitalización en tres dimensiones de nubes de puntos LiDAR, permitiendo clasificar las pendientes en rangos que van desde una quebrada a nivel de terreno hasta fuertemente quebrada. Esta clasificación facilita el análisis de la estabilidad y ayuda a identificar áreas con mayor vulnerabilidad a procesos erosivos y de deslizamiento. En cuanto a la estructura del suelo, muestra que el suelo predominante en la quebrada es de textura arenosa y no plástica, lo que indica una baja cohesión y limitada retención de agua. Esta textura influye directamente en la susceptibilidad del suelo a la capacidad de infiltración. Las pruebas de tomografía eléctrica permitieron identificar variaciones significativas en la resistividad del suelo en distintas profundidades. Estas diferencias de resistividad revelan zonas con alta y baja permeabilidad, lo cual es fundamental para comprender su estabilidad. En conjunto, estos análisis aportan una caracterización detallada de las condiciones geológicas y edafológicas de la Quebrada Las Abras. Los resultados son útiles para entender los riesgos asociados a la erosión y a la estabilidad del suelo, así como para apoyar la planificación y gestión de recursos en esta zona de la provincia de Chimborazo.

Palabras clave: Suelo; Pendiente; LiDAR; Resistividad; Edafología.



Abstract

The present study conducted in the Las Abras ravine focuses on characterizing the geological and soil conditions of the area, using advanced tools such as LiDAR surveys, electrical resistivity tomography, and various soil analyses. The main objective is to understand the soil composition and its hydrological dynamics in the region. Slope analysis was carried out based on three-dimensional digitalization of LiDAR point clouds, allowing for the classification of slopes ranging from level terrain to steeply broken areas. This classification facilitates the assessment of slope stability and helps identify zones with greater vulnerability to erosion and landslide processes. Regarding soil structure, the findings indicate that the predominant soil in the ravine is sandy in texture and non-plastic, suggesting low cohesion and limited water retention capacity. This texture directly affects the soil's infiltration potential and susceptibility to hydrological changes. Electrical resistivity tomography tests revealed significant variations in subsurface resistivity at different depths. These resistivity differences indicate zones of both high and low permeability, which are critical for understanding slope and soil stability. Together, these analyses provide a detailed characterization of the geological and edaphological conditions of the Las Abras ravine. The results are valuable for assessing erosion-related risks and soil stability, and serve as a foundation for the planning and management of natural resources in this area of Chimborazo Province.

Keywords: soil; slope; LiDAR; resistivity; edaphology.



Introducción

En el contexto actual de gestión sostenible de los recursos naturales y los desafíos asociados con la comprensión de los procesos geológicos y edafológicos que forman nuestro entorno, el uso de tecnologías avanzadas, como el análisis mediante imágenes LiDAR (Light Detection and Ranging) se vuelve cada vez más relevante. Esta tecnología permite medir distancias entre sensores y objetos mediante luz láser para obtener mediciones topográficas mediante modelos digitales de alta resolución (FUSTER, 2021)

En 2008, la Administración de Parques Municipales y Unidades Naturales (APMUN) puso en marcha un proyecto piloto enfocado en la detección de cambios territoriales mediante el uso de tecnología LiDAR, El propósito fundamental de esta iniciativa fue disponer de información de referencia objetiva y precisa, que sirviera como base para desarrollar una herramienta eficaz para la detección de infracciones y la gestión efectiva de los recursos naturales (Tomé et al, 2017).

Una aplicación directa de esta tecnología consistió en la generación de mapas de altura de la vegetación para estimar biomasa, así como en inventarios forestales, seguimiento de repoblaciones y la determinación precisa de la estructura de la vegetación para la elaboración de mapas de incendios. (Rosales, 2008).

Según Magdaleno y Martínez (2006), en el ámbito ambiental el sensor LiDAR ha facilitado la evaluación de la topografía y la cobertura vegetal para la conservación de ecosistemas, mientras que en el ámbito hidrológico ha mejorado la gestión de recursos hídricos mediante modelos de elevación de alta resolución (Lopés, 2011).

La edafología es la ciencia encargada del estudio de los suelos, abarcando su origen, tipología y manejo. En Ecuador, esta disciplina cobra especial importancia por la gran diversidad de suelos y los retos que esto implica (Carlemany., s,f).

Para Morocho (2017), la edafología desempeña un papel fundamental en la provincia de Chimborazo, ya que permite comprender y mejorar la calidad y diversidad de los suelos, influenciados por las condiciones climáticas y la topografía de la región. Su estudio resulta clave



para enfrentar los efectos del cambio climático, conservar los ecosistemas nativos y desarrollar proyectos orientados a mitigar la degradación del suelo.

Según Choca (2017), el suelo cumple una función esencial al almacenar nutrientes, proveer agua y oxígeno a las raíces, además de servir como hábitat para numerosos organismos que favorecen su fertilidad. La edafología, en este contexto, proporciona indicadores clave de la calidad del suelo, los cuales permiten anticipar problemas y facilitar la toma de decisiones informadas por parte de la población. De este modo, es posible detectar a tiempo afectaciones como la erosión o la pérdida de nutrientes provocadas por un manejo inadecuado del suelo.

De acuerdo con Adriano y Guerra (2021), la geología del suelo constituye un componente fundamental para el desarrollo productivo y la sostenibilidad ambiental, al incidir directamente en procesos como la regulación hidrológica, el almacenamiento y la filtración del agua edáfica indispensable para el desarrollo vegetal. Asimismo, el suelo funciona como un sistema biológico activo que alberga una amplia diversidad de microorganismos edáficos, los cuales intervienen en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes, favoreciendo la fertilidad y el equilibrio funcional del ecosistema.

La quebrada Las Abras se extiende políticamente entre dos jurisdicciones cantonales: al norte del cantón Guano y al sur del cantón Riobamba, incluyendo la comunidad de Batzacón, asentada dentro del territorio de la parroquia San Andrés de Guano (Serrano, 2024). El tramo analizado abarca las parroquias San Andrés, Guano, Calpi, Licán y Riobamba, con una longitud aproximada de 11,43 km.

Material y métodos

El levantamiento de información se inició con la captura de datos espaciales mediante la tecnología LiDAR. El mismo que se realizó en cinco tramos de vuelo para garantizar un mejor procesamiento de los datos, lo que resultó en una nube de puntos 3D de alta resolución que describe detalladamente la topografía y los objetos presentes en el área analizada, específicamente los 11.43 km de extensión de la Quebrada Las Abras.

Una vez obtenidos los datos en formato.laz, estos fueron procesados, el resultado fue la generación de las curvas de nivel del área, así como el Modelo Digital del Terreno, el cual facilitó el análisis detallado de las características del terreno (Ortiz et al, 2025).

Caracterización edafológica

El análisis de las pendientes del terreno se realizó mediante la generación de mapas derivados del Modelo Digital de Terreno (MDT). Posteriormente, las pendientes fueron clasificadas según su inclinación, utilizando la tabla de clasificación proporcionada por CORCUENCAS (2014). En donde se menciona que este método se aplica solo en los suelos con mayor pendiente que causan mayor velocidad de escorrentía superficial, por ende, a mayor poder erosivo mayor inclinación del suelo, mayor factor de inclinación de la pendiente. Lo cual se puede visualizar en la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de pendientes y sus características.

PENDIENTE	SIMBOLO	DESCRIPCION	PROCESOS CARACTERISTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO
0 - 3 %	1	A nivel	Denudación no apreciable; por su condición transitable y laborable, es objeto de uso agrícola, solamente se dificulta su uso bajo condiciones secas
3 - 5 %	2	Ligeramente inclinada	Laderas afectadas especialmente por erosión hídrica en sectores desprovistos
5 - 12 %	3	Moderadamente inclinada	Laderas que pueden generar movimientos en masa de diferentes clases y baja velocidad, especialmente soliflucción
12 - 25 %	4	Moderadamente quebrada	Movimientos en masa de todo tipo, especialmente soliflucción, reptación erosión en surcos, ocasionalmente deslizamientos
25 - 50 %	5	Fuertemente quebrada	Procesos denudaciones intensivos de diferentes clases zonas con reemplazos forestales evidencias claras de erosión del suelo.
50 - 75 %	6	Moderadamente escarpada	Desprendimiento de rocas..
75 - 100 %	7	Fuertemente escarpada	Caída de rocas en formaciones bioclásticas debido a procesos de inestabilidad estructural.

Fuente: CORCUENCAS, (2014)

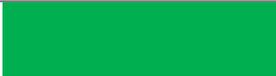
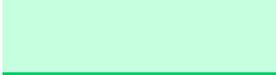
Esto permite caracterizar las pendientes y asociar sus propiedades con las indicaciones específicas sobre el comportamiento del terreno frente a procesos de erosión, escorrentía y otros factores edafológicos.

El análisis de la vegetación y de la cobertura del suelo se efectuó a partir de los datos obtenidos mediante el levantamiento LiDAR, procesados en ambiente SIG. Se aplicó una clasificación temática basada en la digitalización de polígonos, lo que permitió discriminar las distintas unidades fisonómicas de vegetación presentes en el área de estudio. Esta clasificación facilitó la delimitación espacial y el mapeo de las clases de cobertura terrestre, evidenciando su variabilidad longitudinal a lo largo de la quebrada. Los resultados obtenidos constituyen una base fundamental para evaluar los factores que condicionan la capacidad de retención hídrica y los procesos de protección edáfica en la zona.

En la siguiente tabla se muestran la tipología de la vegetación basada en diferentes clases de coberturas terrestres que fue utilizada para el análisis de la vegetación.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.

Tipología de vegetación

N.º	SIMBOLO	COBERTURA
1		Pastizal con presencia de Árboles
2		Matorral húmedo medianamente alterado
3		Matorral húmedo poco alterado
4		Matorral seco medianamente alterado
5		Matorral seco poco alterado
6		Paramo herbáceo medianamente alterado
7		Paramo herbáceo poco alterado
8		Eucalipto

Fuente: Pacheco, Cevallos, & Vinces, 2018.

Caracterización Geológica

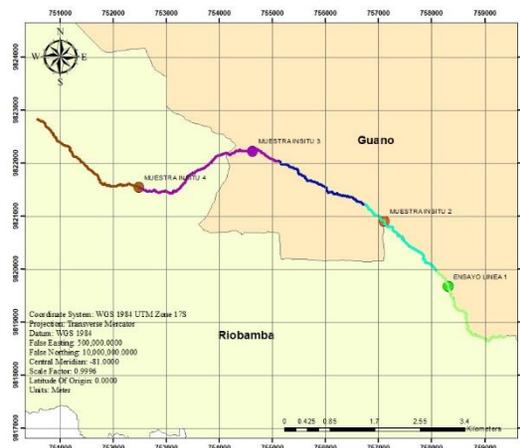
Granulometría y límites de Atterberg

La granulometría del suelo en la Quebrada se determinó mediante análisis de laboratorio, en los cuales se clasificaron las partículas del suelo según su tamaño. Para ello, se recolectaron cuatro muestras in situ, estratégicamente ubicadas en puntos de fácil acceso y seguridad dentro del área de estudio. Este análisis proporcionó información detallada sobre la textura del suelo, lo que es clave para evaluar su capacidad de drenaje y retención de nutrientes.

De manera complementaria, se utilizó el mismo conjunto de muestras para realizar el ensayo de Límites de Atterberg, con el objetivo de evaluar la plasticidad y cohesión de los suelos finos. Estos límites son fundamentales para caracterizar el comportamiento del suelo frente a variaciones de humedad y su capacidad de deformación.

Figura 1

Localización de los puntos de recolección de muestras in situ.



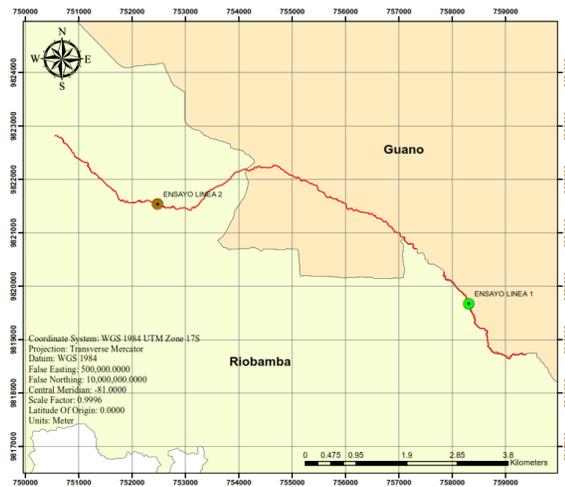
Fuente: Autores

Resistividad Eléctrica del Suelo:

Se realizó un ensayo de tomografía eléctrica utilizando el equipo Syscal Pro, lo que permitió obtener una imagen de la resistividad del subsuelo. Este ensayo proporciona información sobre la variabilidad de la humedad y la composición geológica del suelo. Estos ensayos abarcan una longitud de 120 metros a lo largo del área de estudio. Por razones de seguridad y accesibilidad, se decidió realizarlos en dos puntos específicos: el punto más alto y el más bajo dentro del área de análisis

Figura 2

Localización de los puntos de recolección de muestras in situ



Fuente: Autores

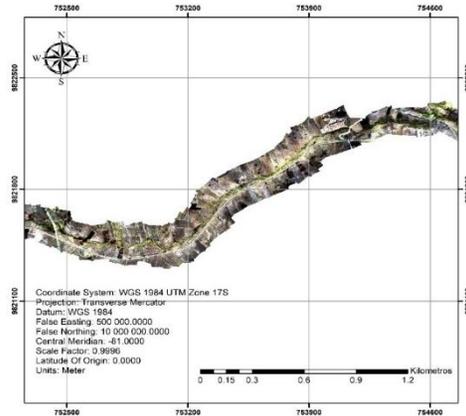
Resultados

Captura de data LiDAR

Después del levantamiento in situ con todas las herramientas mencionadas, se procede a digitalizar la ortofoto del área de estudio, la misma que se puede visualizar en la figura 3:

Figura 3

Tramo de la ortofoto Quebrada Las Abras

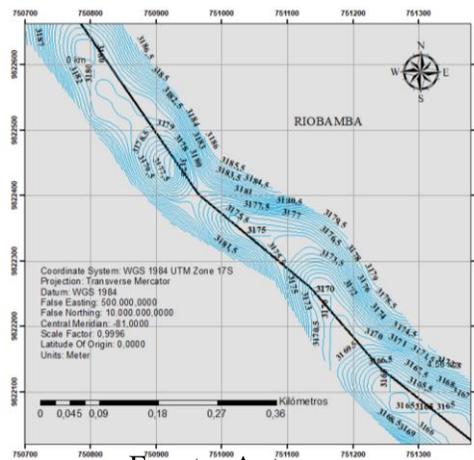


Fuente: Autores

Curvas de Nivel

A partir del archivo de nube de puntos LiDAR en formato LAZ, se procesó la información y se generaron las curvas de nivel, con un intervalo de 0,5 metros entre ellas, lo que permitió alcanzar una mayor precisión en los resultados.

Figura 4
Tramo de Curvas de nivel.



Fuente: Autores

Análisis edafológico.

Una vez realizado un análisis exhaustivo de las pendientes obtenidas, se elaboró un mapa integral del área de estudio. En este se identificaron y ubicaron los puntos correspondientes a las pendientes, los cuales fueron visualizados mediante la digitalización 3D de la nube de puntos densa generada por el levantamiento LiDAR.

Figura 5
Simulación en 3D

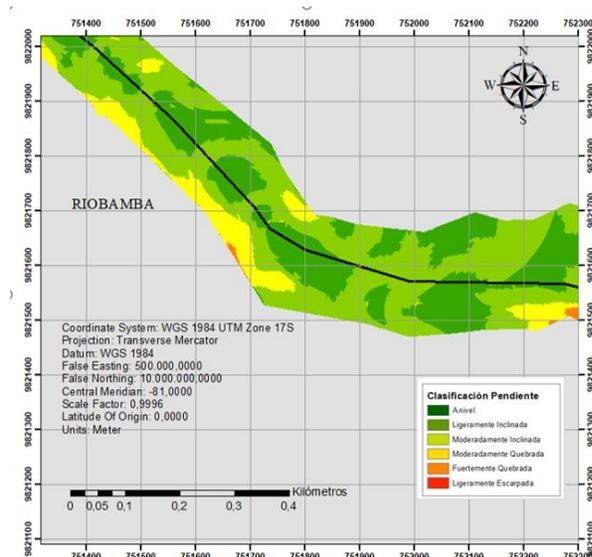


Fuente: Autores

Análisis edafológico. Pendientes.

Como resultado del análisis de pendientes en la quebrada Las Abras, se identificaron y clasificaron las distintas inclinaciones del terreno.

Figura 6
Resultados de pendientes Quebrada Las Abras



Fuente: Autores

La Figura 5 muestra la distribución espacial de las pendientes, categorizadas en seis rangos: 0–3 % (“A nivel”), 3–5 % (“Ligeramente inclinada”), 5–12 % (“Moderadamente inclinada”), 12–25 % (“Moderadamente quebrada”), 25–50 % (“Fuertemente quebrada”) y 50–75 % (“Moderadamente

escarpada”). Cada tramo de la quebrada está representado con sus respectivas características topográficas, lo que facilita una mejor comprensión de la morfología del terreno.

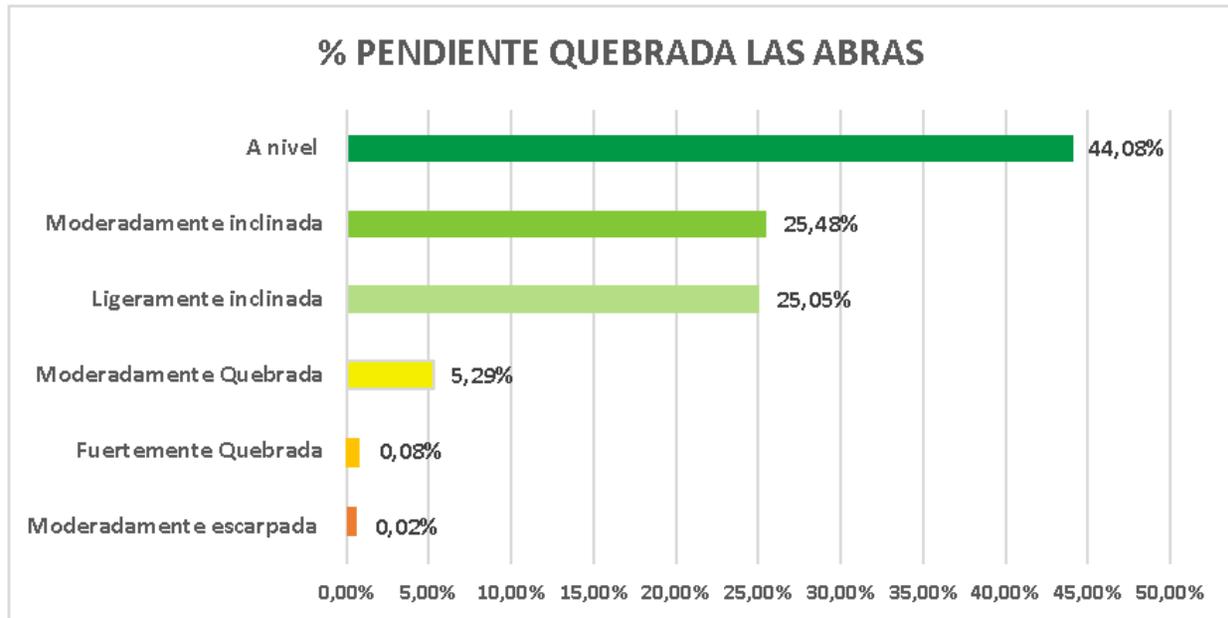
El área de la quebrada Las Abras se caracteriza predominantemente por pendientes suaves, clasificadas como “a nivel del terreno”, seguidas por unidades con pendientes ligeramente y moderadamente inclinadas. En menor proporción se identifican sectores con pendientes moderadamente quebradas y fuertemente quebradas. Esta distribución refleja una morfología topográfica mayormente estable, con algunas zonas de mayor pendiente que podrían estar asociadas a procesos de erosión o inestabilidad, como se detalla a continuación:

Tabla 3
Clasificación de las pendientes y sus características.

		Pendiente Total	
1	A nivel	44.08%	Es objeto de uso agrícola, solamente se dificulta su uso bajo condiciones secas
2	Ligeramente inclinada	25.05%	Laderas que pueden generar movimientos en masa de diferentes clases y baja velocidad
3	Moderadamente inclinada	25.48%	Movimientos en masa de todo tipo, ocasionalmente deslizamientos
4	Moderadamente Quebrada	5.29%	Procesos denudaciones intensivos de diferentes clases zonas con reemplazos forestales evidencias claras de erosión del suelo
5	Fuertemente Quebrada	0.08%	Desprendimiento de rocas..
6	Moderadamente escarpada	0.02%	Caída de rocas en formaciones bioclásticas debido a procesos de inestabilidad estructural..

Fuente: Autores

Figura 7
Porcentaje de pendiente Quebrada Las Abras



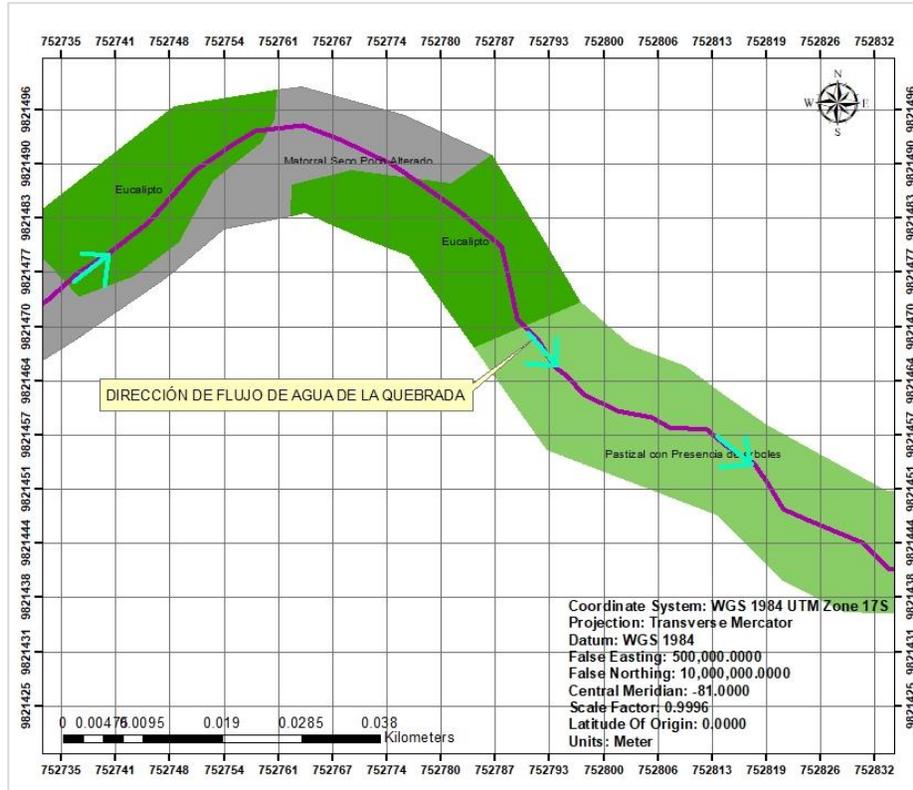
Fuente: Autores

Análisis Edafológico factor de vegetación

Se presenta la distribución porcentual de los tipos de cobertura vegetal, considerando un área analizada de 147,925.365 m² en la quebrada. A partir de este análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

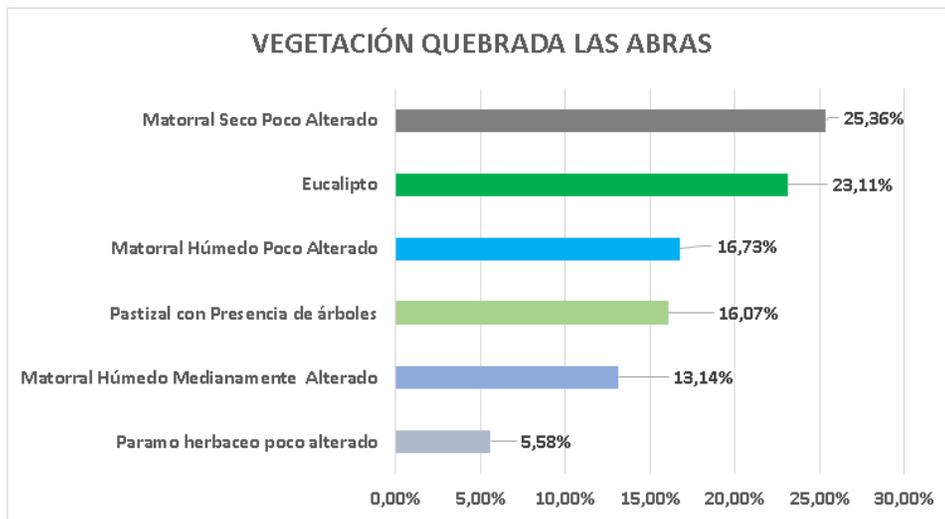
- El eucalipto representa el 23.11 % del área analizada, constituyéndose como la segunda cobertura vegetal predominante, con una superficie de 34,171.11 m²
- El matorral seco poco alterado constituye la mayor proporción de cobertura vegetal, con un 25.36 % del total y una superficie de 37,499.07 m².
- El matorral húmedo poco alterado (16.73 %) y el matorral húmedo medianamente alterado (13.14 %) ocupan áreas de 24,730.28 m² y 19,434.50 m², respectivamente, lo que indica una cobertura vegetal de tipo moderado.
- Páramo herbáceo poco alterado, con un 5.58 % de cobertura, es el tipo menos representado en el área analizada, con una superficie de 8,255.36 m².
- Pastizal con presencia de árboles representa el 16.07 % de la cobertura vegetal, con una superficie de 23,757.69 m².

Figura 8
Resultados de Vegetación Quebrada Las Abras.



Fuente: Autores

Figura 9
Porcentaje de Vegetación Quebrada Las Abras.





Fuente: Autores

Análisis de granulometría e índice de plasticidad

Se realizaron cuatro ensayos de granulometría en muestras de suelo recolectadas en distintos puntos de la quebrada Las Abras. Los resultados revelan una predominancia de partículas de tamaño arenoso, clasificadas principalmente como “arena pobremente graduada” (SP), y en el tramo 1 como “arena pobremente graduada con presencia de limos” (SP-SM). Esta distribución deficiente en el tamaño de partículas puede afectar negativamente propiedades mecánicas clave como la compactación, la permeabilidad y la capacidad portante del suelo. Al comparar los coeficientes de uniformidad (C_u) y de curvatura (C_c), se evidenció una baja uniformidad granulométrica entre las muestras. En particular, la muestra 2 presentó un C_u de 6.21, indicando mayor variabilidad en los tamaños de partículas, posiblemente por diferencias en los procesos de deposición o en las fuentes de sedimento. Si bien un C_u elevado puede mejorar el drenaje, también puede implicar menor estabilidad estructural del suelo.

La muestra 1, de suelo con un índice de plasticidad de 3.38% se clasifica como de plasticidad baja, que corresponde a una arena que contiene una proporción moderada de finos. Este tipo de suelo presenta una cohesión limitada, baja capacidad de compresión y reducida tendencia a expandirse o contraerse con los cambios de humedad. Aunque su comportamiento es generalmente más estable que el de suelos con alta plasticidad, puede ser susceptible a procesos de erosión. Las muestras 2, 3 y 4 corresponden a suelos cuyo índice de plasticidad es igual cero, que se consideran no plásticos, lo que significa que carecen de cohesión y no exhiben un comportamiento plástico apreciable. Estos suelos están constituidos por arenas, con escasa cohesión, caracterizados por su alta permeabilidad, estabilidad frente a cambios de humedad y, en condiciones sueltas, por su limitada capacidad de soporte.

Tabla 4

Resultados de los ensayos de laboratorio de suelos

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Coefficiente de Uniformidad	3.4512	6.2129	3.7719	6.4140
Coefficiente de Curvatura	1.1197	0.7546	0.6978	0.6710
Tipo de suelo	Arenas con presencia de limos	Arena	Arena	Arena
Prefijo	S	S	S	S
sufijo	P	P	P	P
Clasificación SUCS	SP (arena pobremente graduada) - SM (presencia de limos)	SP (arena pobremente graduada)	SP (arena pobremente graduada)	SP (arena pobremente graduada)
Índice de Plasticidad	3.38 %	NP	NP	NP

Fuente: Autores

Resistividad del suelo

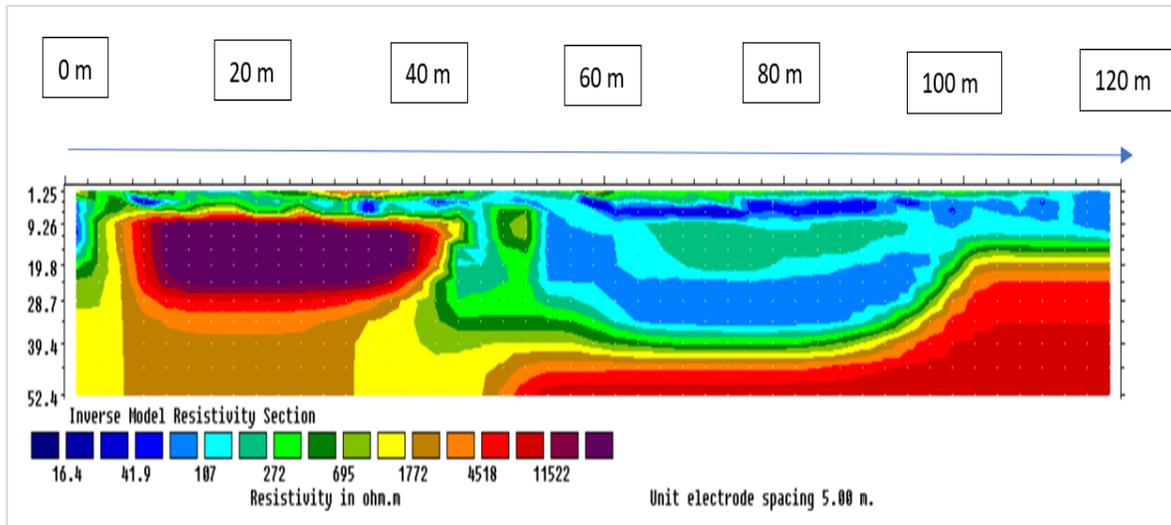
Línea 1. Como resultado del ensayo realizado en las coordenadas 752476.73 E y 9821538.08 S, cercanas a la parroquia San José de Gaushi, se registraron resistividades eléctricas que varían entre 16.4 ohm·m y 11,522 ohm·m.

En el tramo comprendido entre 60 y 120 metros de distancia horizontal, y hasta una profundidad de 30 metros desde la superficie, se identificaron valores de resistividad entre 16.4 y 107 ohm·m (gama de color azul), los cuales corresponden a zonas con alta permeabilidad o depósitos con saturación moderada a baja.

Entre la superficie y los 40 metros de profundidad, se observaron resistividades entre 272 y 695 ohm·m (gammas de color verde y amarillo), asociadas a depósitos de caída como ceniza, arenisca, lapilli, pómez y caliza.

Finalmente, en las distancias de 10 a 40 metros, a una profundidad de aproximadamente 30 metros, se detectaron resistividades elevadas entre 4,518 y 11,522 ohm·m, características de formaciones de rocas volcánicas.

Figura 10
Resultados Resistividad línea 1



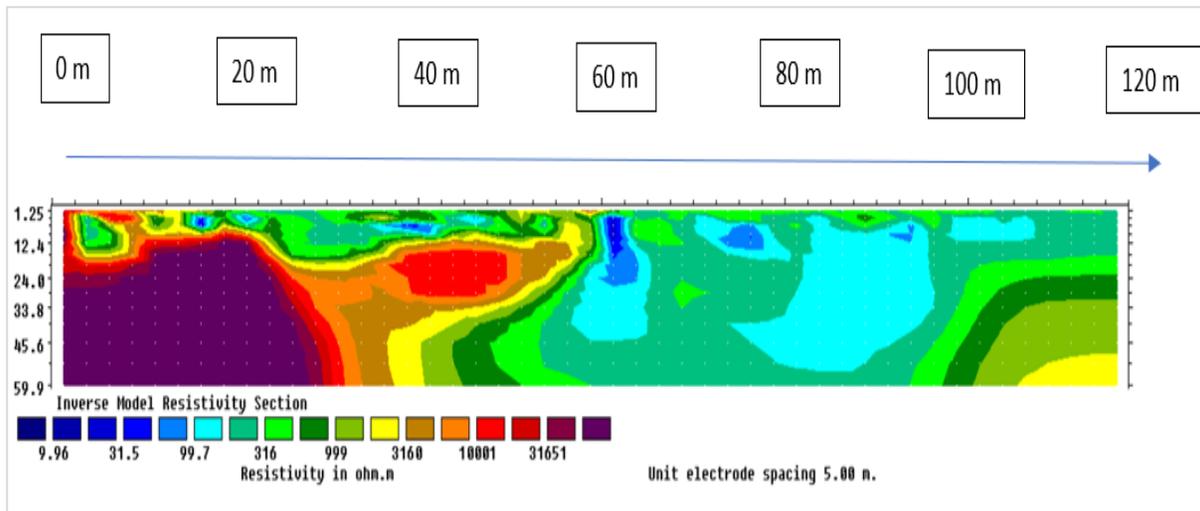
Fuente: Autores.

Línea 2. El ensayo se llevó a cabo en las coordenadas 758076.45 E y 9819978.58 S, en el sector Los Álamos. Los resultados obtenidos muestran resistividades eléctricas que varían entre 9.46 ohm·m y 31,651 ohm·m. En el tramo comprendido entre los 60 y 120 metros, a profundidades desde la superficie hasta los 60 metros, se registran valores de resistividad entre 9.96 y 100 ohm·m, representados con tonalidades azules, que corresponden a zonas de alta permeabilidad o depósitos con saturación moderada a baja.

En rangos de 316 a 3,168 ohm·m, representados por colores verde y amarillo, se identifican materiales como cenizas volcánicas, areniscas, lapilli, pómez y calizas, a partir de los 12 hasta los 60 metros de profundidad.

Finalmente, en el tramo de 0 a 60 metros, a profundidades superiores a 12 metros, se observan resistividades elevadas, entre 10,000 y 31,651 ohm·m, características de formaciones de rocas volcánicas.

Figura 11
Resultados Resistividad línea 2



Fuente: Autores

Discusión

La Quebrada Las Abras, situada en la provincia de Chimborazo y extendida por diversas parroquias, presenta un contexto geográfico y ecológico singular que requiere un enfoque de gestión integrada. La planificación del levantamiento mediante el uso de cinco líneas de vuelo garantiza una cobertura adecuada del área de estudio, permitiendo obtener datos precisos y de alta resolución. Este enfoque se respalda en estudios como el de Zhang et al., (2023), que destaca la importancia de utilizar técnicas de captura de datos aéreos y métodos geoespaciales para la gestión de recursos hídricos en cuencas.

El análisis de pendientes realizado en la quebrada Las Abras, a partir de la digitalización en 3D, permitió alcanzar una mayor precisión en comparación con los datos proporcionados por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Los resultados evidenciaron una clara variación a lo largo de los diferentes tramos estudiados, predominando las pendientes a nivel de terreno (44%), seguidas por pendientes ligeramente inclinadas (25%), moderadamente inclinadas (26%), moderadamente quebradas (14%) y, en menor proporción, fuertemente quebradas (0,8%). Esta clasificación resultó esencial para comprender las dinámicas geomorfológicas y evaluar la estabilidad del suelo en el área de estudio. En contraste, los datos disponibles en el portal del Instituto Geográfico Militar del



Ecuador solo reconocen los dos primeros rangos ($> 5 - 15$ y $> 15 - 25$), lo que limita el nivel de detalle y precisión en el análisis de las condiciones topográficas.

El análisis del factor vegetación permitió comprender la relación entre la cobertura vegetal y la protección del suelo frente a la erosión. La distribución de la vegetación en la quebrada evidencia su capacidad para retener el suelo y reducir el impacto de los agentes erosivos, especialmente en las zonas de mayor pendiente, donde la vegetación densa actúa como barrera natural al disminuir la escorrentía superficial y favorecer la infiltración. En comparación con los datos del Instituto Geográfico Militar, los resultados de este estudio presentan un mayor nivel de detalle, especialmente en la identificación de áreas con cobertura vegetal significativa.

Las áreas con cobertura vegetal en la quebrada son limitadas y, por tanto, deben ser priorizadas para proyectos de reforestación o implementación de prácticas de conservación, debido a su mayor vulnerabilidad a los procesos erosivos. Este hallazgo adquiere especial relevancia al considerar las características del suelo y su limitada capacidad para resistir la erosión. No obstante, estos datos no deben subestimarse, ya que cualquier alteración en el uso del suelo o en la cobertura vegetal podría incrementar significativamente el riesgo de erosión en la zona.

En general, el suelo presenta características de un material arenoso no plástico, con variaciones significativas en su textura que afectan, a corto plazo, sus propiedades de infiltración y susceptibilidad a la erosión. De acuerdo con un estudio realizado en quebradas urbanas, la textura del suelo desempeña un papel crucial en la estabilidad de los sedimentos y en su capacidad de retención de agua, lo que influye en los procesos de erosión.

La investigación de Carrera (2022) demuestra que las quebradas con suelos más arenosos tienden a tener una mayor susceptibilidad a la erosión, especialmente en áreas urbanizadas donde la vegetación es escasa. En comparación, la Quebrada Las Abras presenta una alta capacidad de infiltración, lo que podría indicar que, a pesar de su textura arenosa, existe un potencial para reducir el escurrimiento superficial, lo que es coherente con las observaciones realizadas por Román (2013) sobre la dinámica de los sedimentos en las quebradas.



Los límites plásticos obtenidos en la quebrada Las Abras indican que el suelo es arenoso y de baja plasticidad, lo cual es característico de materiales con alta permeabilidad y escasa cohesión. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Arora (2019), quien destaca que los suelos en quebradas, al presentar alta escorrentía y buen drenaje, tienden a ser menos plásticos y muestran mayor estabilidad en pendientes moderadas y pronunciadas.

Investigaciones previas respaldan los hallazgos obtenidos en la quebrada Las Abras. Karakan (2022) señala que un mayor contenido de arcilla incrementa la plasticidad del suelo, lo que evidencia la influencia de los factores geológicos en su comportamiento. En el caso de Las Abras, la presencia de sedimentos volcánicos y depósitos de ceniza podría haber influido en los índices de plasticidad observados. De manera complementaria, Evans (2021) destaca que los suelos arenosos con bajo contenido de arcilla, como los encontrados en esta quebrada, suelen presentar límites de Atterberg bajos y alta capacidad de infiltración, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Los resultados de resistividad eléctrica en la quebrada Las Abras evidencian una amplia variabilidad, con valores que van de 16.4 a 11,522 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ en la muestra 1 y de 9.46 a 31,651 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ en la muestra 2. Esta variación refleja diferencias en la composición del subsuelo y en los niveles de saturación, características típicas de zonas de quebrada influenciadas por procesos geológicos y sedimentarios.

En el tramo de 60 a 120 metros de la línea 1, los valores bajos de resistividad (16.4 a 107 $\text{ohm}\cdot\text{m}$) indican zonas de alta permeabilidad, posiblemente asociadas a materiales sueltos o saturados. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Heil (2014), quien relaciona bajos valores de resistividad con la presencia de sedimentos finos y alta saturación de agua en áreas de quebradas. Por otro lado, los depósitos de caída identificados en el mismo tramo, con resistividades entre 272 y 695 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, probablemente corresponden a materiales volcánicos como ceniza y lapilli, los cuales, según Radic (2010), presentan características de drenaje variable.

En la línea 2, los valores elevados de resistividad, que alcanzan hasta 31,651 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ en zonas profundas, sugieren la presencia de roca volcánica. Según Urrutia et al., (2014), este tipo de

material presenta alta resistividad debido a su estructura y composición mineralógica. Estos resultados coinciden con el contexto geológico de la quebrada Las Abras, influenciado por actividad volcánica, y señalan una posible baja saturación de agua en capas profundas, aspecto clave para entender su comportamiento hidrogeológico.

Conclusiones

El análisis del modelo digital del terreno permitió identificar con mayor resolución las pendientes y elevaciones del área de estudio, lo cual resulta fundamental para comprender la estabilidad del terreno. Esta información es clave para detectar zonas susceptibles a deslizamientos y procesos de erosión. Los datos obtenidos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en la gestión de recursos naturales y en la planificación del uso del suelo en la quebrada Las Abras.

El análisis de pendientes en la quebrada Las Abras evidenció una notable variabilidad en la inclinación del terreno, con sectores que van desde pendientes leves (0–3%) hasta zonas fuertemente quebradas (25–50%). Esta clasificación resulta fundamental para identificar áreas potencialmente susceptibles a procesos erosivos y deslizamientos de tierra.

Se concluye que la vegetación juega un rol crucial en la protección del suelo frente a la erosión, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas. El mantenimiento o mejora de la cobertura vegetal en áreas vulnerables es esencial para preservar la estabilidad del terreno y mitigar los riesgos de erosión en el futuro.

Los ensayos de granulometría y límites plásticos revelaron que el suelo corresponde a una “arena pobremente graduada” (SP), caracterizado por ser predominantemente arenoso, no plástico y con una alta capacidad de infiltración. La variabilidad en el tamaño de las partículas sugiere diferentes procesos de deposición, afectando así a la estabilidad estructural y la susceptibilidad a la erosión. Estos hallazgos son coherentes con estudios previos que resaltan la relación entre la textura del suelo y la dinámica de los sedimentos en quebradas, enfatizando la importancia de la vegetación en la retención de agua

En general, los datos de resistividad eléctrica obtenidos en la quebrada Las Abras no solo aportan información relevante sobre la composición del subsuelo, sino que también tienen importantes implicaciones para la gestión de los recursos hídricos. La variabilidad en los valores de resistividad



refleja las diferentes características del suelo, así como las condiciones que influyen en los resultados obtenidos.

Luego de realizar los ensayos y el procesamiento de los datos correspondientes, se concluye que la Quebrada Las Abras presenta una baja capacidad de escurrimiento superficial y una alta capacidad de infiltración. A pesar de contar con escasa cobertura vegetal y condiciones hidrológicas desfavorables, la permeabilidad del suelo contribuye a mantener un escurrimiento reducido, permitiendo una infiltración más eficiente del agua en el subsuelo.

Referencias bibliográficas

Adriano, A., & Guerra, R. (2021). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, DE LA QUEBRADA SAN SEBASTIÁN, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. Riobamba: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

Arora, R. (2019). *Plasticity Index Of Soil*. Obtenido de <https://www.elementaryengineeringlibrary.com/civil-engineering/soil-mechanics/plasticity-index-of-soil>

Carlemany., U. (s,f). Edafología: ¿Por qué es importante estudiar la naturaleza del suelo? *Universitat Carlemany*, párr.1. Obtenido de <https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/edafologia-por-que-es-importante-estudiar-la-naturaleza-del-suelo/>

Choca, J. (2017). *PROPUESTA DE ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELOS PARA LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

CORCUENCAS. (2014). *Tomo 3.6 Pedientes*. Tolima: Cámara de comercio de Ibagué.

David, C. (07 de 2022). *Ciencia del suelo - Caracterización y conservación en el Ecuador*. Obtenido de [ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/361832056_Ciencia_del_suelo_Caracterizacion_y_Conservacion_en_el_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/361832056_Ciencia_del_suelo_Caracterizacion_y_Conservacion_en_el_Ecuador)

Evans, J. C. (09 de 2021). *Geotechnical fundamentals*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/354345572_Geotechnical_fundamentals

FUSTER. (2021). *La tecnología LiDAR y su aplicación en la agricultura - BLOG*. Obtenido de FUSTER: <https://www.repuestosfuster.com/blog/LiDAR-aplicacion-en-agricultura/>

Heil, k. (2014). *Characterisation of soil texture variability using the apparent soil electrical conductivity at a highly variable site*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/261912146_The_Influence_of_Basic_Physical_Properties_of_Soil_on_its_Electrical_Resistivity_Value_under_Loose_and_Dense_Condition

Karakan. (2022). *Relationships among plasticity, clay fraction and activity of clay-sand mixtures*. Obtenido de [researchgate.:](https://www.researchgate.net/publication/354345572)



https://www.researchgate.net/publication/358425427_Relationships_among_plasticity_clay_fracture_and_activity_of_clay-sand_mixtures

Lopés, M. (12 de Mayo de 2011). *Edafología*. doi:
https://apps.puce.edu.ec/documentosapps/documentos_DGA/6_H07_H071_2010-01_11448_1705006391_S_1.pdf

Morocho, V. (2017). *EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO DE UN SISTEMA DE PASTOREO Y BOSQUE NATIVO DE LA RESERVA HUAYRAPALTE, CANTÓN SUSCAL, PROVINCIA DE CAÑAR*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO.

Ortiz et al. (2025). DETERMINACIÓN DE CURVAS DE NIVEL Y PENDIENTES CON LIDAR PARA MODELAR CRECIDAS EN LA QUEBRADA LAS ABRAS. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 6(14), 749-767.

Radic, J. P. (2010). *Las cuencas cenozoicas y su control en el volcanismo de los Complejos Nevados de Chillan y Copahue-Callaqui (Andes del Sur, 36-39°S)*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/250371458_Las_cuencas_cenozoicas_y_su_control_en_el_volcanismo_de_los_Complejos_Nevados_de_Chillan_y_Copahue-Callaqui_Andes_del_Sur_36-39S

Roman, K. (2013). *Influencia de los sedimentos de las quebradas en el desarrollo de las formas de erosión*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260839003.pdf>

Rosales, J. J. (2008). *La llegada del sensor LIDAR al campo de la fotogrametría abre la posibilidad a nuevas y mejoradas aplicaciones en ámbitos como el ambiental, hidrológico, geológico, riesgos naturales y, en general, en aquellas disciplinas relacionadas con la gestión y con*. Obtenido de <https://www.icog.es/TyT/index.php/2013/02/tecnologia-LiDAR-aplicada-a-la-gestion-del-territorio/>

Serrano, C. (2024). *Diagnóstico de La Quebrada de Las Abras*. Universidad Nacional de Chimborazo.

Tomé et al. (2017). *Aplicación de la tecnología LiDAR al seguimiento ecológico en la Red de Parques Nacionales*. Madrid: Sociedad Española de Ciencias Forestales.

Urrutia, J., Tellez, E., Trigo, A., Perez, L., & Mendez, F. (2014). *Volcano-sedimentary stratigraphy in the Valsequillo Basin, Central Mexico inferred from electrical resistivity soundings*. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-geofisica-internacional-80-articulo-volcano-sedimentary-stratigraphy-in-valsequillo-basin-S0016716914714928>

Zhang, H., Zhang, X., Yu, Y., Wang, & Wang, J. (2023). Vegetation Mapping in the Changbai Mountains Using Deep Learning and Remote Sensing Data. *Remote Sensing*, 15(10), 2569. doi:<https://doi.org/10.3390/rs15102569>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.