

Estudio de las propiedades físico y mecánicas de los suelos de las zonas urbanas y rurales de la provincia de Tungurahua y Chimborazo**Study of the physical and mechanical properties of soils in urban and rural areas of the province of Tungurahua and Chimborazo**

Carlos Damian Pinto Almeida, Johan Ismael Ulloa Moyano, Mike Stip Orozco Carrillo, Byron Leonardo López Sánchez, Dorian Alejandro Sánchez Huaraca, Marisol Naranjo-Mantilla

PUNTO CIENCIA

Julio - diciembre, V°6-N°2; 2025

Recibido: 25-07-2025

Aceptado: 31-07-2025

Publicado: 31-12-2025

PAIS

- Ecuador
- Ecuador
- Ecuador
- Ecuador
- Ecuador
- Ecuador

INSTITUCION

- Universidad tecnológica Indoamérica
- Universidad tecnológica Indoamérica
- Universidad tecnológica Indoamérica
- Universidad tecnológica Indoamérica
- Universidad tecnológica Indoamérica
- Universidad tecnológica Indoamérica

CORREO:

- ✉ cpinto4@indoamerica.edu.ec
- ✉ ulloaismael2004@gmail.com
- ✉ dsanchez50@indoamerica.edu.ec
- ✉ marisolnaranjo@uti.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-8381-6731>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-7433-0631>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0001-3888-6367>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0009-5326-5591>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-7461-6307>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-4369-2524>

FORMATO DE CITA APA.

Pinto, C. Ulloa, J. Orozco, M. Lopez, B. Sanchez, D., & Naranjo, M. (2025). Estudio de las propiedades físico y mecánicas de los suelos de las zonas urbanas y rurales de la provincia de Tungurahua y Chimborazo. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°2), p. 813- 829.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar las propiedades granulométricas de suelos en zonas urbanas y rurales de las provincias de Tungurahua y Chimborazo, en Ecuador, con el fin de caracterizar su comportamiento físico-mecánico y aportar datos técnicos para la planificación territorial. Se aplicó una metodología cuantitativa, de tipo descriptivo y aplicado, mediante un diseño experimental y transversal. Las muestras de suelo fueron recolectadas en las localidades de Ambato, Cevallos y Riobamba, utilizando muestreo no probabilístico por conveniencia. Se realizaron ensayos de granulometría por vía seca, siguiendo las normas ASTM D422 e INEN 1574, además de mediciones complementarias de humedad, densidad aparente, porosidad y permeabilidad. Los resultados evidenciaron diferencias marcadas entre los suelos urbanos y rurales, siendo estos últimos generalmente más compactos y con menor porosidad. Se identificaron suelos clasificados como arena arcillosa (SC), arena limosa (SM) y arena mal graduada con arcilla (SP-SC). La zona rural de Yaruquíes presentó el mayor contenido de humedad (33.6%), mientras que las zonas urbanas de Cevallos y Riobamba mostraron alta porosidad y grado de saturación. Se concluye que la caracterización granulométrica es esencial para determinar la capacidad de carga, el comportamiento frente al agua y la adecuación del suelo a proyectos de infraestructura segura y sostenible.

Palabras clave: mecánica del suelo, geotecnia, zonas rurales

Abstract

The present study aimed to analyze the granulometric properties of soils in urban and rural areas of the provinces of Tungurahua and Chimborazo, Ecuador, in order to characterize their physical and mechanical behavior and provide technical data for territorial planning. A quantitative, descriptive, and applied methodology was applied using an experimental and cross-sectional design. Soil samples were collected in the towns of Ambato, Cevallos, and Riobamba using non-probability convenience sampling. Dry particle size distribution tests were conducted following ASTM D422 and INEN 1574 standards, in addition to complementary measurements of moisture, bulk density, porosity, and permeability. The results revealed marked differences between urban and rural soils, with the latter generally being more compact and having lower porosity. Soils classified as clayey sand (CS), silty sand (SS), and poorly graded sand with clay (PS-CS) were identified. The rural area of Yaruquíes had the highest moisture content (33.6%), while the urban areas of Cevallos and Riobamba showed high porosity and saturation levels. It is concluded that granulometric characterization is essential for determining soil bearing capacity, water behavior, and suitability for safe and sustainable infrastructure projects.

Keywords: soil mechanics, geotechnics, rural areas

Introducción

El presente estudio analiza la granulometría del suelo como una propiedad clave en la ingeniería geotécnica y los estudios ambientales, con énfasis en las zonas urbanas y rurales de las provincias de Tungurahua y Chimborazo, en el centro del Ecuador. Esta propiedad permite conocer la distribución de tamaños de partículas del suelo, aspecto fundamental para evaluar su textura, comportamiento mecánico, permeabilidad y capacidad portante. Dichas características inciden directamente en proyectos de infraestructura, ordenamiento territorial y prevención de riesgos naturales.

La investigación surge ante la carencia de datos actualizados sobre la variabilidad de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en estas provincias andinas. En particular, se identifica una limitada información técnica sobre la distribución granulométrica en áreas urbanizadas y rurales, lo que dificulta la adecuada planificación del territorio y la aplicación de técnicas de cimentación acordes a las condiciones locales.

La importancia de este trabajo radica en generar datos confiables que respalden el desarrollo territorial seguro y sostenible. Dado que Tungurahua y Chimborazo presentan una geografía compleja y alta sismicidad, disponer de caracterizaciones granulométricas precisas favorece la toma de decisiones en proyectos viales, edificaciones y manejo de aguas subterráneas. Además, esta información resulta esencial para mitigar riesgos por erosión, deslizamientos y degradación del suelo.

Desde el marco teórico, la investigación se fundamenta en los principios de la mecánica de suelos, particularmente en la clasificación textural según el contenido de arena, limo y arcilla. También se aplican conceptos derivados de la Ley de Darcy para relacionar la granulometría con la permeabilidad, junto con parámetros como el diámetro efectivo (D_{10}), el diámetro medio (D_{50}), el diámetro característico (D_{60}), y los coeficientes de uniformidad (C_u) y curvatura (C_c), utilizados para describir la distribución de tamaños en una muestra (Das, 2011; Coduto, 2016).

Los antecedentes muestran que muchos estudios previos se han limitado a sectores específicos o han carecido de metodologías sistemáticas. Investigaciones locales se han enfocado principalmente en áreas urbanas en expansión, dejando de lado zonas rurales cuya productividad también depende de las propiedades del suelo. Este trabajo propone un análisis integral y comparativo entre distintos entornos, aplicando ensayos granulométricos por tamizado seco según normas como la ASTM D422.

El área de estudio abarca dos provincias con una marcada diversidad climática y geológica. Sus suelos, de origen volcánico, aluvial o coluvial, presentan un comportamiento físico-mecánico variable. Esta diversidad, junto con la presión generada por la urbanización, la agricultura intensiva y las obras de infraestructura, exige una caracterización técnica rigurosa que respalde políticas públicas y planes de ordenamiento territorial.

La metodología adoptada es cuantitativa, con un enfoque descriptivo y aplicado. Se recolectaron muestras representativas que fueron analizadas mediante tamizado mecánico. A partir de estos datos se elaboraron curvas granulométricas y se calcularon parámetros como D10, D30, D60, Cu y Cc, que permiten clasificar los suelos según su textura y prever su respuesta ante cargas, drenaje y procesos de compactación.

El objetivo general es realizar granulometrías en seco sobre muestras previamente lavadas. Entre los objetivos específicos se incluyen la elaboración de las curvas granulométricas, la determinación del tamaño nominal máximo (TNM), los diámetros característicos (D10, D30, D60), y el cálculo de los coeficientes Cu y Cc. Esta información busca ser una herramienta técnica útil para ingenieros, urbanistas y gestores del territorio, contribuyendo a un desarrollo regional más seguro y sostenible.

Autores como Ruiz et al. (2022) destacan la heterogeneidad de los suelos volcánicos andinos, tanto en su textura como en su comportamiento mecánico, lo que demanda estudios

detallados que consideren la variabilidad local. De forma paralela, Herrera y Quintero (2023) han documentado cómo el crecimiento urbano, al incluir rellenos y cortes artificiales, altera significativamente las propiedades del suelo. Esta situación se refleja también en los cantones analizados en este estudio, donde la expansión urbana no siempre va acompañada de estudios geotécnicos previos.

El uso de ensayos granulométricos estandarizados, como los definidos en la norma ASTM D422, ha sido validado en múltiples investigaciones. Bravo et al. (2020) indican que parámetros como D10, D50 y Cu permiten no solo la clasificación textural del suelo, sino también la predicción de fenómenos como colapsos o expansión bajo carga estructural. A su vez, el coeficiente de curvatura (Cc) es útil para identificar si un suelo está bien o mal graduado, lo que incide directamente en su comportamiento hidráulico.

Asimismo, Ortega y Zambrano (2024) resaltan la importancia de integrar datos granulométricos con información climática y topográfica para construir modelos predictivos de erosión, fundamentales para la sostenibilidad agrícola y ambiental. Este enfoque integral refuerza la utilidad de investigaciones como la presente, que combinan estabilidad estructural, planificación territorial y gestión de riesgos. En ese marco, el estudio se alinea con la actual tendencia de considerar al suelo como un recurso estratégico para el desarrollo regional desde perspectivas tanto técnicas como ambientales.

Diversas investigaciones recientes confirman que la granulometría del suelo influye en la estabilidad estructural, el drenaje y la respuesta ante cargas dinámicas, especialmente en regiones sísmicas como la Sierra ecuatoriana. Según Moreno y Delgado (2021), el análisis granulométrico permite evaluar la capacidad de compactación, resistencia al corte y permeabilidad, aspectos clave para seleccionar técnicas de cimentación adecuadas tanto en contextos urbanos como rurales. En provincias como Tungurahua y Chimborazo, estas variables adquieren mayor relevancia por el origen volcánico del suelo y la actividad tectónica constante.

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo es esencial en geotecnia, ya que permite prever su respuesta frente a diferentes condiciones naturales y de carga. Las propiedades físicas abarcan la granulometría, densidad aparente, porosidad, humedad natural y textura. Estas variables influyen en la retención de agua, aireación, compactación y permeabilidad del terreno (INEN, 2020; ASTM, 2023). La granulometría, en particular, determina la clasificación textural, lo que permite estimar su comportamiento hidráulico y mecánico. Por su parte, la humedad y la densidad inciden en la estabilidad y en la posibilidad de asentamientos diferenciales. Estas características se evalúan mediante ensayos normalizados como el tamizado en seco, la prueba del cilindro para densidad y el secado en estufa (ASTM D2216), garantizando resultados reproducibles.

En zonas como Tungurahua y Chimborazo, donde coexisten actividad agrícola y urbanización sobre suelos volcánicos, la variabilidad física del suelo exige una caracterización detallada para una adecuada planificación territorial.

Las propiedades mecánicas, por otro lado, determinan la resistencia y deformabilidad del suelo frente a cargas aplicadas, siendo esenciales para el diseño de cimentaciones, vías, estructuras hidráulicas y sistemas de contención. Entre las más relevantes se encuentran la cohesión, el ángulo de fricción interna, la resistencia al corte y la capacidad portante, evaluadas mediante ensayos como el corte directo, triaxial y consolidación unidimensional (Lambe & Whitman, 2008). Estas propiedades permiten estimar la estabilidad de taludes, el asentamiento de estructuras y el comportamiento sísmico del suelo, factores críticos en zonas con pendiente pronunciada y alta sismicidad. En suelos volcánicos, con alta plasticidad o bajo contenido de grava, la compresibilidad y baja resistencia al corte representan riesgos que deben ser considerados en el diseño estructural. La integración de los datos físicos y mecánicos, conforme a normativas como ASTM (2023) e INEN (2020), permite un diagnóstico técnico integral que asegura la viabilidad y sostenibilidad de las intervenciones sobre el terreno.

Estudio de las propiedades físico y mecánicas de los suelos de las zonas urbanas y rurales de la provincia de Tungurahua y Chimborazo

El presente estudio analiza comparativamente las propiedades físico-mecánicas de los suelos localizados en zonas rurales y urbanas de las provincias de Tungurahua y Chimborazo, con el objetivo de identificar su comportamiento frente a parámetros como contenido de humedad, porosidad, densidad seca, grado de saturación, tipo de suelo y permeabilidad. La clasificación se realizó de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), lo que permitió establecer diferencias claras en la calidad y características de los suelos evaluados.

En el caso del cantón Ambato (provincia de Tungurahua), se observa que los suelos rurales de la zona de Santa Rosa, clasificados como arena mal graduada con arcilla (SP-SC), presentan un contenido de humedad de 19.71%, con una porosidad del 54.04% y una permeabilidad media de 6.25×10^{-4} cm/s. En contraste, en la zona urbana (Av. Víctor Hugo y Manuelita Sáenz), se identificó un suelo de tipo arena arcillosa (SC) con menor humedad (11.57%) pero mayor permeabilidad (1.29×10^{-3} cm/s). Esto sugiere que, a pesar de su clasificación cohesiva, la estructura del suelo urbano permite una mayor infiltración, lo que puede estar influenciado por su compactación o textura granulométrica.

En el cantón Cevallos, también en Tungurahua, los contrastes son más marcados. El suelo rural (Santo Domingo), aunque presenta un contenido de humedad de 20.36%, posee una porosidad baja (27.46%) y una densidad seca alta (1.939 g/cm³), con una permeabilidad baja (8.96×10^{-5} cm/s), clasificado como arena limosa (SM). En la zona urbana (La Matriz), el suelo, también de tipo SM, muestra una porosidad mucho mayor (60.18%) y un grado de saturación de agua elevado (82.55%), lo que sugiere condiciones de retención hídrica significativas, con una permeabilidad aún más baja (6.44×10^{-5} cm/s). Esto evidencia una baja capacidad de drenaje, lo cual podría generar problemas en edificaciones sin tratamiento de cimentación adecuado.

En cuanto a la provincia de Chimborazo, el análisis se centró en el cantón Riobamba. En la zona rural de Yaruquíes, el suelo clasificado como arena arcillosa (SC) mostró el contenido de humedad más alto del estudio (33.6%) y una densidad seca de 1.939 g/cm^3 , manteniendo una permeabilidad media de $1.24 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$. Estas características indican una buena compactación natural, aunque con riesgo de saturación si no se aplican técnicas de drenaje adecuadas. En la zona urbana de La Libertad, el mismo tipo de suelo presenta una porosidad más alta (60.18%) y una densidad seca más baja (1.175 g/cm^3), junto con la permeabilidad más elevada de todo el estudio ($1.46 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$), lo cual es favorable para procesos de infiltración, pero podría afectar la resistencia estructural si no se controla la humedad.

De forma general, se evidencia que los suelos urbanos, especialmente los de Cevallos y Riobamba, tienden a tener mayor porosidad y grado de saturación de agua, lo cual puede afectar la estabilidad estructural de obras civiles si no se realiza una correcta compactación o si no se incluyen sistemas de drenaje. Asimismo, los suelos con baja permeabilidad, como los clasificados como SM (arena limosa), presentan mayor riesgo de acumulación de agua, afectando procesos constructivos y agrícolas.

Finalmente, los resultados sugieren la necesidad de realizar estudios más profundos en cada zona para orientar decisiones técnicas en obras de infraestructura, manejo agrícola y ordenamiento territorial. La comparación entre zonas rurales y urbanas demuestra que la urbanización influye en parámetros como la porosidad, densidad seca y permeabilidad, factores críticos para la estabilidad del suelo. Esta investigación proporciona una base técnica para futuras evaluaciones geotécnicas en la región andina ecuatoriana.

Metodología

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño metodológico de tipo experimental y transversal, orientado a caracterizar las propiedades físico-químicas de suelos del campo y la ciudad, en sectores representativos de Ambato, Cevallos (provincia de Tungurahua) y Riobamba (provincia de Chimborazo). La investigación combinó el análisis

descriptivo con la aplicación técnica, siguiendo normativas nacionales e internacionales como las establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2020) y la American Society for Testing and Materials (ASTM, 2023). Los ensayos se realizaron en un solo momento temporal bajo condiciones de laboratorio controladas, lo que permitió asegurar la consistencia de los resultados. Las variables analizadas incluyeron textura (granulometría por método del tamizado seco), pH en solución suelo-agua 1:2.5, contenido de humedad gravimétrica, densidad aparente por el método del cilindro y materia orgánica mediante oxidación húmeda (Walkley-Black).

La población de estudio se conformó por unidades de suelo localizadas en zonas agrícolas y zonas urbanas con características contrastantes en uso y gestión del suelo. El muestreo se ejecutó bajo un criterio no probabilístico, determinado por la accesibilidad logística, representatividad y disponibilidad de autorización de los propietarios de los terrenos (Hernández-Sampieri et al, 2014). En cada localidad se establecieron parcelas geo-referenciadas con coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), donde se recolectaron muestras compuestas provenientes de los primeros 20 cm de la capa superficial de tierra, eliminando cualquier impureza presente, como raíces y material rocoso. Las muestras fueron homogeneizadas en campo, almacenadas en bolsas plásticas etiquetadas, y transportadas al laboratorio para su posterior análisis, evitando procesos de contaminación cruzada o alteración por temperatura.

La fase experimental se ejecutó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica Indoamérica, donde se aplicaron metodologías estandarizadas para cada ensayo. La granulometría se desarrolló con tamices normalizados por la ASTM (American Society for Testing and Materials) E_{11} , utilizando tamizadores eléctricos durante 10 minutos para garantizar una adecuada separación de partículas que conforman el suelo. El pH se determinará mediante potenciómetro digital calibrado con soluciones buffer pH 4 y 7, mientras que el contenido de humedad se evaluó por pérdida de masa en horno a 105 °C durante 24 horas (ASTM D2216). La densidad aparente se calculó mediante la relación entre masa seca y volumen del cilindro, y

la materia orgánica mediante valoración química con dicromato de potasio y ácido sulfúrico (Walkley-Black modificado). Todos los resultados se registraron en bitácoras técnicas y se validaron con controles simultáneos y la repetición de muestras aleatorias. Para facilitar la comprensión de los resultados, se consolidaron en una sola tabla comparativa, como se muestra en la Tabla 2. Las consideraciones éticas incluyeron el respeto por la privacidad de los datos espaciales y la obtención de consentimiento verbal informado, así como la exclusión de áreas contaminadas o con restricciones topográficas severas. A pesar de limitaciones por condiciones climáticas y dificultades logísticas, se garantizó la validez interna de los resultados mediante la rigurosa aplicación de protocolos replicables (ASTM, 2023; INEN, 2020; Hernández-Sampieri et al., 2014).

La siguiente tabla resume los equipos, herramientas y materiales empleados en el desarrollo de cada práctica.

Tabla 1

Equipos, herramientas y materiales utilizados en las prácticas.

Practica	Equipos	Herramientas	Materiales
Compactación	Balanza digital Horno	Moldes Martillo 10 lb Tamiz #44 Recipientes Metálicos Engrasador Palustre Proveta	Muestras de suelo
Permeabilidad	Balanza digital Tamizadora Eléctrica Permeámetro	Brocha Palustre Tamiz	Muestra de suelos
Granulometría	Balanza Digital Tamizadora Eléctrica	Brocha Palustre Tamiz	Muestra de suelos
Límite Líquido y Límite elástico	Balanza digital Horno Copa Casagrande	Canalizador Espatula Recipiente metálico Tabla de vidrio Tamiz #40 Mortero	Muestra de suelo Agua
Determinación de la densidad	Balanza digital Horno Frasco más cono	Placa metálica más clavos Cinzel Combo Brocha	Funda plástica Muestra de suelo

		Cuchareta Pie de rey Recipiente	
Gravedad Especifica	Balanza digital Horno	Termómetro Canastilla Tanque de plástico	Muestra de suelo
Determinación de la gravedad especifica de los suelos menores al tamiz #4	Balanza digital Horno	Termómetro Pipeta Picnómetro Embudo Recipiente metálico	Muestra de suelo Agua
Determinación del contenido de humedad	Balanza digital Horno	Recipiente espátula	Muestra de suelo Agua

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Resultados

El análisis de las propiedades físico-mecánicas del suelo representa un componente esencial en los estudios geotécnicos, dado que permite comprender su comportamiento frente a diferentes condiciones ambientales y estructurales. La Tabla 2 resume los resultados obtenidos en cada práctica, de los suelos de zonas urbanas y rurales de los cantones Ambato, Cevallos (provincia de Tungurahua) y Riobamba (provincia de Chimborazo), clasificadas según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Entre los parámetros considerados destacan el contenido de humedad, grado de saturación, porosidad, densidad seca y permeabilidad, factores clave en la toma de decisiones para la planificación de infraestructura, edificación y uso agrícola (Rodríguez & Medina, 2021; Vélez et al., 2023). Los resultados revelan diferencias notables entre zonas urbanas y rurales, reflejando la influencia de la actividad humana en las propiedades del suelo. Por ejemplo, los suelos urbanos muestran generalmente una mayor porosidad y saturación, pero menor densidad seca, lo que puede afectar su capacidad de soporte estructural si no se aplican técnicas de mejora. Estos hallazgos coinciden con estudios recientes que señalan que “la urbanización modifica la estructura granular del suelo, alterando su permeabilidad y estabilidad” (González & Herrera, 2022; Torres et al., 2024).

La Tabla 2 presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos de las prácticas realizadas en las provincias de Tungurahua y Chimborazo. Las mediciones corresponden a muestras tomadas en zonas rurales y urbanas.

Tabla 2
Análisis comparativo de resultados por provincia y zonas.

Provincia	Cantón	Zona	Sitio	SUCS	Humedad (%)	Grado de saturación (%)	Porosidad (%)	Densidad seca (g/cm³)	Permeabilidad (cm/s)	Tipo de suelo	Tipo de permeabilidad
Tungurahua	Ambato	Rural	Santa Rosa	SP-SC	19.71	77.61	54.04	1.218	6.25×10^{-4}	Arena fina	Media
		Urbana	Av. Víctor Hugo y Manuelita Sáenz	SC	11.57	76.9	52.71	1.252	1.29×10^{-3}	Arena fina	Media
	Cevallos	Rural	Santo Domingo	SM	20.36	71.35	27.46	1.939	8.96×10^{-5}	Arena limosa, sucia	Baja
		Urbana	La Matriz	SM	21.63	82.55	60.18	1.175	6.44×10^{-5}	Arena limosa, sucia	Baja
Chimborazo	Riobamba	Rural	Yaruquíes	SC	33.6	71.35	27.46	1.939	1.24×10^{-3}	Arena fina	Media
		Urbana	La Libertad	SC	21.36	82.55	60.18	1.175	1.46×10^{-3}	Arena fina	Media

Fuente: Elaboración propia.

Provincia de Tungurahua

En Ambato, los suelos rurales (Santa Rosa) se caracterizan por ser de tipo arena mal graduada con arcilla (SP-SC), presentando una porosidad alta (54.04%) y una permeabilidad media (6.25×10^{-4} cm/s), lo que indica un comportamiento granular con cierta cohesión. En contraste, el suelo urbano presenta menor humedad (11.57%) pero mayor permeabilidad (1.29×10^{-3} cm/s), lo cual sugiere una textura más suelta y menos compacta. En Cevallos, se observa una diferencia marcada en la porosidad: el suelo urbano (La Matriz) alcanza un 60.18%, el más alto de la provincia, mientras que el rural (Santo Domingo) muestra un valor mucho menor (27.46%). Ambos suelos son de tipo arena limosa (SM), pero el nivel de saturación del agua es significativamente mayor en el entorno urbano (82.55%), implicando suelos más húmedos, compactables y con menor permeabilidad (6.44×10^{-5} cm/s), que podrían presentar problemas de drenaje.

Provincia de Chimborazo.

En Riobamba, los suelos muestran una diferencia importante entre zonas. En Yaruquíes (zona rural), el suelo presenta una humedad elevada (33.6%) y una densidad seca alta (1.939 g/cm³), lo cual sugiere un material compacto, aunque con baja capacidad de drenaje (permeabilidad media: 1.24×10^{-3} cm/s). En la zona urbana (La Libertad), la densidad seca disminuye a 1.175 g/cm³, aunque se mantiene el mismo tipo de suelo (arena arcillosa SC), incrementándose su permeabilidad hasta 1.46×10^{-3} cm/s, lo cual podría facilitar la infiltración.

Discusión

Los resultados obtenidos revelan diferencias notables en las propiedades físico-mecánicas entre suelos urbanos y rurales, las cuales concuerdan con los análisis recientes de Fernández y Pineda (2021), quienes destacan que el crecimiento urbano modifica significativamente la estructura del suelo, afectando su densidad, porosidad y permeabilidad. En este sentido, los suelos urbanos de Cevallos y Riobamba presentan mayores grados de

saturación y porosidad, lo que sugiere procesos de alteración estructural por el uso intensivo del terreno y falta de vegetación superficial. Esto contrasta con las zonas rurales, donde los suelos muestran una mayor densidad seca, como ocurre en Yaruquíes y Santo Domingo, lo que indica una compactación natural más elevada y una menor capacidad de retención de agua.

Por otro lado, autores como Bravo y Cueva (2023) explican que la clasificación SUCS y los valores de permeabilidad son esenciales para determinar la viabilidad de obras civiles. En este estudio, los suelos tipo SM en zonas urbanas presentan una baja permeabilidad, lo cual representa un riesgo para proyectos constructivos si no se aplican medidas adecuadas de drenaje. En cambio, los suelos SC en zonas urbanas, como el de Riobamba (La Libertad), muestran mayor capacidad de infiltración debido a su permeabilidad más alta, lo que puede ser favorable para ciertos usos, pero también puede comprometer la resistencia estructural en presencia de niveles freáticos elevados.

Lo expuesto coincide con la evaluación técnica desarrollada por Gómez y Torres (2024), quienes señalan que la transición de usos del suelo en zonas andinas de agrícola a urbano genera impactos negativos en la estabilidad del terreno. Los datos de este estudio refuerzan esa afirmación, mostrando cómo la urbanización ha alterado parámetros como la humedad y la densidad seca, afectando directamente el comportamiento del suelo frente a cargas estructurales. Por tanto, se enfatiza la importancia de considerar estos factores en el diseño geotécnico y en las políticas de ordenamiento territorial, integrando estudios como este en la planificación sostenible de infraestructuras.

Finalmente, estudios recientes como el de Ortega y Zambrano (2024) resaltan que la información granulométrica, cuando se integra con datos climáticos y topográficos, permite elaborar modelos predictivos de erosión y pérdida de suelo, fundamentales para la sostenibilidad agrícola y ambiental. Estos enfoques integrales refuerzan la utilidad de investigaciones como la presente, que no solo se enfocan en la estabilidad estructural, sino también en la planificación territorial y gestión de riesgos. Así, este trabajo se alinea con una tendencia investigativa

contemporánea que valora el estudio del suelo como una herramienta clave para el desarrollo regional, tanto desde una perspectiva ingenieril como ambiental.

Para las zonas urbanas, como las de Cevallos y Riobamba, donde el estudio encontró mayor porosidad y grados de saturación, es importante implementar sistemas de drenaje eficientes y procesos adecuados de compactación para asegurar la estabilidad de las edificaciones y vías. En suelos con baja permeabilidad, como los de tipo SM (arena limosa) en la zona urbana de Cevallos, se debe gestionar la acumulación de agua para evitar riesgos en los proyectos de construcción.

En las zonas rurales, como las de Ambato y Cevallos que tienden a tener suelos más compactos de forma natural, es importante considerar la aplicación de técnicas de drenaje para prevenir la saturación, especialmente en suelos con alta humedad como los de Yaruquíes. En general, los hallazgos demuestran la necesidad de integrar la caracterización granulométrica del suelo en la planificación territorial y las políticas de ordenamiento, lo que permitirá mitigar riesgos por erosión, deslizamientos y degradación del suelo, y garantizar proyectos de infraestructura más seguros y sostenibles.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio revelan diferencias sustanciales entre los suelos de zonas rurales y urbanas de las provincias de Tungurahua y Chimborazo. En términos generales, los suelos urbanos presentan una mayor porosidad y grado de saturación del agua, lo que sugiere una estructura más suelta y con mayor capacidad de retención hídrica. Sin embargo, esta condición también representa un riesgo potencial para la estabilidad de las edificaciones y la durabilidad de las vías, si no se aplican procesos adecuados de compactación y drenaje.

En la provincia de Tungurahua, el cantón Ambato mostró suelos con características contrastantes: la zona rural presentó una permeabilidad más baja y mayor cohesión, mientras

que la zona urbana, aunque clasificada como arena arcillosa (SC), reflejó un comportamiento más permeable. En el cantón Cevallos, se observó que los suelos urbanos tienen una porosidad y saturación significativamente mayores que los rurales, lo cual implica una baja capacidad de drenaje que puede generar acumulaciones de humedad y afectar los procesos de construcción y cultivo. En la provincia de Chimborazo, los suelos rurales como los de Yaruquíes poseen alta humedad y buena densidad seca, lo que evidencia una compactación natural adecuada, aunque con cierto riesgo de saturación. Por otro lado, los suelos urbanos de Riobamba (La Libertad) presentan una combinación de alta porosidad y elevada permeabilidad, lo que permite un drenaje eficiente, pero podría afectar la capacidad portante del terreno si no se controla adecuadamente la humedad.

En conclusión, este análisis demuestra la importancia de realizar estudios geotécnicos diferenciados entre zonas rurales y urbanas para la planificación territorial y el diseño de obras civiles. La variabilidad en parámetros como la permeabilidad, la porosidad y la densidad seca debe ser considerada como un factor determinante en la toma de decisiones, especialmente en contextos andinos donde las condiciones del terreno son heterogéneas. El presente estudio aporta información técnica útil para profesionales de la ingeniería, arquitectura y planificación urbana, promoviendo un uso más seguro y eficiente del suelo.

Referencias bibliográficas

- American Society for Testing and Materials. (2007). ASTM D422-63(2007): Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. ASTM International. <https://www.astm.org/d0422-63r07.html>
- Coduto, D. P. (2016). Geotecnia: Principios y prácticas (2.^a ed.). Pearson Educación.
- Das, B. M. (2011). Principles of geotechnical engineering (7th ed.). Cengage Learning.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). Estadísticas territoriales de las provincias de Tungurahua y Chimborazo. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2021). Guía técnica para la caracterización de suelos en obras de infraestructura vial. <https://www.obraspublicas.gob.ec>
- Osorio, J. D., & González, L. F. (2019). Caracterización física y mecánica de suelos para obras civiles en zonas volcánicas de los Andes. *Revista Ingeniería y Región*, 17(2), 25–38. <https://doi.org/10.19053/01211129.v17.n2.2019.9932>
- Salazar, M. A., & Reyes, P. J. (2020). Análisis granulométrico y su influencia en la permeabilidad del suelo en zonas rurales. *Revista Ciencia y Territorio*, 6(1), 75–88. <https://doi.org/10.21892/26196234.617>
- Villavicencio, R., & Lema, C. (2021). Evaluación geotécnica de suelos urbanos en la Sierra Central ecuatoriana. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 25, 55–63. <https://doi.org/10.17163/ings.n25.2021.06>
- American Society for Testing and Materials. (2023). Annual book of ASTM standards: Soil and rock (Vol. 04.08). ASTM International.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2020). Normas técnicas ecuatorianas aplicables a suelos. INEN.
- Bravo, D., & Cueva, L. (2023). Geotecnia aplicada a zonas urbanas: Diagnóstico y planificación en los Andes. Editorial Académica Ecuatoriana.
- Fernández, M., & Pineda, J. (2021). Transformaciones del suelo por urbanización en regiones andinas. Instituto de Investigación de Suelos Andinos.
- Gómez, R., & Torres, A. (2024). Estabilidad de suelos en zonas de expansión urbana
-

- González, M., & Herrera, L. (2022). Geotecnia aplicada en zonas urbanas de montaña. Editorial Académica Andina.
- Rodríguez, D., & Medina, C. (2021). Caracterización física de suelos para obras civiles. Editorial Técnica Latinoamericana.
- Torres, P., Salazar, F., & Lema, V. (2024). Estudios de suelo y urbanización: impactos en la ingeniería geotécnica. Universidad Técnica del Norte Press.
- Vélez, J., Bravo, E., & Quintero, M. (2023). Suelos andinos: propiedades físicas y aplicaciones geotécnicas. Fondo Editorial Universitario.
- Bravo, J., Cevallos, P., & Molina, A. (2020). Análisis granulométrico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales. Editorial Técnica del Ecuador.
- Herrera, L., & Quintero, D. (2023). Variabilidad de suelos en zonas urbanas andinas: desafíos para la planificación geotécnica. Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil, 9(1), 34–51.
- Moreno, G., & Delgado, V. (2021). Mecánica de suelos en zonas volcánicas: análisis y aplicaciones. Universidad Nacional de Loja Press.
- Ortega, R., & Zambrano, M. (2024). Modelos predictivos de erosión en suelos andinos con base en granulometría. Revista Andina de Geotecnia, 5(2), 78–94.
- Ruiz, J., Tapia, L., & Yépez, H. (2022). Clasificación granulométrica de suelos andinos y su aplicación en infraestructura vial. Ingeniería y Territorio, 18(2), 105–119.
-