

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND SOIL QUALITY ASSESSMENT AT THE TUNSHI EXPERIMENTAL STATION OF THE ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Hernán Eriberto Chamorro Sevilla¹, Rodrigo Ernesto Salazar López², Ana Lucía Zumba Maliza³, Keylly Marcela Chávez Inca⁴

{hernan.chamorro@esPOCH.edu.ec¹, rodrigo.salazar@esPOCH.edu.ec², ana.zumba@esPOCH.edu.ec³, keylly.chavez@esPOCH.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 15/06/2026 / Fecha de aceptación: 06/07/2026 / Fecha de publicación: 08/07/2026

RESUMEN: La caracterización fisicoquímica del suelo constituye una herramienta fundamental para evaluar su fertilidad, identificar posibles limitaciones productivas y establecer estrategias de manejo sostenible en los sistemas agrícolas andinos. En este estudio se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del suelo en la Estación Experimental Tunshi (Riobamba, Chimborazo), ubicada en un área agrícola de 18,49 ha con una matriz productiva diversa. Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado en seis zonas representativas de uso del suelo. Para obtener seis muestras compuestas se recolectaron 60 submuestras, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH mediante métodos estandarizados. Los resultados mostraron un pH promedio de 7,16, correspondiente a un suelo neutro a ligeramente alcalino, una conductividad eléctrica de 181,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que evidencia ausencia de salinidad y una concentración promedio de fósforo de 24,31 mg/kg. Predominó la textura franco-limosa, acompañada de una adecuada estabilidad estructural y niveles favorables de fertilidad natural. No obstante, el contenido promedio de carbono orgánico fue de 1,38%, valor inferior al reportado para otros suelos altoandinos, lo que sugiere la necesidad de incorporar enmiendas orgánicas para mejorar la calidad del suelo, fortalecer su sostenibilidad y reducir el riesgo de degradación asociado al manejo agrícola intensivo.

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-8531-7116>; +5930996487535

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-6194-1638>; +593999444777

³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-0312-9533>; +593987639800

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0780-6704>; +593998603125

Palabras clave: *Análisis de suelos, fertilidad, gestión sostenible, textura, nutrientes, Chimborazo*

ABSTRACT: Physicochemical soil characterization is an essential tool for assessing soil fertility, identifying potential production constraints, and supporting sustainable management strategies in Andean agricultural systems. This study evaluated the physicochemical properties of soil at the Tunshi Experimental Station (Riobamba, Chimborazo), an agricultural area covering 18.49 ha with diverse land use. A stratified random sampling design was applied across six representative land-use zones. Sixty subsamples were collected and combined into six composite soil samples, which were analyzed at the Faculty of Natural Resources laboratory of ESPOCH using standardized analytical methods. The results showed an average soil pH of 7.16, indicating neutral to slightly alkaline conditions, an electrical conductivity of 181.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ confirming the absence of salinity, and an average phosphorus concentration of 24.31 mg/kg. Silty loam was the predominant soil texture, accompanied by good structural stability and favorable natural fertility. However, the average organic carbon content was 1.38%, lower than values commonly reported for other high-Andean soils, suggesting the need to incorporate organic amendments to improve soil quality, enhance long-term sustainability, and reduce degradation risks associated with intensive agricultural management.

Keywords: *Soil analysis, fertility, sustainable management, texture, nutrients, Chimborazo*

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo en la región andina del Ecuador es un problema que se produce en mayor porcentaje es por la ausencia de análisis detallados sobre su calidad que es el resultado de la influencia mutua de las características físicas, químicas y biológicas que combinadas sustentan la productividad agrícola y la sostenibilidad de los sistemas de producción (21). La falta de información a detalle de estas propiedades impide tener prácticas agronómicas adecuadas y una toma de decisiones efectiva, lo cual limita el uso óptimo de enmiendas y fertilizantes perjudicando el mantenimiento de la fertilidad del suelo a través del tiempo (22).

También en las áreas geográficas de los altos Andes, actúan varios factores naturales como el cambio climático y antrópicos como los terrenos difíciles, el riego que puede erosionar el suelo si superan umbrales críticos y los sistemas de labranza inadecuados; todos estos factores contribuyen a la inestabilidad funcional (21). Cabe indicar que se requiere de investigaciones adicionales más localizadas para comprender mejor el comportamiento del suelo, y más cuando son ecosistemas de gran altitud en donde la heterogeneidad ambiental es más notoria.

Estos elementos resultan fundamentales para orientar una gestión sostenible de la tierra, ya que permiten identificar tanto su capacidad productiva como su vulnerabilidad frente a procesos de degradación. Asimismo, el uso adecuado del suelo y su conservación forman parte esencial de este enfoque (21). Estudios científicos recientes han señalado que ciertas características fundamentales del suelo como el pH, el contenido de materia orgánica, la textura, la porosidad y la conductividad eléctrica, se les sigue considerando indicadores confiables para evaluar el nivel de conservación o manejo al que ha sido sometido.

Del mismo modo, las características del suelo son determinantes para establecer su capacidad de retención hídrica y su papel en la estabilidad de los ecosistemas, dependiendo del uso del terreno y de las condiciones del entorno. La estructura orgánica del suelo se evidencia en un nivel adecuado de materia orgánica, la cual influye en su organización y en su capacidad para conservar la humedad. A su vez, factores como la textura y la porosidad permiten entender el movimiento del agua y del aire a lo largo del perfil edáfico. De manera análoga, variables como la conductividad eléctrica y el pH resultan fundamentales, ya que se asocian con la disponibilidad de nutrientes y con posibles procesos de salinización o acidificación. Todos estos elementos facilitan una valoración integral del estado del suelo y de su potencial para cumplir distintas funciones productivas (23).

La relevancia de generar datos fisicoquímicos que reflejen con precisión las características particulares de cada territorio y que, a su vez, orienten la formulación de prácticas agrícolas acordes a su realidad, no debe pasarse por alto. Esta necesidad resulta aún más evidente en zonas donde interactúan condiciones climáticas y características topográficas complejas, tal como sucede en las regiones altoandinas del Ecuador. En este contexto, la caracterización del suelo se vuelve fundamental, ya que permite plantear estrategias de manejo más sostenibles y eficientes en el uso de insumos, reduciendo simultáneamente los posibles impactos negativos sobre el ambiente (6,7).

Es muy importante contar con normas claras y uniformes para tomar y analizar las muestras, ya que esto asegura que los resultados sean confiables. Por ello, en este estudio se aplican métodos reconocidos a nivel internacional, basados en la NOM-021-RECNAT-2000 y en las guías de la FAO (9). Todos los análisis se realizaron en un laboratorio de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, lo cual garantiza una buena calidad de la información. Esta investigación sobre la calidad del suelo de la Estación Experimental Tunshi, surge como una necesidad debido a que existe poca información básica y de referencia que favorezca la toma de decisiones adecuadas para la gestión de este recurso.

El objetivo de este trabajo es aportar información técnica que, además de apoyar la conservación del suelo, contribuya a mejorar la producción agrícola y fomente la aplicación de prácticas adecuadas. Asimismo, se plantea la creación de parcelas de referencia, las cuales servirán como espacios demostrativos para capacitar a los agricultores locales y facilitar la transmisión de conocimientos sobre la estrecha relación entre la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (24).

Además, la investigación plantea analizar tanto las características físicas como las químicas del suelo de las variables textura, densidad aparente, contenido de carbono, humedad, pH, fósforo, potasio y calcio, las cuales se encuentran estrechamente vinculados al sistema suelo, agua y aire que son fundamentales para valorar la aptitud del suelo destinado a las actividades agrícolas.

El análisis químico consiste en el pH, el contenido de materia orgánica y la cuantificación de los macronutrientes y micronutrientes que son necesarios para el desarrollo de las plantas. Estos parámetros son fundamentales para la fertilidad del suelo y constituyen la base para las recomendaciones de gestión que pueden mejorar la productividad (1). La hipótesis central de

esta investigación plantea que una caracterización fisicoquímica adecuada de los suelos en la Estación Experimental de Tunshi permitirá reconocer tanto sus limitaciones como sus potencialidades, generando información útil para planificar estrategias de manejo sostenible. En este sentido, se espera que los resultados obtenidos aporten de manera importante al fortalecimiento de la producción agrícola y a la conservación de los recursos naturales en la región andina del Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

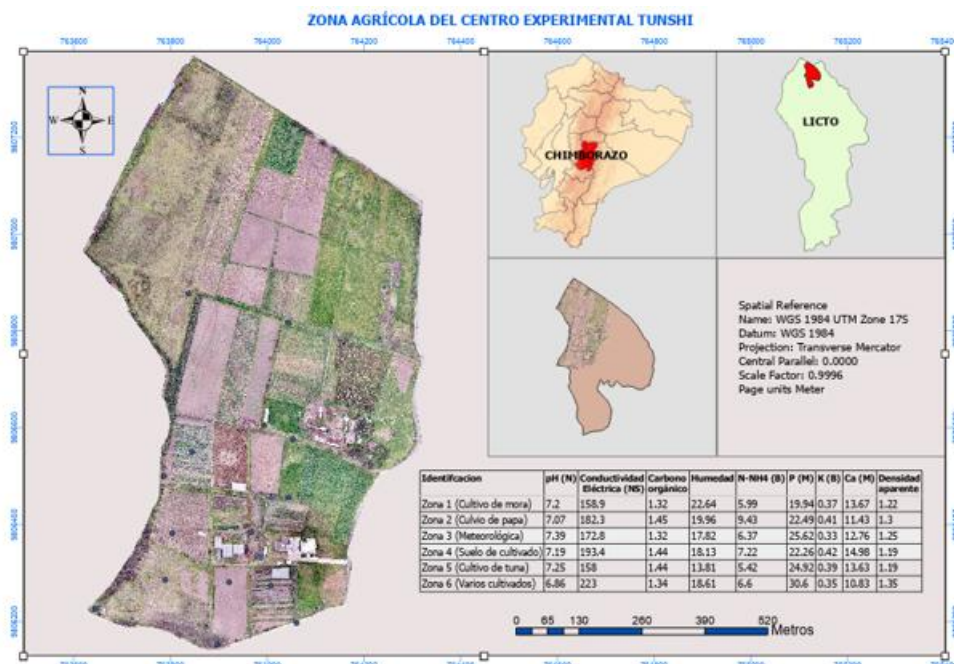


Figura 1. Localización de la zona agrícola de Tunshi.

El área de estudio se localiza en la cordillera oriental de los Andes ecuatorianos, en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Licto. Se encuentra a una altitud aproximada de 2840 m s. n. m. y presenta un clima clasificado como *Cwb* según el sistema de *Köppen-Geiger*, caracterizado por condiciones templadas de montaña con invierno seco y una precipitación anual cercana a 800 mm. El relieve es predominantemente ondulado, con pendientes moderadas que favorecen el escurrimiento superficial y condicionan la infiltración del agua, la redistribución de la humedad y los procesos erosivos, factores que influyen directamente en propiedades del suelo como la densidad aparente y el almacenamiento de agua. En cuanto al uso actual del suelo, predominan los pastizales y cultivos de papa, mora, tuna y diversas especies de ciclo corto, lo que refleja una matriz agrícola heterogénea.

Para el diseño del muestreo se utilizó un método aleatorio estratificado en una superficie de 18,49 hectáreas, con el propósito de representar de forma adecuada las distintas condiciones del suelo en el área agrícola.

Para la toma de datos en campo, el terreno se dividió en seis zonas asignándoles un código único de identificación según el uso actual del suelo, específicamente en las parcelas de mora, papa, tuna, cultivos de medio ciclo, área en descanso y área de la estación meteorológica. En cada área se localizaron diez puntos con su latitud, longitud y altitud utilizando el GPS Garmin 62sc, se tomaron una muestra por punto, dando un total de 60 muestras considerando la consistencia del terreno y el tipo de cultivo presente; es así que, en las áreas cultivadas la profundidad está entre 0 y 20 cm, mientras que en el área de la estación meteorológica se extrajo a una profundidad de 20 a 40 cm. Posteriormente, se sacó una muestra representativa mezclando las muestras por cada zona para finalmente enviar al laboratorio para su respectivo análisis.

Las muestras de suelo se tomaron teniendo en cuenta la consistencia del terreno y el tipo de vegetación presente. En las áreas cultivadas, la recolección se realizó a una profundidad de entre 0 y 20 cm, mientras que en la zona meteorológica se extrajeron a una profundidad mayor, de 20 a 40 cm. La ubicación exacta de cada punto, incluyendo latitud, longitud y altitud, se registró mediante un GPS Garmin 62sc, y a cada sitio se le asignó un código de identificación específico.

El proceso de muestreo se llevó a cabo en condiciones controladas con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación entre las muestras. Para lo cual, se emplearon herramientas previamente esterilizadas, como barrenos y equipos de extracción de suelo. Antes de tomar cada muestra, se retiró la capa superficial de restos orgánicos. Posteriormente, las muestras se colocaron en fundas plásticas correctamente identificadas con su respectivo código y coordenadas. Finalmente, en cada zona se combinaron diez submuestras en un recipiente plástico para obtener una muestra compuesta representativa, la cual se guardó en una segunda funda, etiquetada con un código único (Z1 a Z6) junto con la ubicación geográfica del centro de cada zona.

También se registraron variables ambientales como la temperatura y la humedad, obtenidas de la base de datos del proyecto *NASA Power*, además de observaciones directas en campo que ayudaron a interpretar mejor los resultados. En el laboratorio se analizaron distintas propiedades físicas y químicas del suelo con el propósito de obtener una caracterización completa. Se evaluó el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de carbono orgánico, la humedad, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, densidad aparente, densidad real, textura y estructura. Para el pH se utilizó el método potenciométrico, con una suspensión del suelo en proporción 1:2,5. Para determinar la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro que permitió conocer el nivel de salinidad. Con el método de oxidación con dicromato de potasio y la valoración volumétrica, se obtuvo el carbono orgánico. La humedad se obtuvo de forma directa mediante la diferencia de peso de las muestras antes y después de ser sometidas al secado en la estufa a 105 °C. Se utilizó el método de Kjeldahl y el ácido clorhídrico para determinar el nitrógeno total. El fósforo disponible se extrajo utilizando el método de Olsen y cuantificado con el espectrofotómetro. Para sacar el potasio se utilizó acetato de amonio en la fotometría de emisión de llama. Para el calcio, se utilizó el método de análisis químico cuantitativo junto con el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

La densidad aparente se calculó mediante el método del cilindro, mientras que para la densidad real se utilizó un picnómetro, la textura se obtuvo con el método de Bouyoucos y el uso del hidrómetro. Para determinar la estructura del suelo se realizó en campo, observando el tamaño, forma y grado de desarrollo de los agregados.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico descriptivo en R versión 4.5.2, complementado con la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene y el análisis de correlación de Pearson para evaluar la relación entre las propiedades fisicoquímicas del suelo. La representación cartográfica se efectuó mediante interpolación espacial utilizando el método de Kriging Ordinario (Ordinary Kriging) en ArcGIS Pro. Se seleccionó un modelo de semivariograma esférico (Spherical), debido a que describe adecuadamente la continuidad espacial de variables edáficas y es uno de los modelos más utilizados en estudios de interpolación de propiedades del suelo. La estimación espacial se realizó considerando la estructura de autocorrelación de los datos experimentales generada por el semivariograma, obteniendo superficies continuas que permitieron representar la distribución espacial de las variables analizadas dentro del área de estudio.

RESULTADOS

La localización de las muestras permitió obtener los datos de forma sistemática, distribuida en la zona agrícola del Centro Experimental Tunshi (Ver figura 2).

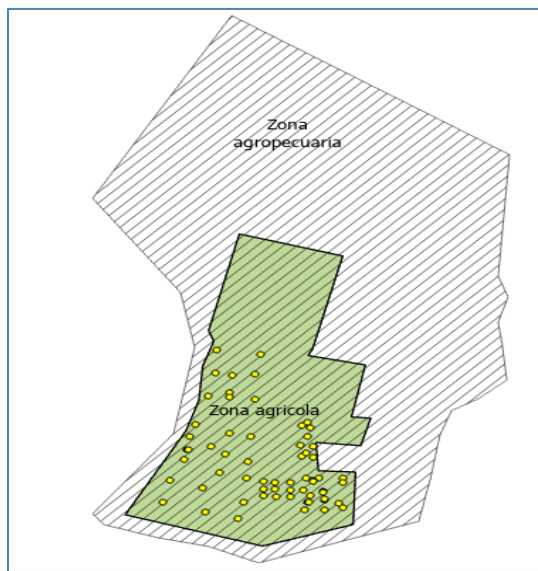


Figura 2. Distribución de muestras en la zona agrícola.

El registro de latitud y longitud en coordenadas UTM y la zona de cada muestra tomada se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Porción de datos obtenidos en las zonas de los cultivos de Tunshi.

Zona	Cultivo	Cod. Puntos	Longitud	Latitud	Altitud
1	Mora	Z1mp1	-78,627264	-1,75088	2768
1	Mora	Z1mp2	-78,627264	-1,75088	2771
1	Mora	Z1mp3	-78,626666	-1,750884	2766
1	Mora	Z1mp4	-78,627305	-1,751123	2768
1	Mora	Z1mp5	-78,626994	-1,75115	2767

El resultado del análisis del laboratorio de las propiedades fisicoquímicas, se muestran en la tabla 2.

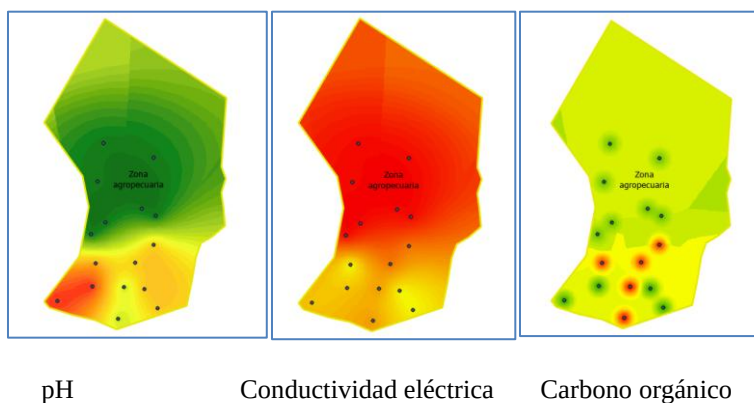
Tabla 2. Resultados del análisis de laboratorio.

Identificación	pH (N)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Carbono orgánico (%)	Humedad (%)	N-NH ₄ (mg/L)	P (mg/L)	K (Meq/100 g)	Ca (Meq/100 g)	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real	Textura	Estructura
Zona 1 (Cultivo de mora)	7.20	158.9	1.32	22.64	5.99	19.94	0.37	13.67	1.22	2.2	Franco limoso	Bloques subangular
Zona 2 (Cultivo de papa)	7.07	182.3	1.45	19.96	9.43	22.49	0.41	11.43	1.13	2.1	Franco limoso	Bloques subangular
Zona 3 (Meteorológica)	7.39	172.8	1.32	17.82	6.37	25.62	0.33	12.76	1.25	2.0	Franco arenoso	Migajosa
Zona 4 (Suelo de cultivo)	7.19	193.4	1.44	18.13	7.22	22.26	0.42	14.98	1.19	2.0	Franco limoso	Bloques subangular
Zona 5 (Cultivo de tuna)	7.25	158.0	1.44	13.81	5.42	24.92	0.39	13.63	1.19	2.0	Franco limoso	Bloques subangular
Zona 6 (Varios cultivados)	6.86	223.0	1.34	18.61	6.60	30.60	0.55	10.83	1.55	2.1	Franco limoso	Bloques subangular

El análisis realizado muestra que el pH promedio de las seis zonas evaluadas es de 7,16, lo que ubica a estos suelos en un rango neutro a ligeramente alcalino. Esta característica resulta favorable para la agricultura de la región, ya que facilita la disponibilidad y absorción de la mayoría de los nutrientes esenciales para las plantas. Por otra parte, la conductividad eléctrica registra un valor medio de 181,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que confirma que los suelos no presentan problemas de salinidad y son adecuados para el cultivo.

En lo que respecta a los macronutrientes, el fósforo presenta un promedio de 24,31 mg/kg, alcanzando su valor más alto de 30,60 mg/kg en la zona con diversidad de cultivos que son considerados adecuados e incluso elevados como ha sido reportado previamente (1) lo que permitirá mantener una buena productividad de la papa, mora y tuna sin riesgos de deficiencia. El valor promedio obtenido en el potasio es de 0,38 cmol/kg y del calcio es de 12,88 cmol/kg que refleja una buena fertilidad del suelo. En cinco de las seis áreas consideradas en este estudio dio como resultado que se tiene una textura franco-limosa permitiendo tener una retención de agua y aireación equilibrada. La densidad aparente presentó un valor promedio de 1,25 g/cm³, condición que favorece el desarrollo radicular, la infiltración de agua y reduce el riesgo de compactación. No obstante, se observaron diferencias espaciales entre las zonas de muestreo. La Zona 6 registró el valor más alto (1,55 g/cm³), lo que podría estar asociado a un menor contenido

de materia orgánica, una mayor compactación ocasionada por el manejo agrícola y una menor estabilidad estructural del suelo. En contraste, la Zona 2 presentó los valores más bajos de densidad aparente, probablemente debido a mejores condiciones de agregación del suelo, mayor contenido de humedad y una estructura más favorable para el desarrollo radicular. Estas diferencias reflejan la heterogeneidad espacial de las propiedades físicas del suelo dentro del área experimental y evidencian la necesidad de implementar prácticas de manejo diferenciadas según las condiciones de cada zona. El carbono orgánico presentó un contenido promedio de 1,38 %, con valores que variaron entre las diferentes zonas de muestreo, que es considerablemente menor si se compara con los que se ha encontrado en otras zonas del norte de los Andes ecuatorianos, donde los suelos alcanzan promedios cerca al 7,8% y 1,45% en las áreas de papa y tuna. En cuanto a la humedad el promedio alcanza el 18,50%, destacándose el cultivo de mora con el mayor contenido de agua (22,64%). Aunque estos resultados evidencian un suelo productivo, se recomienda mejorar el contenido de carbono orgánico mediante la incorporación de materia orgánica. Como último paso, los mapas generados mediante interpolación por *Kriging* Ordinario (ver Figura 3) permitieron identificar la distribución espacial de las propiedades fisicoquímicas del suelo dentro del área de estudio. El carbono orgánico presentó mayores concentraciones en los sectores de menor pendiente, donde la acumulación de humedad y residuos orgánicos favorece su conservación, mientras que las menores concentraciones se localizaron en áreas con mayor pendiente, donde la escorrentía superficial incrementa la pérdida de materia orgánica. De manera similar, la distribución espacial del fósforo evidenció una mayor disponibilidad en las zonas topográficamente más estables y menores concentraciones en sectores con mayor pendiente, comportamiento asociado a la redistribución de partículas finas y al transporte superficial de nutrientes. Estos patrones espaciales demuestran la influencia de la topografía sobre la variabilidad de las propiedades del suelo y respaldan la necesidad de implementar prácticas de manejo diferenciadas para optimizar la fertilidad dentro del área experimental (ver Figura 3).



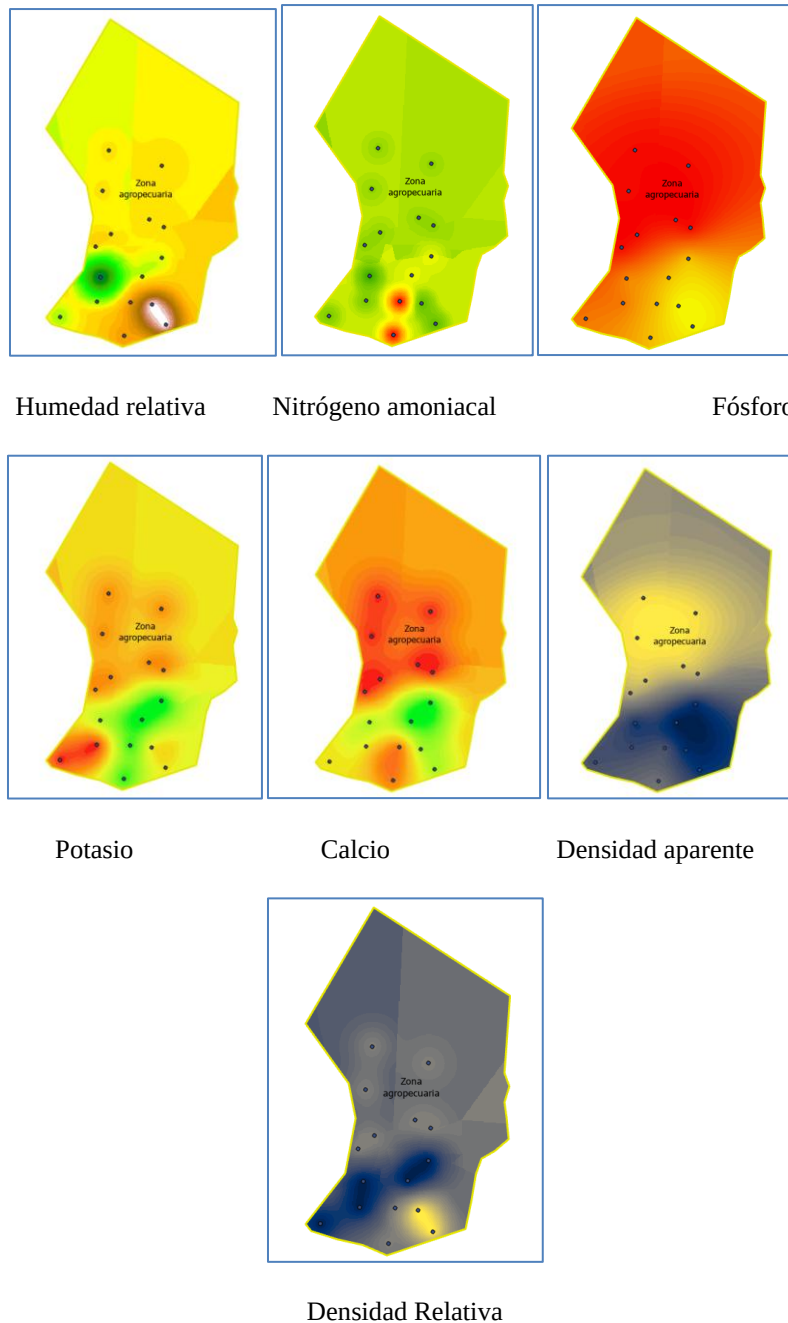


Figura 3. Representación temática en la zona agrícola.

DISCUSIÓN

El valor promedio de pH de 7,16 que se registró en la Estación Tunshi se encuentra ubicado en el extremo alto con un valor entre 5,4 y 7,2 lo cual indica que es un suelo que varía entre neutro y ligeramente alcalino que es bastante favorable si se le compara con otras zonas como los páramos de Imbabura en la que los suelos están cubiertos con plantaciones exóticas presentando un estado más ácido con valores entre 4,5 a 5,2. En otros lugares del norte de la sierra ecuatoriana,

los suelos son ácidos porque tienen un origen volcánico. Ahora los valores obtenidos en el área de estudio, refleja mayor estabilidad como en algunos valles del callejón interandino en donde los suelos son mas equilibrados y aptos para el desarrollo agrícola.

El contenido promedio de fósforo disponible fue de 24,31 mg/kg, valor considerado alto para las condiciones de la región andina ecuatoriana, donde muchos Andisoles presentan una disponibilidad limitada de este nutriente debido a los procesos de fijación por óxidos de aluminio y hierro. En el presente estudio, la elevada disponibilidad de fósforo, a pesar del bajo contenido de carbono orgánico (1,38 %), puede explicarse principalmente por el pH cercano a la neutralidad (7,16), condición que reduce la actividad del aluminio intercambiable y disminuye los procesos de fijación del fósforo, favoreciendo su permanencia en formas más disponibles para las plantas. Asimismo, es posible que el manejo agrícola histórico, incluyendo la aplicación de fertilizantes fosfatados, haya contribuido a mantener concentraciones elevadas de este nutriente; sin embargo, esta hipótesis deberá confirmarse mediante estudios específicos sobre el historial de manejo del suelo. Estos resultados evidencian que, bajo las condiciones evaluadas, la disponibilidad de fósforo estuvo más relacionada con la reacción del suelo y el manejo agronómico que con el contenido de carbono orgánico, comportamiento consistente con el reportado para suelos andinos con pH cercano a la neutralidad.

Los resultados que se obtuvieron en este estudio indican un escenario favorable si se relacionan con los que se tienen en la región interandina ecuatoriana. Esto es que en la zona de Tunshi existe mayor disponibilidad de fosforo que los mencionados en diferentes zonas interandinas, por lo que no sería necesario por el momento en Tunshi recurrir a fertilizantes fosfatados como mencionan estudios realizados en los suelos de la provincia de Cotopaxi en donde si recurren a fertilizantes fosfatados. La textura franco-limosa del área de estudio obtenida, coincide con el tipo de textura que existe en el centro de la Sierra ecuatoriana en donde los suelos varían entre franco arenoso y franco arcilloso que garantizan la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) que no es otra cosa que la capacidad de retención y liberación de nutrientes (7). El potasio y el calcio del suelo de Tunshi superan los valores mínimos necesarios para el desarrollo adecuado de los cultivos de ciclo corto. El contenido de carbono orgánico de 1,38% que es menor que los encontrados en las zonas del norte de los Andes ecuatorianos, en donde los suelos alcanzan promedios cercanos a 7,8% que puede ser por desgaste posiblemente por el uso agrícola intensivo o por una menor acumulación de materia vegetal.

Algunos estudios realizados en la región sobre la degradación del suelo como lo es la erosión indican que la materia orgánica en estos casos ha descendido por debajo del 2% lo cual reduce la actividad de los microorganismos que son fundamentales para el reciclaje de nutrientes, esto quiere decir que, a pesar de que el suelo es productivo, es necesario mejorar su contenido orgánico que evite el deterioro progresivo del suelo.

La densidad aparente registrada en la zona fue de 1,25 g/cm³, cuyo valor indica que el suelo tiene una buena aireación permitiendo un buen crecimiento de las raíces y está considerado entre valores normales para suelos de este tipo en la región andina.

No obstante, El uso constante de la maquinaria agrícola, especialmente los tractores en la provincia de Chimborazo en los sistemas agrícolas tradicionales forma continua, han incrementado la densidad aparente del suelo, provocando la compactación de este y la disminución de su porosidad. Situación por la cual se han visto afectados los cultivos al limitar la circulación del agua y aire en el perfil del suelo. Se sugiere implementar buenas prácticas agrícolas que permita conservar las propiedades físicas del suelo, siguiendo las recomendaciones establecidas en manuales técnicos regionales para reducir la degradación.

CONCLUSIONES

Al revisar los resultados del análisis del suelo en la zona, se indica que tiene condiciones naturales muy buenas para los cultivos andinos, tanto los de ciclo corto como los permanentes. En esta área, el pH oscila cerca de la neutralidad (7,16), además, está marcada por una salinidad relativamente baja, lo que hace que sea un suelo apto para absorber los nutrientes de las plantas.

Además, las concentraciones de fósforo y potasio son bastante altas y superan la cantidad recomendada, lo que indicaría que el terreno posee la capacidad de sostener eficazmente un crecimiento óptimo de plantas sin depender del abono químico. La textura, franco-limosa, cuenta con la ventaja de no retener agua de manera excesiva ni causar empastado, lo cual favorece la oxigenación de las raíces, una cualidad importante para las variedades como la papa y la mora, cuyas necesidades nutricionales son más altas y podrían proveerse mediante estas condiciones.

La cantidad de carbono orgánico en Tunshi es bastante baja, llegando solo hasta el 1,38%, mientras que en las tierras andinas bien preservadas está más elevada. Esto indica una degradación del suelo debido a cultivos agrícolas prolongados o ausencia de fertilizantes naturales. El carbono orgánico es vital para mantener la fertilidad del terreno, así como para mantener la consistencia del suelo, promover la actividad de los microorganismos y frenar la erosión y la compactación del suelo.

Con base en lo que se ha descubierto analizando los suelos de Tunshi, son necesarias prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, destinadas a restaurar la condición del suelo. En este sentido, los cultivos alternativos con leguminosas, mayor uso de fertilizantes naturales o verdes, y menos arados profundos parecen esenciales. Dichas estrategias beneficiarán la resistencia del suelo y mejorará su resistencia frente al cambio climático (3,6).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Delli Villavicencio BC. Caracterización físico-química del suelo en cultivos de ciclo corto comunidad, Corazón de Jesús [tesis]. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo; 2022.
2. Tomita K. Característica físico-química de los suelos en la región de Sierra, comparando con los resultados en la región de Costa por la evaluación de la capacidad de intercambio

- catiónico (CIC) y otros [ponencia]. Guayaquil: VI Congreso Internacional de Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias - CIDE; 2020.
3. Jiménez L, Jiménez W, Ayala N, Quichimbo P, Fierro N, Capa-Mora D. Exploring ethnopedology in the Ecuadorian Andean highlands: A local farmer perspective of soil indicators and management. *Geoderma Reg.* 2024;36: e00755.
 4. Espinosa J. Suelos volcánicos, dinámica del fósforo y producción de papa. Quito: International Potato Center (CIP); [sin fecha].
 5. Veloz Salazar GA. Evaluación de los impactos que ejercen las plantaciones de especies forestales introducidas de pinos en los ecosistemas de páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas- provincia de Imbabura [tesis]. Ibarra: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra; 2021.
 6. Campi Amaiquema KJ. La degradación de los suelos Andisoles y su incidencia en sistema de producción agrícola en el Ecuador [tesis]. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo; 2023.
 7. Changoluisa Caisaluisa NR. Análisis y relación de la capacidad de intercambio catiónico con parámetros físicos y químicos en suelos de cinco sistemas productivos en Cotopaxi [tesis]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2024.
 8. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Mapa geopedológico del Ecuador Continental escala 1:25.000. Quito: GEOPORTAL MAG; 2020.
 9. FAO. Andisols: soils of volcanic origin in the Andean region. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2019.
 10. Quichimbo P, Tenorio G, Borja P, Cárdenas I, Crespo P, Céleri R. Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Suelos Ecuatorianos.* 2012;42(2):138-153.
 11. Espinosa J, Moreno J, Bernal G. The soils of Ecuador. Cham: Springer Nature; 2018.
 12. Bazán R. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA); 2017.
 13. Farley K. Plantaciones forestales y producción de servicios ambientales en los Andes. Quito: EcoCiencia; 2008.
 14. Zehetner F, Miller WP, West LT. Pedogenesis of volcanic ash soils in Andean Ecuador. *Soil Sci Soc Am J.* 2003; 67:1797-1809.
 15. Ruales PF. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y correlación con el contenido de cationes intercambiables de las plantas del género *Siparuna* [tesis]. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja; 2019.
 16. Calvache M. Manejo sostenible de los suelos del Ecuador. En: VII Congreso Sudamericano de Agronomía. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial; 2016.
 17. Montatixe Sánchez CI, Eche Enríquez MD. Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra.* 2021;8(1):e2786.
 18. Hofstede R. El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. Quito: Abya-Yala; 2001.
 19. Beltrán K, Salgado S, Cuesta F, León S, Romoleroux K, Ortiz E, et al. Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. Quito: EcoCiencia; 2009.

20. Muñoz J, Oleschko K, Velásquez M, Velásquez J, Martínez M, Figueroa B. Propiedades físicas de un Andosol mólico bajo labranza de conservación. *Rev Mex Cienc Agríc.* 2011;2(1):151-162.
21. Ochoa-Cueva PA. Manejo y conservación del suelo y agua en los Andes del sur de Ecuador [tesis doctoral]. Málaga: Universidad de Málaga; 2019. Disponible en: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/11961/TD_OCHOA_CUEVA_Pablo_Alejandro.pdf.
22. Garcés Barros TA. Propiedades edáficas en la región andina del Ecuador. Polo del Conocimiento. 2019. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5370>.
23. Aillón Torres BA. Propiedades físico-químicas del suelo como instrumento de evaluación a las estrategias de recuperación: caso de estudio Microcuenca Altoandina (Hualcanga) en el páramo del Cerro Igualata, Provincia de Tungurahua [tesis de posgrado]. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo; 2025. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14866>.
24. García M, Pacheco J, Delgado L. Manejo y conservación de suelos en el Ecuador como medida de mitigación del cambio climático: una revisión sistemática. *Recimundo.* 2021;15(2):45-62. Disponible en: <https://recimundo.com/index.php/es/article/download/2300/3002/4184>