

Determinación de la concentración de metales pesados en suelos del cantón Quero-Tungurahua. Estudio de caso

Determination of the concentration of heavy metals in soils of the Quero-Tungurahua canton. Case Study

- ¹ Lourdes Cumandá Carrera-Beltrán  <https://orcid.org/0000-0002-0266-4893>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
lourdes.carrera@epoch.edu.ec
- ² Juan Carlos González García  <https://orcid.org/0000-0001-9066-1600>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
juan.gonzalez@epoch.edu.ec
- ³ Silvana Paola Ocaña Coello  <https://orcid.org/0000-0002-3339-0987>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
socana@epoch.edu.ec
- ⁴ Cristian David Buñay Estrella  <https://orcid.org/0009-0004-6522-1936>
Investigador independiente, Chimborazo, Ecuador
estrellacristian@gmail.com
- ⁵ Anderson David Chimbolema Cepeda  <https://orcid.org/0009-0004-0933-6114>
Investigador independiente, Chimborazo, Ecuador
david_ldu4@outlook.es



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/05/2025

Revisado: 18/06/2025

Aceptado: 02/07/2025

Publicado: 29/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.629>

Cítese:

Carrera Beltrán, L. C., González García, J. C., Ocaña Coello, S. P., Buñay Estrella, C. D., & Chimbolema Cepeda, A. D. (2025). Determinación de la concentración de metales pesados en suelos del cantón Quero-Tungurahua. Estudio de caso. *AlfaPublicaciones*, 7(3), 77–91. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.629>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <http://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Cantón Quero,
contaminación,
metales pesados,
macronutrientes.

Keywords:

Quero Canton,
pollution, heavy
metals,
macronutrients

Resumen

Introducción: el cantón Quero ubicado en la provincia de Tungurahua, eminentemente agrícola y ganadero, en los últimos años ha sufrido una reducción en el rendimiento de los cultivos. **Objetivos:** el objetivo de la investigación fue determinar la calidad de suelo de uso agrícola para asegurar la calidad alimentaria. **Metodología:** se inició con la determinación de los puntos de muestreo considerando las facilidades prestadas para el acceso a los terrenos, se procedió a tomar la muestra de suelos, posterior tratamiento, análisis físico-químico y químico, y finalmente interpretación. **Resultados:** los resultados indican una variación de pH de 4.30 -7.18 (variando de extremadamente ácido a neutro,) una conductividad eléctrica entre 39.40 y 123.25 uS/cm (valores despreciables de salinidad), una densidad aparente entre 1.02-1.20 g/ml, densidad real 2.52-2.85 g/ml, contenido de MO entre 1.42-2.87 %, la textura identificada fue en su gran mayoría franco-arenoso. El contenido de N varió entre 100-1100 mg/kg, el P entre 304.33-316.33 mg/kg, el K entre 411.68-1780.35 mg/kg, el Ca de 143.44 mg/kg a 541.81 mg/kg, el Mn entre 77.58 mg/kg y 159.55 mg/kg y el Zn entre 9.75 mg/kg y 20.71 mg/kg. Los resultados de los análisis de metales pesados Cd, Pb y Hg indicaron valores inferiores al límite de detección del equipo (0.25 mg/kg), el contenido de Se varió entre 0.02 y 0.09, mientras el As presentó una variación entre el límite de detección 0.25 mg/kg y 0.84 0.25 mg/kg; el Cd, Pb, Se y As cumplieron con los valores referenciales de la Normativa ecuatoriana, por lo que se puede concluir que no existe un riesgo de contaminación por metales pesados en los productos cultivados en estos suelos. **Conclusiones:** El análisis de metales pesados valores de Cd, Pb, Se y As fueron inferiores al valor referencial establecido por la normativa ecuatoriana vigente, con lo cual se evidencia que no existe contaminación por metales pesados en estos suelos. **Área de estudio general:** agropecuaria. **Área de estudio específica:** gestión sustentable de los recursos naturales. **Tipo de artículo:** original

Abstract

Introduction: The Quero canton located in the province of Tungurahua, eminently agricultural and livestock, has suffered a reduction in crop yields in recent years. **Objectives:** The objective of the research was to determine the quality of soil for agricultural

use to ensure food quality. **Methodology:** it began with the determination of the sampling points considering the facilities provided for access to the land, proceeded to take the soil sample, subsequent treatment, physical-chemical and chemical analysis, and finally interpretation. **Results:** the results indicate a pH variation of 4.30 -7.18 (ranging from extremely acidic to neutral), an electrical conductivity between 39.40 and 123.25 uS/cm (negligible salinity values), a bulk density between 1.02-1.20 g/ml, real density 2.52-2.85 g/ml, OM content between 1.42-2.87%, the texture identified was mostly sandy-loam. The N content ranged from 100-1100 mg/kg, the P from 304.33-316.33 mg/kg, the K from 411.68-1780.35 mg/kg, the Ca from 143.44 mg/kg to 541.81 mg/kg, the Mn from 77.58 mg/kg to 159.55 mg/kg, and the Zn from 9.75 mg/kg to 20.71 mg/kg. The results of the heavy metal analyses Cd, Pb and Hg indicated values below the detection limit of the equipment (0.25 mg/kg), the Se content varied between 0.02 and 0.09, while As presented a variation between the detection limit 0.25 mg/kg and 0.84 0.25 mg/kg; the Cd, Pb, Se and As complied with the reference values of the Ecuadorian Regulations, so it can be concluded that there is no risk of contamination by heavy metals in the products grown in these soils. **Conclusions:** The heavy metal analysis values of Cd, Pb, Se and As were lower than the reference value established by current Ecuadorian regulations, which shows that there is no contamination by heavy metals in these soils. **General study area:** agriculture. **Specific area of study:** sustainable management of natural resources. **Item Type: Original**

1. Introducción

El suelo constituye un recurso indispensable para la vida de plantas, animales y el hombre, un suelo se considera fértil por su disponibilidad de los macro-elementos como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y en general por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, su capacidad de ser sostenibles, producir alimentos sanos y mitigar la contaminación medioambiental (García & Bello, 2004).

A partir de 1950 inicia el uso de agroquímicos para contrarrestar el ataque de plagas a los cultivos, y mejorar el rendimiento en las cosechas (Oliver, 2017); sin embargo el

desconocimiento del impacto negativo por abuso y mal uso de estos sobre los componentes bióticos del suelo han provocado una serie de problemas, las plagas se han adaptado y se han vuelto resistentes (Castañeda et al., 2024).

Los agroquímicos pueden contener metales pesados que constituyen un riesgo potencial, debido a que muchas especies vegetales comestibles pueden absorber del suelo grandes cantidades de Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cobalto (Co), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) considerados potencialmente tóxicos, para plantas, animales y seres humanos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Rai et al., 2019; Fernández & Fernández, 2020).

El Ecuador no es ajeno a esta situación y dentro de ello el cantón Quero en la provincia de Tungurahua, que se destaca por su producción agrícola y ganadera y cuyos productos son comercializados dentro y fuera de la provincia, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de los suelos de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero.

2. Metodología

El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo, aplicando un diseño experimental completamente al azar, con el objetivo de caracterizar las propiedades físico-químicas, nutricionales y contaminantes del suelo en distintas comunidades del cantón Quero, provincia de Tungurahua. La selección de esta metodología estuvo en función de la necesidad de obtener datos representativos y comparables entre zonas geográficas diferentes, considerando la heterogeneidad del terreno y el uso agrícola predominante (Camani, 2017). Se optó por un muestreo probabilístico por conglomerados, complementado con un muestreo sistemático en zig-zag, lo que permitió abarcar de manera eficiente y estructurada las áreas de interés (Galindo et al., 2001). Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la sabana de Bogotá.

Esta estrategia metodológica facilitó la recolección de muestras en puntos estratégicos, garantizando la validez estadística de los resultados y su aplicabilidad en la toma de decisiones para el manejo sostenible del recurso suelo.

2.1. Área de estudio

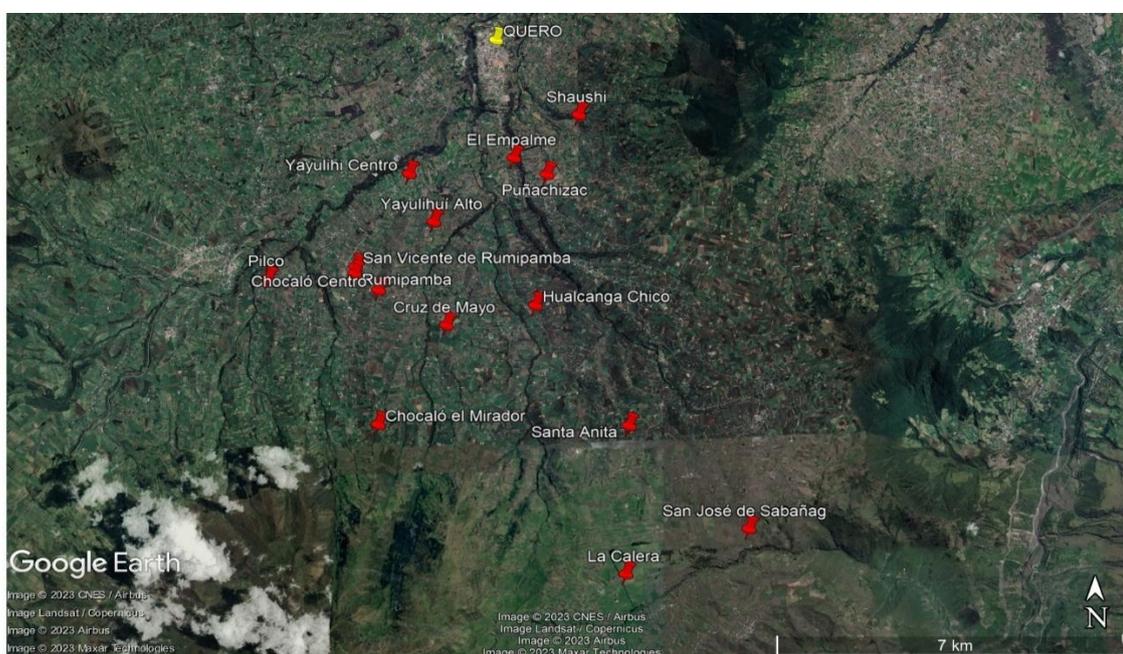
La zona de estudio se localiza en el cantón Quero-Provincia de Tungurahua, con una extensión territorial de 173.81 km², de los cuales 99.323 km² corresponden a la parroquia La Matriz, 39.467 km² a la Parroquia Yanayacu y 35.02 km² a la parroquia Rumipamba. Se ubica a 78° 30' latitud sur y 1° 15' longitud oeste, a una altura media de 3380 m.s.n.m., su temperatura varía entre los 10° y 12° C (GAD Quero, 2017, p. 1).

2.2. Muestreo

Se inició con un reconocimiento de la zona donde se definieron 15 puntos de muestreo, mismos que se observan en la **Figura 1**, la selección se realizó bajo un enfoque probabilístico considerando la geología del terreno, las áreas con vegetación y la facilidad de acceso para la recolección de muestras. En cada punto se tomó muestras compuestas de suelos (Rai et al., 2019).

Figura 1

Localización de los puntos de muestreo



EL estudio se realizó en las comunidades: San José de Sabañag, La Calera, Santa Anita, Hualcanga Chico, El Empalme, Shaushi, Puñachizac y Yayulihú Centro. Dentro de las comunidades de la parroquia San Felipe de Rumipamba: Yayulihú Alto, Rumipamba, Cruz de Mayo Chócalo Centro, San Vicente de Rumipamba, Chócalo El Mirador y Pilco. La ubicación de los puntos de control ambiental se proyectó con ayuda de los programas Arc GIS y Google Earth Pro, como se muestra en la **Figura 1**.

Se aplicó el método de muestreo probabilístico por conglomerados para el cual se seleccionó de forma aleatoria ciertas comunidades de las dos parroquias, posteriormente se escogieron sectores más pequeños y finalmente se seleccionó terrenos como unidades de muestreo (Otzen & Manterola, 2017). Se aplicó un muestreo sistemático en zig-zag, considerando distancias uniformes con puntos equidistantes de 50 metros que abarcando toda el área de los terrenos seleccionados (Villagrán et al., 2002; Retureta et al., 2022; Galindo et al., 2001).

La georreferenciación se realizó mediante un GPS de precisión y posterior ingreso de datos al programa *Google Maps*.

Las muestras de suelos fueron recolectadas por triplicado, a una profundidad entre 10 y 30 cm con un peso aproximado de 2 kg cada uno, cantidad suficiente para el análisis, sin embargo, inferior a la recomendada por Díaz-Romeu & Hunter (1978) y Argüello-Navarro & Moreno-Rozo (2014).

2.3. Preparación y análisis de muestras

Las muestras de suelos fueron secadas inicialmente a temperatura ambiente por 15 días y posteriormente se colocaron en una estufa a 105 °C por 24 h, se las pasó por un tamiz de 2 mm (Gupta et al., 2012), y finalmente fueron analizadas mediante métodos de análisis mixtos.

Para el análisis de macro - micronutrientes y metales pesados en suelo fueron sometidas a digestión ácida por el método de calcinación - vía húmeda, con HNO₃ (65%) en una relación p/v de 1:20. Posteriormente, se midieron las concentraciones de Pb, Cd, Hg, As y Se por espectroscopia de absorción atómica, siguiendo los protocolos estándar descritos en publicaciones previas (Carrera-Beltrán et al., 2024). Para cada lote de muestras se utilizó blancos para asegurar el control de calidad.

El Límite de Detección (LD) se calculó como la media de las concentraciones del blanco más tres veces la desviación estándar de las concentraciones del blanco, multiplicada por el factor de dilución. El LOD para los metales pesados fue 0.25 mg/kg para Cd, Pb, Hg y As.

2.4. Análisis físico químicos

El análisis físico-químico en suelo se realizó aplicando la metodología de Chuquín et al. (2023). El pH y la Conductividad Eléctrica (CE) se determinaron por potenciometría (en una suspensión acuosa p/v de 1:10) y conductimetría (en una suspensión 1:50) respectivamente). La MO se determinó por calcinación a 430 °C por 24 h. La densidad aparente (DA) se determinó por el método de la probeta, y la Densidad Real (DR) por el método del aforo en los dos casos se consideró una relación p/v de 1:10, finalmente la textura se por el método de Bouyoucos. El análisis del contenido de P y K inició con la digestión ácida (H₂SO₄) (Paneque et al., 2010), y posterior análisis del P por espectrofotometría UV-VIS, mientras el K por fotómetro de llama. El contenido de N en suelos se determinó en un ANALIZADOR ELEMENTAL DE COMBUSTIÓN DIRECTA (EUROVECTOR EA3000).

Los metales pesados Pb y Cd se determinaron por absorción atómica a la llama, previa digestión ácida y dilución 1:100; mientras el As y Hg se determinaron por absorción atómica con generador de hidruros.

2.5. Análisis estadístico

Los resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos, micro-macronutrientes y metales pesados en suelos, fueron de carácter cuantitativo; estos fueron sometidos a análisis estadístico considerando un diseño experimental completamente al azar, a los que se aplicó una estadística descriptiva (Bustos et al., 2017; Badii et al., 2007).

3. Resultados

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo constituye un componente esencial para evaluar su calidad, fertilidad y capacidad de soporte para actividades agrícolas (Echeverría et al., 2023). Aquí se presentan los resultados de pH, CE, Da, Dr, contenido de MO y textura del suelo, mismos que se observan en la **Tabla 1**, indicadores importantes para conocer las condiciones edáficas de la zona de estudio, y su influencia en la disponibilidad de nutrientes, la retención de agua y la dinámica de los elementos químicos presentes (Yakabi, 2014). La interpretación de estos parámetros se realiza en función de normativas técnicas y estudios previos, lo que permite establecer comparaciones relevantes y valorar el estado actual del recurso suelo.

El contenido de macronutrientes en suelos constituye un indicador de la fertilidad y capacidad para sostener cultivos saludables (Echeverría et al., 2023). Aquí se presentan los resultados las concentraciones de N, P, K, Ca, Mn y Zn, los cuales se muestran en la **Tabla 2**. Estos elementos son esenciales para el desarrollo vegetal, y su disponibilidad está influenciada por factores como el pH, la materia orgánica y las prácticas agrícolas (Silva, 1998).

La evaluación de estos nutrientes se realizó en función de los valores de referencia establecidos por organismos internacionales y estudios previos en la región, lo que permite identificar deficiencias o excesos que podrían afectar la productividad del suelo.

La presencia de metales pesados en el suelo constituye un riesgo potencial para la salud humana y el ambiente, especialmente en zonas agrícolas donde pueden incorporarse a la cadena alimentaria. Aquí se presentan los resultados del análisis de Cd, Pb, Hg, Se y As, resumidos en la **Tabla 3**. Estos elementos fueron evaluados en función de los límites permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana vigente.

3.1. Parámetros fisicoquímicos en suelos

El resultado de los parámetros fisicoquímicos en suelos se presenta en la **Tabla 1**. El pH presentó una variación desde 4.30 (fuertemente ácido) hasta 7.18 (neutro) (Gobierno de México, 2002), valores similares a los encontrados por Zúñiga et al. (2016) superiores a los reportados por Briceño et al., 2020b) dentro del mismo cantón; el pH, influye directamente en la biodisponibilidad de metales del suelo, determina la asimilabilidad de los nutrientes y a su vez en el crecimiento de plantas (Osorio, 2012; Rivera et al., 2018).

La EC presentó efectos despreciables de salinidad (<1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Gobierno de México, 2002), similares a las encontradas por Zúñiga et al. (2016) e inferiores a los reportados por Briceño et al. (2020b). Las muestras presentaron un bajo contenido de materia orgánica (Gobierno de México, 2002), inferiores a los reportados por Zúñiga et al. (2016) y Briceño et al. (2020a). La CE junto con el pH influyen en la disponibilidad de nutrientes (Vargas et al., 2022).

La textura corresponde a suelos arenosos-francos y franco-arenosos, mientras se observó una densidad aparente similar a la reportada por Zúñiga et al. (2016).

Tabla 1

Propiedades físico-químicas del suelo

Muestra	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Da (g/ml)	Dr (g/ml)	MO (%)	Textura
1	6.17	75.65	1.16	2.72	3.94	Franco arenoso
2	4.83	69	1.25	2.99	1.37	Franco arenoso
3	4.49	87.3	1.07	2.65	2.83	Franco arenoso
4	4.77	64.65	1.07	2.70	2.79	Franco arenoso
5	5.24	61.5	1.07	2.70	2.23	Arenoso franco
6	4.30	123.25	1.04	2.52	1.75	Arenoso franco
7	5.16	62.5	1.19	2.52	2.04	Arenoso franco
8	5.78	69.6	1.13	2.74	1.69	Franco arenoso
9	6.22	60.35	1.08	2.71	1.95	Franco arenoso
10	6.25	54.8	1.02	2.74	1.42	Franco arenoso
11	6.96	83.5	1.07	2.76	2.87	Franco arenoso
12	7.18	72.85	1.08	2.81	1.47	Franco arenoso
13	7.02	53.5	1.20	2.85	1.99	Franco arenoso
14	5.36	39.4	1.04	2.69	1.77	Franco arenoso
15	7.03	109.65	1.14	2.79	2.3	Franco arenoso
Mínimo	4.30	39.40	1.02	2.52	1.42	
Máximo	7.18	123.25	1.20	2.85	2.87	
Mediana	5.8	64.65	1.07	2.71	1.99	
Promedio	5.83	72.53	1.09	2.70	2.08	

Nota: pH: potencial de hidrógeno, CE: conductividad eléctrica, Da: densidad aparente, Dr: densidad real, MO: materia orgánica

3.2. Macronutrientes del suelo

La **Tabla 2** muestra los resultados de los contenidos de macro y micronutrientes. Las muestras presentaron niveles muy pobres en N (> 1000 mg/kg) (Food and Agriculture Organization [FAO] & World Health Organization [WHO]. 20115); sin embargo superiores a los valores reportados por Zúñiga et al. (2016).

Se encontró niveles bajos de P y K (< 1200 mg/ kg) según FAO & WHO (2015), y aún más bajos de los requerimientos en suelos (K: 10000 - 50000 mg/kg y fósforo: 2000 mg/kg) señalados por Echeverría et al. (2023). Las concentraciones bajas de P se pueden atribuir a los valores de pH (4.30 y 7,18) en los suelos analizados. El P, K y la MO se relacionan con la fertilidad del suelo (Maldonado-Mares et al., 2006).

Los resultados señalan niveles bajos de Ca (0-25100 mg/kg), Mn (<600 mg/kg) y Zn (50 mg/kg) según lo establecido por FAO & WHO (2015); sin embargo los valores de Ca y Mn fueron superiores a los reportados por Zúñiga et al. (2016) a diferencia de los valores de Zn que resultaron inferiores a los reportados por el mismo autor. Los valores de Mn encontrados por Briceño et al. (2020a) en el mismo cantón fueron inferiores al de este estudio, a diferencia de los valores de Zn que fueron superiores.

Tabla 2

Contenido de macro y micronutrientes del suelo

Muestra	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1	400	293.88	574.77	92.96	111.64	10.23
2	700	303.33	898.05	371.43	130.49	10.83
3	200	304.33	740.97	207.45	89.6	11.38
4	100	305.33	878.91	459.23	103.6	9.88
5	100	306.33	745.36	224.15	97.55	9.75
6	200	307.33	1027.24	327.91	138.24	19.82
7	700	308.33	411.68	345.12	159.55	20.71
8	300	309.33	897.07	263.32	148.06	15.04
9	200	310.33	1227.57	441.88	149.58	13.63
10	200	311.33	1780.35	143.44	77.58	9.81
11	500	312.33	889.31	486.83	137.69	18.71
12	400	313.33	981.81	334.38	119.4	12.29
13	300	314.33	595.79	541.81	144.15	11.05
14	1100	315.33	862.77	285.38	131.01	13.93
15	500	316.33	702.18	227.07	136.12	17
Mínimo	100.00	304.33	411.68	143.44	77.58	9.75
Máximo	1100.00	316.33	1780.35	541.81	159.55	20.71
Mediana	300.00	310.33	878.91	327.91	136.12	13.63
Promedio	369.23	310.33	903.15	329.84	125.55	14.08

Nota: N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Mn: manganeso, Zn: zinc

3.3. Metales pesados en suelos

La **Tabla 3** resume los resultados de los análisis de metales pesados (Pb, Cd, Hg, As) en suelos a través de la estadística descriptiva. El Cd, Pb y Hg presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del equipo utilizado (0,25 mg/kg en cada caso), sin embargo, los valores de Cd y Pb fueron inferiores a 0.5 mg/kg y 19 mg/kg respectivamente, cumpliendo

con lo señalado en la normativa ecuatoriana vigente. El Pb presentó valores inferiores a los reportados por Briceño et al. (2020b).

De forma similar las concentraciones de Se y As encontrados en este estudio fueron inferiores a los valores referenciales de la normativa ecuatoriana vigente 1mg/kg (Se) y 12 mg/kg (As).

Los metales pesados que se acumulan en el suelo, el agua y los tejidos vegetales constituyen un riesgo para la salud pública. Su presencia se puede relacionar con la producción agrícola, y el uso excesivo de agroquímicos. El contenido de Cd y Zn se puede deber al uso de abonos fosfatados, por lo que se recomienda reducir el uso de agroquímicos (Mendoza-Escalona et al., 2021).

Tabla 3

Contenido de metales pesados del suelo

Muestra	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Se (mg/kg)	As (mg/kg)
1	<0,25	<0,25	<0,25	0.0337	<0,25
2	<0,25	<0,25	<0,25	0.0339	0.55
3	<0,25	<0,25	<0,25	0.0368	0.53
4	<0,25	<0,25	<0,25	0.028	0.58
5	<0,25	<0,25	<0,25	0.0338	0.51
6	<0,25	<0,25	<0,25	0.0304	0.63
7	<0,25	<0,25	<0,25	0.0352	0.55
8	<0,25	<0,25	<0,25	0.022	0.76
9	<0,25	<0,25	<0,25	0.036	0.55
10	<0,25	<0,25	<0,25	0.0255	0.68
11	<0,25	<0,25	<0,25	0.0314	0.84
12	<0,25	<0,25	<0,25	0.0288	0.51
13	<0,25	<0,25	<0,25	0.0248	<0,25
14	<0,25	<0,25	<0,25	0.035	<0,25
15	<0,25	<0,25	<0,25	0.0945	<0,25
Mínimo	<0,25	<0,25	<0,25	0.02	<0,25
Máximo	<0,25	<0,25	<0,25	0.09	0.84
Mediana	<0,25	<0,25	<0,25	0.03	0.57
Promedio	<0,25	<0,25	<0,25	0.04	0.61

Nota: Cd. Cadmio, Pb: plomo, Hg: mercurio, Se: selenio, As: arsénico

4. Conclusiones

- Los suelos analizados indican una variación del pH desde fuertemente ácido hasta neutro, efectos despreciables de salinidad, un bajo contenido de materia orgánica, una textura arenosa-franca - franca-arenosa. Se encontró niveles muy pobres en N, bajos

niveles de P, K, Mn y Zn, evidenciando un fuerte desgaste de los suelos probablemente por el tipo de cultivo desarrollado. El análisis de metales pesados valores de Cd, Pb, Se y As fueron inferiores al valor referencial establecido por la normativa ecuatoriana vigente, con lo cual se evidencia que no existe contaminación por metales pesados en estos suelos.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

Argüello-Navarro, A. Z. & Moreno-Rozo, L. Y. (2014). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótrofias aisladas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 63(3), 238–245. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n3.41033>

Badii, M. H., Castillo Rodríguez, M., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. *Innovaciones de Negocios*, 4(8), 283–330. <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-5>

Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., & Armado, A. (2020a). Evaluación del contenido de metales en suelos y tejidos comestibles de *Allium fistulosum* L. cultivado en zonas cercanas al volcán Tungurahua. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 32(2), 114–126. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962020000200114&script=sci_arttext. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>

Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., & Armado, A. (2020b). Impact of metal content in agricultural soils near the Tungurahua volcano on the cultivation of *Allium fistulosum* L. *La Granja*, 32(2), 114-126. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/32.2020.09>

Bustos, A., Rodríguez Caicedo, D., & Cantor, F. (2017). ANDEVA para Diseño Completamente al Azar (DCA). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1-2), 143–148. <https://revistas.umng.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2240>

Camani Champi, C. (2017). *Diseño completamente al azar* [Tesis de pregrado, Universidad

José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú].

https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/305/Cesar_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrera-Beltrán, L., Gavilanes-Terán, I., Idrovo-Novillo, J., Valverde, V. H., Rodríguez-Pinos, A., Paredes, C., Signes-Pastor, A. J., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2024). Environmental pollution by heavy metals within the area influenced by the Tungurahua volcano eruption–Ecuador. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 270, 115919. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651323014239>

Castañeda García, B. A., Ramírez Rangel, C. C., & Trujillo Suárez, D. M. (2024). Efecto de los agroquímicos en la actividad enzimática del suelo agrícola: Una revisión bibliográfica. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 15(2), e- 1082. <https://doi.org/10.22579/22484817.1082>

Chuquín, C., Gavilanes Terán, I. del C., & Valverde Orozco, V. H. (2023). *Técnicas de Análisis de Laboratorio para Caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos* (1ra edición). Puerto Madero Editorial. <https://doi.org/10.55204/pmea.37>

Díaz-Romeu, R., & Hunter, A. (1978). *Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero* [Serie Materiales de Enseñanza – CATIE, número 12]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3115>

Echeverría Pérez, E. G., Castañeda Hidalgo, E., Robles, C., Martínez Gallegos, V., Santiago Martínez, G. M., & Rodríguez-Ortiz, G. (2023). Indicadores de calidad como herramientas útiles para evaluar el estado de la fertilidad del suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1). <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>

Fernández Guevara, E., & Fernández Guevara, D. (2020). Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/23fe4097-7760-42c5-ad3e-53ac2765eb13>

Food and Agriculture Organization [FAO] & World Health Organization [WHO]. (2015). Codex Alimentarius Commission. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/home/es/>

GAD QUERO. (2017). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santiago de Quero*. <https://www.quero.gob.ec/ordenanzas/>. <https://www.quero.gob.ec/wp-content/uploads/2025/06/OrdenazaPDOT-PUG2025.pdf>

Galindo, J. R., Barreto, N. & Ospina, D. (2001). Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la sabana de Bogotá.

Agronomía Colombiana, 18(1-3), 128–134.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21719>

García Álvarez, A., & Bello, A. (2004). *Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica* [I Conferencia Internacional eco-biología del suelo y el compost, León, México, 15 - 17 de Septiembre de 2004].

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Garcia-y-bello-2004.pdf>

Gobierno de México. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Estudios, muestreo y análisis. *Diario Oficial de La Federación*, 85.

<https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-021-semarnat-2000/>

Gupta, I. C. & Yaduvanshi, N.P.S. & Gupta, S.K. (2012). *Standard methods for analysis of soil plant and water*. Scientific Publishers (India).

https://www.researchgate.net/publication/282757570_Standard_Methods_for_Analysis_of_Soil_Plant_and_Water

Maldonado-Mares, F., Jasso-Mata, J., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., & González-Hernández, V. A. (2006). Dinámica de materia orgánica, P y K en suelos de sistemas agroforestales ‘cedro-plátano’ en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(3), 223-223.

<https://www.revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/789>

Mendoza-Escalona, B., Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., Estanga-Barrios, M., & García-Orellana, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *TecnoLógicas*, 24(51), 4-15.

<https://www.redalyc.org/journal/3442/344265925001/html/>

Oliver Cortez, Jonhy Cesar. (2017). Rendimiento de dos variables de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(2), 56-69.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000200008&lng=es&tlng=es.

Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1-4.

<https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 35(1), 227-232.

<https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717->

[95022017000100037&script=sci_arttext&tlng=pt](https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037)

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Paneque Pérez, V. M., Calaña Naranjo, J. M., Calderón Valdés, M., Borges Benítez, Y., Hernández García, T. C., & Caruncho Contreras, M. (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). https://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto_suelos.pdf
- Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment international*, 125, 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Retureta Aponte, A., Hernández Romero, A. H., & Acar Martínez, N. B. (2022). *Capítulo II: La importancia del suelo como recurso y del muestreo y análisis para su aprovechamiento como recurso*. En: Retureta Aponte, A., & Hernández González, D. F., & Acar Martínez, N. B. (2022). *Transición hacia una nueva agricultura* (1ra edición). MaJoMa Editorial. <https://www.researchgate.net/publication/379078582>
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica*, 4, 101-105. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1829>
- Silva, A. (1998). *La materia orgánica del suelo*. Montevideo: Facultad de Agronomía. <https://bibliofagro.pbworks.com/f/materia%20organica%20del%20suelo.pdf>
- Vargas Ramírez, A. F., Ramírez, I. M., & Arroyave, A. F. (2022). Relación entre el PH y las mediciones de conductividad eléctrica en un suelo cultivable ubicado en Medellín, Colombia. *Ingenierías USBMed*, 13(2), 56–62. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/4706>
- Villagrán, M., Jiménez, A., Soria, F. J., & Ocete, M. E. (2002). Muestreo aleatorio simple y muestreo sistemático de las poblaciones de *Curculio elephas* (Gyllenhal)(Col: curculionidae) y *Cydia fagiglandana* (Zeller)(Lep: tortricidae) en encinas. *Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas*, 28(1), 59-66. <https://core.ac.uk/download/pdf/51406832.pdf>
- Yakabi Bedriñana, K. S. (2014). Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima, Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/9425b6df-3b22-4558-8a77-b3425a00b486>

Zúñiga, F., Buenaño, M., & Risco, D. (2016). Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 1(1), 5-10.
<https://www.researchgate.net/publication/307917624>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

