

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO MEDIANTE
ABSORCIÓN ATÓMICA EN SUELO AGRÍCOLA,
DISTRITO BELLAVISTA, CAJAMARCA, 2024**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autor: Bach. Yoel Facundo Farceque

Asesor: Dr. Garay Román, Juan Manuel

**Línea de investigación: Innovación tecnológica para el desempeño y competitividad
para la calidad ambiental**

**JAÉN – PERÚ
2026**

Yoel Facundo Farceque

DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO MEDIANTE ABSORCIÓN ATÓMICA EN SUELO AGRÍCOLA, DISTRITO BELL...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3447904848

47 páginas

Fecha de entrega

18 dic 2025, 9:09 a.m. GMT-5

8031 palabras

Fecha de descarga

18 dic 2025, 9:15 a.m. GMT-5

45.530 caracteres

Nombre del archivo

INFORME_YOEL_FACUNDO_FARCEQUE_-_YOEL_FACUNDO_FARCEQUE.pdf

Tamaño del archivo

1.1 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 3% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
 Responsable de la Unidad de Investigación
 de la Facultad de Ingeniería



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 29 de diciembre del año 2025, siendo las 16:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Luis Arturo Gil Ramírez

Secretario: Mg. María Marleni Torres Cruz

Vocal: Dr. Segundo Sánchez Tello, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

☐ Trabajo de Investigación

☒ Tesis

☐ Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO MEDIANTE ABSORCIÓN ATÓMICA EN SUELO AGRÍCOLA, DISTRITO BELLAVISTA, CAJAMARCA, 2024"

Presentado por el Bachiller Yoel Facundo Farceque, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

☒ Aprobar ☐ Desaprobar ☒ Unanimidad ☐ Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	☐
b) Muy bueno	16, 17	☐
c) Bueno	14, 15	☐
d) Regular	13	☒ (13)
e) Desaprobado	12 o menos	☐

Siendo las 17:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Mg. María Marleni Torres
Cruz
Secretario Jurado Evaluador


Dr. Luis Arturo Gil Ramírez
Presidente Jurado Evaluador


Dr. Segundo Sánchez Tello
Vocal Jurado Evaluador

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS**

Yo, YOEL FACUNDO FARCEQUE, identificado con DNI 48809113 egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy el autor del trabajo titulado:

“Determinación de cadmio y plomo mediante absorción atómica en suelo agrícola, distrito Bellavista, Cajamarca, 2024.”

Asesorado por el Juan Manuel Garay Román.

El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Forestal y Ambiental.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que nuestro trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumir frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, viernes 07 de Agosto del 2026



YOEL FACUNDO FARCEQUE

DNI :48809113

ÍNDICE

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	07
II. MATERIAL Y MÉTODOS	12
2.1 Población, muestra y muestreo	12
2.1.1 Población	12
2.1.2 Muestra.....	12
2.1.3 Muestreo	14
2.1.4 Materiales	15
2.2 Metodología	16
2.2.1 Método.....	16
III. RESULTADOS	24
IV. DISCUSIÓN	34
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
AGRADECIMIENTO	41
DEDICATORIA	42
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

	<i>Pág.</i>
Tabla 1 <i>proyección sobre la profundidad del muestreo del suelo</i>	19
Tabla 2 <i>acidez edáfica</i>	21
Tabla 3 <i>Rangos de conductividad eléctrica</i>	22
Tabla 4 <i>Estándares de calidad ambiental para suelos: DS 011-2017-MINAM</i>	25
Tabla 5 <i>Evaluación del pH y conductividad del suelo</i>	26
Tabla 6 <i>Metales en suelo agrícola</i>	28
Tabla 7 <i>Valores del pH versus Pb en el suelo agrícola</i>	30
Tabla 8 <i>Coeficientes</i>	30
Tabla 9 <i>Cálculo del Valor-P</i>	30
Tabla 10 <i>Valores del pH versus Cd en el suelo agrícola</i>	31
Tabla 11 <i>Coeficientes</i>	32
Tabla 12 <i>Varianza</i>	31
Tabla 13 <i>Categorización del suelo evaluado según el DS 011-2017-MINAM</i>	33
Tabla 14 <i>Parámetros físicos químicos determinados</i>	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
Figura 1 <i>Terreno dedicado a la investigación</i>	12
Figura 2 <i>Punto de muestreo sobre la zona de investigación, distrito Bellavista.....</i>	13
Figura 3 <i>Preparación de las muestras de suelo para su embalaje.....</i>	14
Figura 4 <i>Calicata para la extracción de suelo</i>	14
Figura 5 <i>Recolección de muestras de suelo arrocero en investigación y etiquetado.....</i>	15
Figura 6 <i>Esquema de la metodología experimental.....</i>	16
Figura 7 <i>Representación de la Unidad de Absorción Atómica.....</i>	16
Figura 8 <i>Adaptación a la localización.....</i>	17
Figura 9 <i>Tamizado para su adaptación a la digestión química</i>	18
Figura 10 <i>Evaluación del suelo arrocero.....</i>	20
Figura 11 <i>Medición del pH del suelo arrocero en investigación</i>	20
Figura 12 <i>Medición de la CE.....</i>	22
Figura 13 <i>Tendencia de la acides del suelo.....</i>	27
Figura 14 <i>Tendencia de la CE del suelo.....</i>	27
Figura 15 <i>Cadmio determinado en suelo agrícola</i>	29
Figura 16 <i>Plomo determinado en suelo agrícola.....</i>	29
Figura 17 <i>Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T1.....</i>	44
Figura 18 <i>Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T2.....</i>	45
Figura 19 <i>Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T3.....</i>	46
Figura 20 <i>Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T4.....</i>	47
Figura 21 <i>Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T5.....</i>	48
Figura 22 <i>Permiso para hacer uso del laboratorio espectrometrico UNJ.....</i>	49

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de los metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en un suelo agrícola con monocultivo de arroz en el distrito de Bellavista, Jaén, Cajamarca, durante el 2024. Se aplicó el método de muestreo por identificación, según recomendaciones técnicas del D.S. N.º 002-2013-MINAM. Se recolectaron muestras representativas de un área de 900 m², las cuales fueron analizadas para determinar su pH, conductividad eléctrica y contenido de Cd y Pb mediante espectrofotometría de absorción atómica. En lo cual los resultados encontrados u obtenidos fueron. Un pH promedio de 5.08, clasificándolo como un suelo fuertemente ácido, y su conductividad eléctrica de 2.12 mS/cm, correspondiente a un suelo moderadamente salino.

Los valores hallados fueron 0.007 mg Cd/kg y 46.04 mg Pb/kg, ambos valores se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental establecidos para suelos agrícolas según el D.S. N.º 011-2017-MINAM. Concordante a estos resultados se concluye que el suelo estudiado no presenta una contaminación severa por metales pesados, pero sugiere una contaminación difusa de origen antropogénico relacionada al uso intensivo de fertilizantes químicos. Por consiguiente, se recomienda implementar un monitoreo periódico del suelo y promover el uso racional de insumos agrícolas para preservar la calidad del ecosistema edáfico.

Palabras claves: Contaminación de suelos, metales pesados, fertilizantes inorgánicos.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the concentration of the heavy metals cadmium (Cd) and lead (Pb) in an agricultural soil with rice monoculture in the district of Bellavista, Jaén, Cajamarca, during 2024. The identification sampling method was applied, according to the technical recommendations of D.S. No. 002-2013-MINAM. Representative samples were collected from an area of 900 m², which were analyzed to determine their pH, electrical conductivity, and Cd and Pb content using atomic absorption spectrophotometry. The results obtained were: an average pH of 5.08, classifying it as a strongly acidic soil, and an electrical conductivity of 2.12 mS/cm, corresponding to a moderately saline soil. The values found were 0.007 mg Cd/kg and 46.04 mg Pb/kg, both below the environmental quality standards established for agricultural soils according to Supreme Decree No. 011-2017-MINAM. Based on these results, it is concluded that the studied soil does not present severe heavy metal contamination, but suggests diffuse contamination of anthropogenic origin related to the intensive use of chemical fertilizers. Therefore, it is recommended to implement periodic soil monitoring and promote the rational use of agricultural inputs to preserve the quality of the soil ecosystem.

Keywords: Soil contamination, heavy metals, inorganic fertilizers.

I. INTRODUCCIÓN

La problemática investigada tiene una vigencia actual debido a un uso desmedido de sólidos fertilizantes fosfatados, nitrogenados, y otros; cuyo uso y aplicación es muy frecuente en esta zona ceja de selva por la creciente producción de arroz, tal es el caso del distrito Bellavista. La contaminación de suelos puede agravarse al considerarse tóxico y dañino la ingestión de pequeñas concentraciones de metales pesados como el Cd y Pb. ya que estos metales pueden ser ingerido por la población que consume este producto como es el arroz tal es el caso para el cadmio que ha sido relacionada con daños renales, osteomalacia y cáncer, mientras que la exposición al plomo puede provocar alteraciones neurológicas, especialmente en niños (Dewi *et al.*, 2022).

Inclusive las autoridades de la Unión Europea estiman muchos orígenes de riesgo potenciales, tal es el caso para el cadmio, que variar desde 0,5 mg/kg como por ejemplo en muchos países como en, Dinamarca, en Suecia y Finlandia, 2 mg/kg, en Austria y Eslovaquia 5 mg/kg (Birke *et al.*, 2016). Por otra parte, la OMS, estableció el límites y directrices para el cadmio en suelos agrícolas es de 1 ppm, para el plomo es 50 ppm. Y, de forma similar, la normativa nacional D.S. N°011–2017–MINAM fijó para suelos agrícolas ≤ 1.4 mg/kg y ≤ 71 mg/kg para el plomo. En este contexto, la OMS realizó una estimación de muertes atribuidas por contaminación del suelo, entre 0,2 y 0,8. millones de personas al año (Landrigan *et al.*, 2017). El cadmio y más aún el plomo tienen efectos adversos muy fuertes sobre todo en los organismos biológicos, pues se involucran en procesos metabólicos de plantas, animales y humanos (Birke *et al.*, 2016). La perturbación del suelo agrícola tiene varias fuentes que la contamina, pero en gran parte por actividades antropogénicas algunas relacionadas a la industria, emisiones de residuos sólidos, operaciones mineras y aplicación productos de químicos, como fertilizantes y pesticidas según lo afirmó (Dewi *et al.*, 2022) que es lo que probablemente ocurre con los terrenos bajo cultivo de arroz y que materia de estudio en la presente investigación.

Son varios estudios los que se han dedicado a investigar la contaminación de suelo debido al uso constante de fertilizantes fosfatados y nitrogenados, como el fosfato mono-amónico (MAP), urea, entre otros; sobre todo, porque no es frecuente realizar inspecciones sanitarias ni evaluación de riesgos en suelos dedicados a monocultivos como el cultivo de arroz. Una de las razones que conllevó a investigar esta temática, es que estos productos agrícolas no son otra cosa que minerales triturados con altas probabilidades de arrastrar Cd y l Pb, entre otros (Maurya *et al.*, 2018). Y el cultivo de arroz, independiente de su lugar de siembra y cosecha

es aquel que es reconocido por su alto requerimiento de fertilizantes inorgánicos como los productos referidos. Dada la condición del cultivo común y habitual de la siembra de arroz en la provincia de Jaén y distritos como Bellavista, fue importante conocer si la presencia de estos metales pesados ha sobrepasado los límites máximos permisibles establecidos en la normativa nacional.

La provincia jaena basa su economía en gran parte en actividades agrícolas, como el cultivo de café, arroz y cacao, las cuales pueden directa e indirectamente contribuir a la contaminación difusa de metales indeseables en el suelo agrícola (Salviano *et al.*, 2006). Y sobre esta problemática, son varias las investigaciones realizadas y publicadas. Como la de Apraez (2023) examinó 76 artículos de 17 países sobre la contaminación de Cd y Pb. Concluyó que junto desechos industriales y fertilizantes son fuentes de contaminación del grano de arroz por Pb y Cd. Esta relación industrial de los metales pesados con la industria, generó que la OMS haya clasificado a ciertos metales como el cadmio y plomo sus diversos derivados como carcinógenos humanos de clase 1 basado en datos de exposición ocupacional humana; la primera clase de debe a que estos metales solo requieren de pequeñísimas cantidades para producir enfermedades carcinógenas a la salud humana (Landrigan *et al.*, 2018), en algunos casos, su presencia solo es detectable con unidades de espectrofotometría. A esta característica negativa de los metales, se somete a libre juicio de cada investigador la problemática que ha colocado a Jaén como la provincia con más casos de cáncer entre todas las provincias del país, según informó Radio Programas del Perú (2023) durante tres años consecutivos (años 2021, 2022 y 2023). Por otra parte, Oliva *et al.* (2021) concluyó que el Cd no superó la normativa peruana. Los mayores valores fue 0.72 mg Cd/L, mientras que los valores más bajos los encontró en los frutos con 0.1 mg/kg. Una de las investigaciones que relacionó un análisis agrícola fue Suciú *et al.* (2022) cuando afirmó que los niveles de Cd en los fertilizantes minerales fosfatados varían según el tipo de roca fosfatada (ígneas, o sedimentario), como tal, la presencia del contenido de Cd en fertilizantes fosfatados y nitrogenados para uso agrícola genera preocupación. sobre posibles problemas relacionados con la salud. En este contexto, Rosales *et al.* (2021) investigaron las causas de la presencia de MP en cacaoteros en distintas regiones del Perú que impidieron la libre exportación del cacao peruano por exceder las normas alimentarias respecto al cadmio. Fundamentaron esta excedencia metálica por las actividades naturales (volcánicas), procesos de erosión, sedimentación, actividades antropogénicas asociados a las minas y agricultura. De forma

similar, Jafari *et al.* (2020) sostuvieron que los fertilizantes fosfatados son típicos en el cultivo del arroz, pues estos aumentan las concentraciones de Pb y Cd. Caracterizaron las concentraciones de Pb, Cd, pH y conductividad eléctrica de suelos agrícolas. Los metales se determinaron mediante absorción atómica. El pH del suelo fue de ácido a ligeramente alcalino (5-8,3). La CE entre 0,71 y 1,12 mS/cm. Concluyeron que la presencia metálica de Pb y Cd fueron inferiores a la normatividad. Otro estudio fue de Dewi *et al.* (2022) que evaluaron el uso excesivo de agroquímicos (pesticidas) sobre el suelo y su impacto al medio ambiente por metales pesados. Realizaron muestreos de fertilizantes y pesticidas en el campo. Analizaron Pb y Cd en los suelos y plantas, mediante absorción atómica espectrométrica (AAS). Analizaron 11 pesticidas, que arrojó 2,70–22,31 ppm Pb y 0,04–0,50 ppm Cd. El contenido de Pb y Cd en seis fertilizantes fueron 10,53–28,09 ppm Pb y 0,07–0,52 ppm Cd. Concluyeron que el Pb y Cd en suelo agrícolas están por debajo del límite crítico permitido.

Por otra parte, Alengebawy *et al.* (2021) investigaron la contaminación de suelos asociados a la producción agrícola al plantear serias amenazas a la salud humana debido al efecto tóxico de los metales pesados y pesticidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas) que influyen negativamente en el ecosistema agrícola (plantas y suelo) y la salud humana. Evaluaron la bioacumulación como mecanismo de acción y las vías de transmisión en el suelo y la absorción vegetal. Sobre esta línea de investigación Salviano *et al.* (2006) sostuvieron que la movilidad del cadmio y del plomo puede ser influenciada por pesticidas y parte de la planta, lo que puede modificar los resultados obtenidos en relación con los límites máximos permisibles los cuales también pueden modificar en relación con el territorio. Así mismo, Maurya *et al.* (2018) afirmaron que los metales pesados son muy tóxicos. Determinaron la correlación entre el uso del suelo y las concentraciones metálicas. Obtuvieron como resultados para el cadmio 0.1–15.8 ppm y para el plomo 12.35–20.65 ppm. Concluyeron que las actividades antropogénicas como los cultivos fertilizados aumentan su presencia en cantidades nocivas, lo que es peligroso para plantas y animales. De forma similar, Rashid *et al.* (2023) sostuvieron que los metales pesados se acumulan, se absorben, translocan y bioacumulan en las plantas de cultivo. Y, que la toxicidad puede ser influenciada por la naturaleza de los elementos específicos implicados, propiedades del suelo, aparición y biodisponibilidad de iones metálicos en la solución del suelo, como resultado de la adición de fertilizantes químicos, pesticidas, estiércol y compost de ganado, bio-sólidos a base de lodos de depuradora e irrigación. Por otra parte, Salviano *et al.* (2006) investigaron

fertilizantes fosforados para obtener una alta productividad. Determinaron concentraciones de Cd y Pb en fertilizantes fosforados absorbidos por el frijol verde en suelos modificados con dichos fertilizantes. Experimentaron un diseño completamente al azar en un esquema factorial. Evaluaron el P en el superfosfato triple-TS, termofosfato Yorin-YT, fosfato de roca Araxa-AP y fosfato de roca Gafsa-GP) aplicados en 0, 92, 183, 275 y 366 kg/ha de P_2O_5 . De igual manera, Ballabio *et al.* (2024) investigaron al Cd en la capa superior del suelo del Reino Unido. Del total, el 72,6 % de las muestras tuvieron valores de Cd $<0,07$ mg/kg; el 21,6 % en el rango 0,07-1 ppm y el 5,5 % restante superiores al umbral de 1 ppm, que es considerado para el límite para la evaluación de riesgos. Para la Unión Europea el valor medio de Cd fue 0,20 ppm, ligeramente superior en pastizales (0,24 ppm) y en tierras de cultivo (0,17 ppm). Vega (2022) evaluó la toxicidad del Cd en humanos, sobre todo por la facilidad insertarse en la cadena alimenticia a través de los suelos. Concluyó que el Cd fue capaz de llegar a participar de procesos metabólicos cuando es ingerido. Realizó varios análisis al respecto en muestras agrícolas, como Zn, Cu, Fe y Cd a una profundidad de 0 - 20 cm. Los metales fueron determinados mediante espectroscopía de absorción atómica (FAAS). Analizó 81 muestras, todas presentaron Cd en cantidades superiores a las máximas permisibles. Por otra parte, Senthamilselvi *et al.* (2021) describieron la eliminación de residuos metálicos, aplicación de fertilizantes al suelo, depuración de lodos, residuos, vertidos petroquímicos y almacenamiento atmosférico. Examinaron tres muestras de suelo del Distrito de Salem. Los resultados del estudio revelaron que el Cr presente está dentro del límite permisible según la OMS (1996). El Cd, Mn y Pb están en cantidades inferiores a la normatividad. Por lo tanto, los suelos estudiados no fueron dañinos. Objetivo general evaluar la concentración de cadmio y plomo de un suelo con monocultivo arrocerero ubicado en Bellavista - Jaén, 2024. En tanto que, los objetivos específicos fueron: Señalar el método de recolección de muestras, según D.S. N°002-2013- MINAM., Caracterizar el pH y la CE del suelo en estudio, caracterizar Cd y Pb en suelo agrícola arrocerero de Bellavista y categorizar el suelo agrícola en estudio ubicado en el distrito Bellavista, respecto a la normatividad D.S. N° 011-2017-MINAM.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Población, muestra y muestreo

2.1.1 Población

La población fue un terreno con actividad tradicional en el cultivo arrocero y que se ubicó en el caserío Santa Cruz, distrito Bellavista, provincia de Jaén. Tuvo un área total promedio de 10,96 hectáreas y un perímetro 1585,09 metros. La investigación se realizó sobre un área de 900 metros cuadrados, que correspondió a la dimensión de dos pozas de cultivo de arroz.

Figura 1

Terreno dedicado a la investigación



2.1.2 Muestra

Las muestras de suelo fueron de un número total de quince para que luego se tuvieran que mezclar haciéndose una sola muestra y seguidamente se volvió a pasar después de haberse mezclado en una cantidad de 500 gr. Donde las muestras fueron resguardadas y selladas en bolsas adaptadas para su traslado hacia el laboratorio (UNTRM-A y UNJ). El terreno dedicado a la investigación estuvo en condiciones de post cosecha.

Figura 2

Puntos de muestreo en la zona de investigación, distrito Bellavista

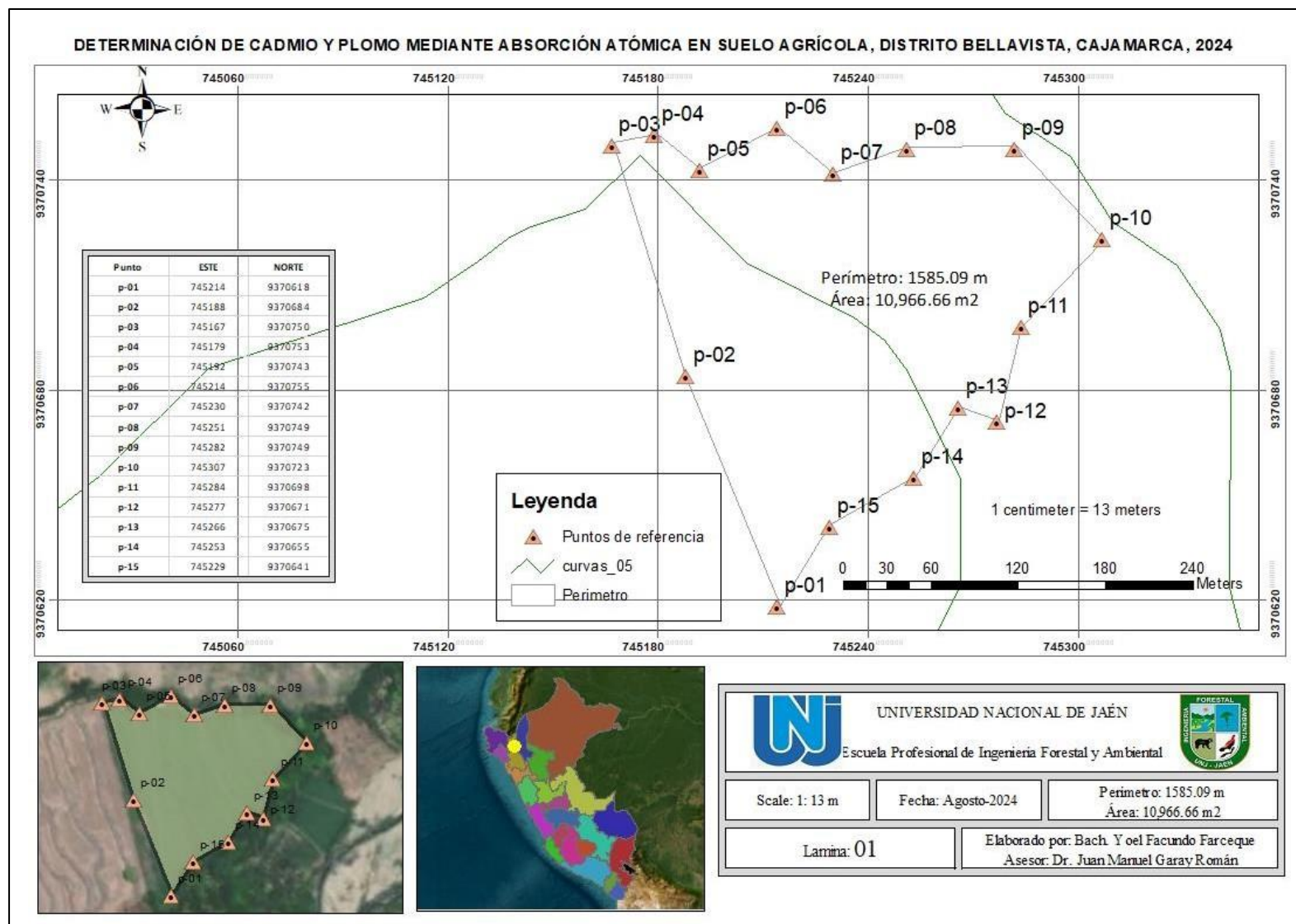


Figura 3

Preparación de las muestras de suelo para su embalaje



2.1.3 Muestreo

El muestreo se realizó tomando todas las consideraciones técnicas formuladas en la Guía para el Muestreo de Suelos publicada por el Ministerio del Ambiente mediante el D.S. N°002-2013-MINAM. El protocolo para el análisis de suelo incluye la delimitación de áreas de muestreo homogéneas, la remoción de vegetación y la extracción de sus submuestras de suelo (generalmente en una profundidad de 0-30cm) para formar una muestra representativa en sus condiciones físicas y químicas que fue planteado mediante el método de Rosales *et al.* 2021. Pero, además la selección de cada punto de muestreo fue concordante al reglamento de la referencia que expresó de forma clara: *“para áreas cuadradas o rectangulares, las muestras se tomarán una por cada lado y una al centro del mismo* (MINAM, 2013). La extracción de suelo fue extraída de acuerdo a las recomendaciones de Senthamilselvi *et al.* 2021, y que, con la ayuda de una pala, bolsas de plástico con cierre hermético, etiquetas y guantes de látex. Se procedió a retirar de la capa superficial del suelo los residuos vegetales, piedras y todo agente extraño al suelo, teniendo cuidado de no remover la capa de suelo. Posteriormente, se realizó una calicata de 30 cm por lado con la pala hasta lograr una profundidad de 30 centímetros.

Figura 4

Calicata para la extracción de suelo



Con la ayuda de una espátula se introdujo suelo al interior de una bolsa etiquetada. Se repitió este procedimiento en cada muestra de suelo se separó 50 gramos para la caracterización edáfica fue en la Universidad Nacional de Jaén. En total se extrajeron quince muestras de suelos de 500 gramos cada una (para el análisis de metales se empleó cinco muestras).

Figura 5

Recolección de muestras de suelo arrocero en investigación y etiquetado



2.1.4 Materiales

Para el análisis espectrofotométrico de metales se utilizaron los siguientes materiales:

Materiales de vidrio y plástico:

- Vasos de precipitados (50, 100, 250 mL), matraces aforados (50, 100, 250 mL), pipetas volumétricas (1, 5, 10 mL), filtros de jeringa (0.45 μ m), embudo de filtración, espátulas de acero inoxidable.

Reactivos químicos:

- Ácido nítrico (HNO_3) concentrado (65%), ácido clorhídrico (HCl) concentrado (37%), ácido perclórico (HClO_4), peróxido de hidrógeno, patrones de Cd y Pb, agua desionizada, soluciones buffer.

Equipos:

- Balanza analítica, digestor de microondas, placa calefactora, espectrómetro de absorción atómica (AAS), ICP-OES, centrífuga, agitador magnético, campana extractora y papel filtro (whatman 42).

2.2 Metodología

Se utilizó alta precisión para el análisis químico edáfico dedicado al cultivo de arroz por varios años, debido a la práctica recurrente de realizar una fertilización y uso desmedido de plaguicidas.

Figura 6

Esquema de la metodología experimental

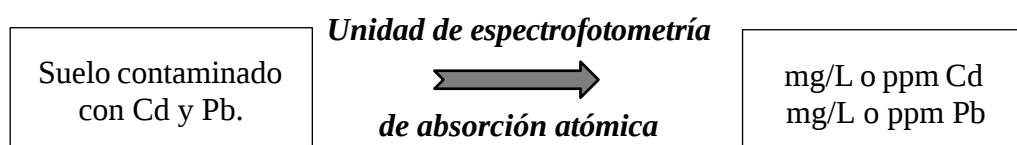
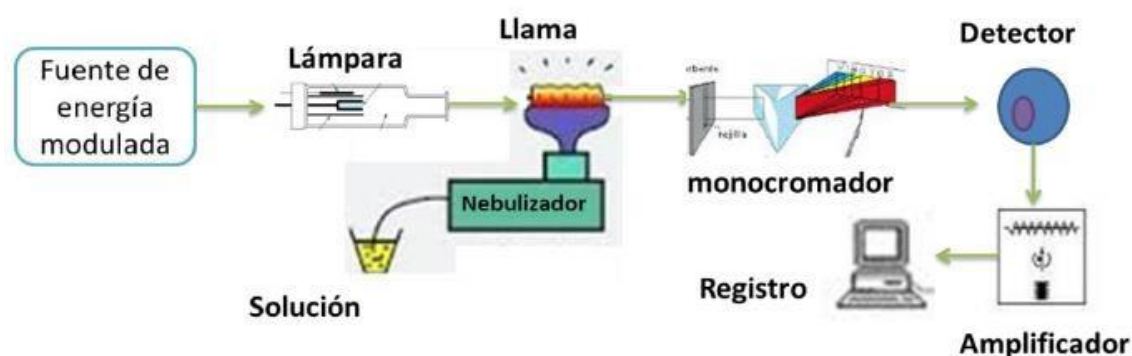


Figura 7

Representación de la Unidad de Absorción Atómica, según Alengebawy et al. (2021).



La técnica consistió en absorber radiación electromagnética para cada metal analizado (Rashid *et al.*, 2023). Esta energía está en función de la incandescencia del metal evaporado, por la pequeña cantidad existente se midió en ppm o mg/kg. El análisis determinó las trazas de los elementos de cadmio y plomo. Las temperaturas oscilaron entre 1900 °C a 2800 °C y los átomos gaseosos irradiaron un haz de luz y longitud de onda propia, que fue detectado por el espectrofotómetro de absorción atómica (Alengebawy *et al.*, 2021).

2.2.1 Método

Procedimiento:

Señalar el método de recolección de muestras, según D.S. N°002-2013-MINAM.

Se desarrolló cada punto del esquema concordante a la normatividad referida.

Esquema del método adaptado según normativa nacional

Tipo de muestreo:

Muestreo por Identificación

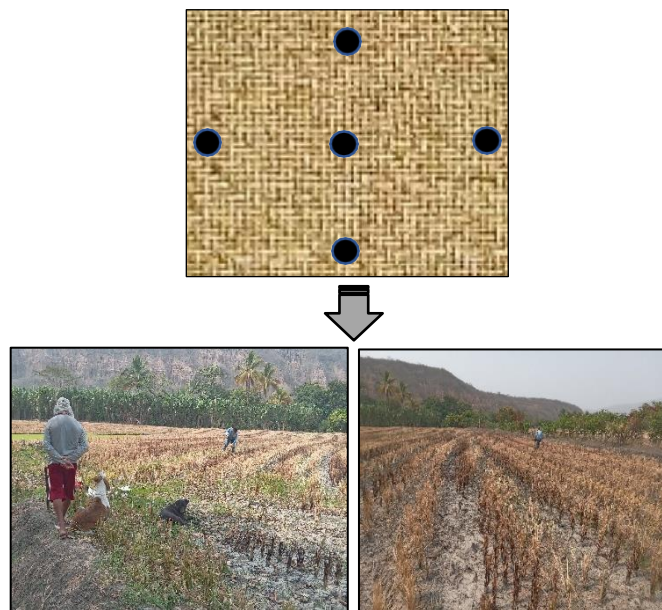
Finalidad de estudio:

Analizar contaminación en el suelo mediante la extracción de muestras de suelo.

Alcance:

Figura 8

Adaptación a MINAM, 2013



Estuvo definido por el levantamiento técnico (inspección) del terreno evaluado a través de sus resultados y conclusiones.

Antecedente del suelo:

Para la planificación del tipo de análisis químico del suelo, fue necesario recurrir a la información histórica del suelo agrícola utilizado que, para el presente caso, gravitó el recurrente uso de fertilizantes y pesticidas durante el cultivo de arroz.

Insumos del cultivo del arroz:

Los insumos típicos para ser utilizados en el cultivo de arroz fueron los siguientes:

Urea, sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, nitrato de amonio $(\text{NH}_4).\text{NO}_3$, fosfato diamónico $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, cloruro de potasio (KCl), sulfato de potasio (K_2SO_4) y sulfato de zinc (ZnSO_4) y pesticidas comerciales.

Patrón de muestreo:

Rejilla regular.

Figura 9

Tamizado para su adaptación a la digestión química

**Distribución:**

Uniforme, por ser ampliamente recomendado. La profundidad del muestreo está en función del tipo de suelo, para el caso actual, fue un suelo bajo cultivo de arroz y con reiterada aplicación de fertilizantes químicos.

Perforación:

La longitud del núcleo de perforación a muestrear no debe ser mayor a un metro cuadrado, para la extracción actual fue señalado un área de 30 centímetros por lado del cuadrilátero. Y, por ser un área regular menor a $1\,000\text{ m}^2$, se tomaron cinco muestras de suelo; es fue una muestra en cada pared (4) y una en el fondo (1), total 5 muestras.

Tabla 1

Proyección sobre la profundidad del muestreo del suelo

Uso del suelo	Profundidad del muestreo
Suelo agrícola	0 – 30 cm. y 30 – 60 cm. (1)
Suelo residencial/parque	0 – 10 cm. (2) y 10 - 30 cm. (3)
Suelo comercial/industria/extractivo	0 – 10 cm. (2)

- (1) (3) Profundidad.
- (2) Dermal de contaminantes.

pH y conductividad eléctrica

La caracterización del suelo bajo cultivo de arroz, fue realizado para conocer el impacto en la salinidad y acidez.

Análisis del suelo:

Se caracterizó la acidez, se empleó la metodología descrita por Vega (2022) que consistió:

pH:

Materiales:

- pH-metro con electrodo de vidrio calibrado, balanza analítica (precisión 0.0001 g), vasos de precipitado, varilla de vidrio, pipeta, papel de filtro, agua destilada.

Reactivos:

- Soluciones buffer: 4.0, 7.0 y 10.0

pH de suelo arrozero:

- Con un mortero se trituro la muestra de suelo arrozero hasta que se obtuvo una harina fina. Seguidamente, se tamizó con mallas de acero inoxidable 304.

Figura 10

Evaluación del suelo arrozero



- Se preparó una mezcla de suspensión suelo-agua (Relación 1:2.5), luego se pesó 10 g de suelo y tamizado (<2 mm) en un vaso 100 mL, luego se añadió 25 mL de agua (proporción 1:2.5) y se mezcló con una varilla de vidrio durante 10 minutos. Se dejó en

reposo por 30 minutos, hasta que las partículas se asienten.

Figura 11

Medición del pH del suelo arrozero en investigación



Tabla 2

Acidez edáfica

Rango del pH	Clasificación
< 4.60	Extremadamente ácido
4.60 – 5.19	Muy fuertemente ácido
5.20 – 5.59	Fuertemente ácido
5.60 – 6.19	Medianamente ácido
6.20 – 6.59	Ligeramente ácido
6.60 – 6.79	Muy ligeramente ácido
6.80 – 7.19	Neutralidad
7.20 – 7.39	Muy ligeramente alcalino
7.40 – 7.79	Ligeramente alcalino
7.80 – 8.39	Medianamente alcalino
8.40– 8.79	Fuertemente alcalino
> 9.40	Extremadamente alcalino

Fuente: Maurya *et al.* (2018).

- Se encendió el pH-metro y se calibró con soluciones buffer, se esperó la estabilización de la lectura, por 1 minuto.
- Se registró el valor de pH en la hoja de datos. Se lavó rigurosamente el pH metro.

Conductividad eléctrica:

Este método se basó en la medición de la conductividad eléctrica en una suspensión suelo-agua. Este parámetro midió la capacidad de la suspensión para conducir corriente eléctrica, lo cual indica la presencia de sales solubles.

Materiales:

- Conductímetro calibrado, balanza analítica (precisión 0.01 g), vasos de precipitados (100 ml), varilla de vidrio, pipetas, papel de filtro y agua destilada.

Reactivos:

Soluciones patrón de conductividad (para calibración), solución KCl 0.01 M ($ce \approx 1.41$ ms/cm) y agua destilada.

Calibración del conductímetro:

- Se encendió el conductímetro y se calibró con una solución estándar de KCl 0.01 M (1.41 mS/cm a 25°C).

Preparación de la suspensión suelo-agua o fertilizante-agua (Relación 1:2.5)

- Se pesó 10 g de suelo seco al aire y tamizado (<2 mm) en un vaso de precipitados de 100 mL, se añadió 25 ml de agua destilada (proporción 1:2.5), se mezcló con una varilla de vidrio durante 5 a 10 minutos, se dejó en reposo por 30 minutos para que se establezca la conductividad de la solución y se realizó el filtrado utilizando un embudo.

Figura 12

Medición de la CE



Medición de la conductividad eléctrica

- Se introdujo el electrodo en la suspensión suelo-agua filtrada o fertilizante-agua, sin tocar el fondo del vaso.
- Se esperó la estabilización de la lectura durante 1 minuto.
- Se registró el valor de conductividad eléctrica en la hoja de datos.

Tabla 3

Rangos para la conductividad eléctrica

Rango del CE (dS/m)	Clasificación	Impacto en los cultivos
------------------------	---------------	-------------------------

< 0.2	Suelo muy bajo en sales	Puede requerir fertilización adicional
0.2–0.8	Suelo normal	Óptimo para la mayoría de cultivos
0.8– 2.0	Ligeramente salino	Puede afectar a cultivos sensibles

Fuente: Jafari *et al.* (2020).

Cd y Pb en suelo agrícola arrocero de Bellavista

Análisis cadmio:

Método EPA 3050-B. por Espectrofotometría de Emisión Atómica (AES) por microondas MP-AES.

Parte A: Consideraciones generales de la absorción atómica

- Se utilizó absorción atómica y lámpara de cátodo hueco de cadmio.
- Se estableció la longitud de onda óptima para la determinación del cadmio (228.8 nm), luego se seleccionó el tipo de llama adecuado, normalmente una mezcla de aire-acetileno y se realizaron las calibraciones con soluciones patrón del metal cadmio.

Técnica para medir la concentración de cadmio

Parte B: Determinación específica de cadmio

Reactivos y soluciones:

- Solución estándar de cadmio: Preparada a partir de una solución madre de $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. ácido nítrico (HNO_3) y ácido clorhídrico (HCl), agua destilada.

Preparación de la muestra:

Digestión ácida:

- Se pesó una cantidad representativa de suelo (normalmente 1 g de suelo), luego se añadió una mezcla de HNO_3 - HCl para disolver el cadmio presente en la matriz. Se calentó la muestra en un bloque digestor hasta evaporar los ácidos en exceso y se diluyó la muestra de suelo con agua destilada hasta un volumen conocido.

Filtración y ajuste de pH:

- Se filtró la muestra para eliminar residuos sólidos y se ajustó el pH según el protocolo recomendado para la determinación por AES.

Análisis por espectrofotometría de absorción atómica:

- Se calibró el equipo utilizando soluciones estándar de cadmio en concentraciones conocidas, luego, se tomó lectura de la absorbancia de la muestra a 228.8 nm., y se comparó con la curva de calibración.

Expresión de los resultados:

El Cd se expresó en mg/kg de suelo seco.

Consideraciones:

- El límite de detección depende del equipo utilizado, pero generalmente está en el rango de 0.01 mg/L o menor.

Análisis Plomo:

Método EPA 3050-B. por Espectrofotometría de Emisión Atómica (AES) por microondas MP-AES.

Materiales y reactivos:

- Acetileno y aire, ácido nítrico (HNO_3), ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, patrones de Pb: solución estándar de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, suelo seco y tamizado (malla de 2 mm) y placas calefactoras o microondas para digestión.

Procedimiento

1. *Preparación de la muestra de suelo:*

- Secar el suelo al aire y tamizarlo con malla de 2 mm.

2. *Digestión ácida:*

- Se pesó 0.5 g, se añadió 10 mL de HNO_3 y calentar hasta evaporación parcial. Luego, se agregó 5 mL de H_2O_2 para oxidar materia orgánica y se completó con HCl para estabilizar el Pb.

3. *Filtrado y ajuste de volumen:*

- Filtrar la muestra con papel de filtro Whatman 42, y luego se diluyó hasta 50 mL con agua desionizada.

4. *Calibración del espectrofotómetro:*

- Se prepararon soluciones estándar de Pb en el rango 0.1-10 mg/L., se ajustó la longitud de onda a 217.0 nm o 283.3 nm, según el equipo.

5. *Medición:*

- Introducir la muestra en el equipo y registrar la absorción y se comparó con la curva de calibración para determinar la concentración de Pb.

6. *Expresión del resultado:*

- Se reporta en mg/kg de Pb en suelo seco.

Categorización de suelo agrícola respecto a la normatividad D.S. N° 011-2017-

MINAM.

Tabla 4

Estándar de calidad ambiental para suelos: DS 011-2017-MINAM

	Usos del suelo ⁽¹⁾		
Parámetro en mg/Kg ⁽²⁾	Suelo agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial / Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial / Extractivo ⁽⁶⁾
Arsénico	50	50	140
Bario	750	500	2000
Cadmio	1.4	10	22
Cromo total	-	400	1000
Cromo VI	0.4	0.4	1.4
Mercurio	6.6	6.6	24
Plomo	70	140	800
Cianuro libre	0.9	0.9	8
Benceno	0.03	0.03	0.03
Tolueno	0.37	0.37	0.37
Etil benceno	0.082	0.082	0.082
Xileno	11	11	11

III. RESULTADOS

3.1. Primer objetivo: Caracterización de parámetros y concentraciones de Cd y Pb.

3.1.1. Caracterización del pH y la CE del suelo en estudio.

Tabla 5

Evaluación del pH y conductividad del suelo

Nº de ensayo	pH	CE mS/cm
E1	4.7	2.21
E2	5.8	2.17
E3	6.1	2.12
E4	4.5	1.94
E5	5.9	2.23
E6	4.8	1.95
E7	5.8	2.14
E8	4.0	2.26
E9	5.9	2.24
E10	3.3	1.99
Promedio	5.08	2.12

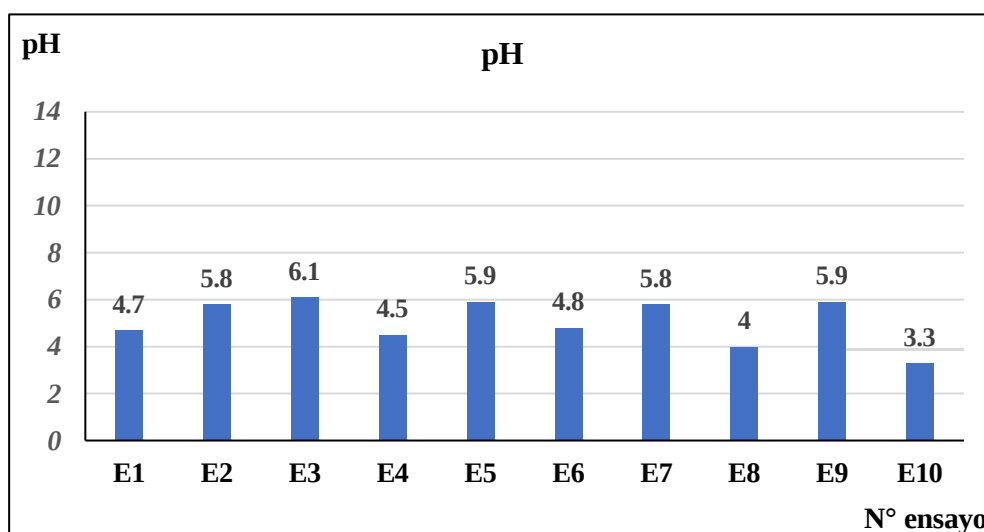
Fuente: Laboratorio IFA.

Interpretación:

- Para la evaluación del pH y la conductividad eléctrica se recolecto un total de 15 muestras de 500 gr cada muestra después se mesclo el total de muestras extraídas del suelo en investigación y luego después se volvió a pesar 500gr del total de las 15 muestras de suelo extraído en bolsas herméticas , pero sin embargo para la evaluación del pH y la conductividad eléctrica solo se tomaron 10 de estas muestras debido al poco tiempo de permiso que nos brindó el laboratorio de centro de análisis espectrométrico ya que cada muestra tomaba un lazo de 4 a 5 horas por muestra.
- Para la caracterización del pH nos muestra un resultado promedio de 5.08, clasificando al suelo como fuertemente ácido. En cuanto a los resultados arrojados para conductividad eléctrica es de un promedio fue de 2.12 mS/cm, lo que categoriza al suelo como moderadamente salino.
- Basándose a los resultados obtenidos se interpreta que estos suelos estudiados en la investigación, respecto a la *normatividad D.S. N° 011-2017-MINAM*. El suelo evaluado es apto para uso agrícola.

Figura 13

Tendencia de la acides del suelo

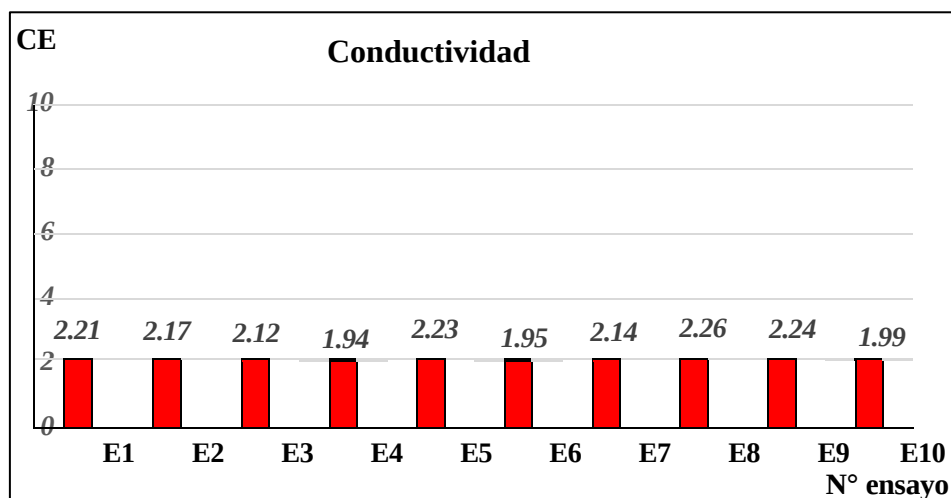


Interpretación:

- El suelo tuvo un pH promedio de 5.08, clasificándolo como suelo fuertemente ácido, este resultado pudo deberse al uso continuo de fertilizantes nitrogenados como la urea que, al ser aplicada al suelo, sufre un proceso de hidrolización por la acción de la ureasa, pero sin embargo con el resultado obtenido nos indica que es un suelo ideal para muchos cultivos.

Figura 14

Tendencia de la conductividad eléctrica del suelo



Interpretación:

La conductividad eléctrica arrojó un promedio de 2.12 mS/cm. Lo cual se categoriza

como un suelo moderadamente salino. Según Landrigan *et al.* (2018) la urea $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$, al ser aplicada al suelo, sufre un proceso de hidrolización por la acción de la ureasa, transformándose en amoníaco (NH_3) y luego en amonio (NH_4^+). Posteriormente, el amonio se oxida a nitrato (NO_3^-) mediante el proceso de nitrificación, que produce iones hidrógeno (H^+), responsables de la acidificación, de cierta manera todo este proceso podría favorecer la movilidad de ciertos metales pesados.

3.1.2. Caracterización del Cd y Pb en suelo agrícola, Bellavista

Tabla 6

Metales en suelo agrícola

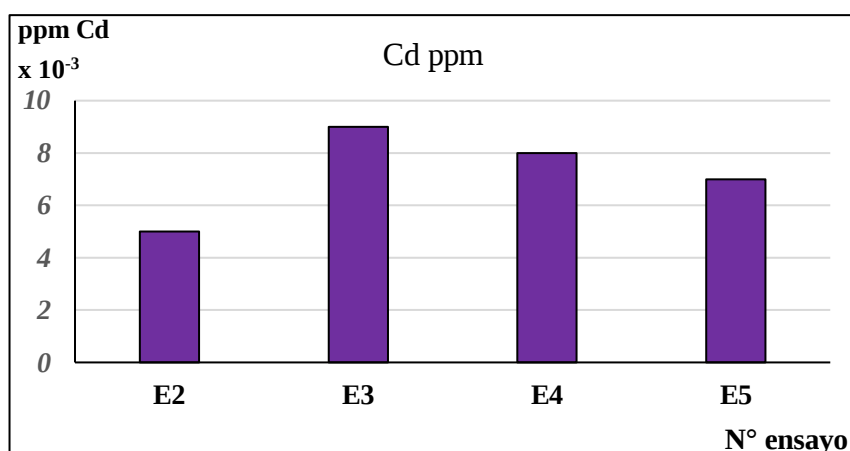
Nº de ensayo	Cd ppm	Pb ppm
E1	< 0.005	46.92
E2	0.005	41.16
E3	0.009	44.91
E4	0.008	49.60
E5	0.007	47.61
Promedio	0.007	46.04

Interpretación:

- Para la caracterización del Cd y Pb se extrajo un total de 15 muestras de 500 gr cada muestra después se mesclo las 15 muestras en uno solo ,luego se volvió a pesar 500gr cada muestra, luego se optó por 5 muestras para ser llevadas al laboratorio de investigación de aguas y suelos (INDESICES) de la UNTRM,solo se tomaron 5 muestras debido a que como se mezcló todas las muestras en uno solo, es decir todas las muestras contenían el mismo suelo a determinar, lo cual según los resultados obtenido se determinó que ambos parámetros están por debajo de la normatividad ambiental para suelos agrícolas.

Figura 15

Cadmio determinado en suelo agrícola

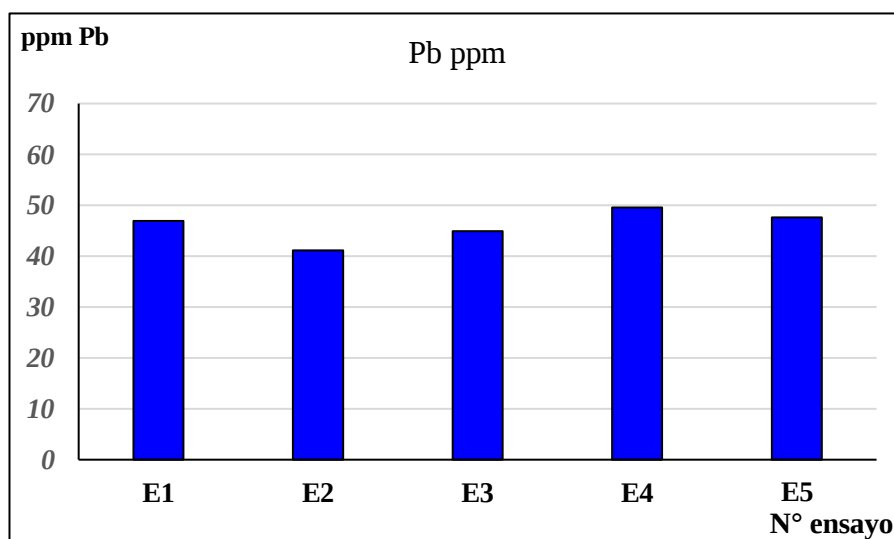


Interpretación:

La muestra de cadmio en el primer ensayo no mostró presencia de cadmio. En el mejor de los casos, su presencia fue muy escasa que no fue posible medir por el equipo de espectrofotometría utilizado. Las muestras restantes arrojaron un promedio de 0.007 mg Cd/kg, su escasa presencia es posible que se deba a la profundidad de 30 cm con la que fue extraída la siembra y a la temporalidad del medio ambiente al momento de su extracción o pudo haber sido absorbido en los gránulos de arroz.

Figura 16

Plomo determinado en suelo agrícola



Interpretación:

Respecto al resultado obtenido para el plomo, se determinó un promedio de 46.08 ppm Pb/kg. Este metal según Dewi *et al.* (2022) puede estar asociado a la continua fertilización que lleva el cultivo de arroz y su presencia a esa profundidad es debido a la débil solubilidad que tiene en el agua y la alta densidad del plomo (11.34 g/L).

Análisis estadístico:

Para determinar la correlación entre la acidez y la concentración de Pb, se han tomado aleatoriamente cinco valores de la acidez versus concentración de plomo.

Tabla 7

Valores del pH versus Pb en el suelo agrícola

N° de ensayo	pH	Pb ppm
E1	4.7	46.92
E2	3.3	41.16
E3	4	44.91
E4	4.5	49.60
E5	4.8	47.61

Variable dependiente: Pb mg/kg

Variable independiente.: pH

Tabla 8

Coeficientes

Parámetro	EMC	ES	T Est.	Valor-P
Intercepción	26.3862	5.806	4.54464	0.0200
Pendiente	4.61358	1.35155	3.41355	0.0420

Tabla 9

Cálculo del Valor-P

Fuente	EMC	ES	T Est.	Valor-P	EMC
Modelo	32.6088	1	32.6088	11.65	0.0420
Residuo	8.39544	3	2.79848		
Total (Corr.)	41.0042	4			

Coeficiente de Correlación = 0.89177

R-cuadrada = 79.5254 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 72.7006 %

Error estándar del est. = 1.67287

Error absoluto medio = 1.00891

Estadístico Durbin-Watson = 2.12301 (P=0.5276)

Auto correlación de residuos en retraso 1 = -0.190819

La ecuación del modelo ajustado fue:

$$\text{Pb mg/kg} = 26.3862 + 4.61358 \cdot \text{pH}$$

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 79.5254 % de la variabilidad en Pb mg/kg. El coeficiente de correlación es igual a 0.89177, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 1.67287.

Para determinar la correlación entre la acidez y la concentración de Cd, se tomó los únicos cuatro valores cuantificados en el análisis químico. Por cuanto el primer ensayo arrojó un valor con incertidumbre: < 0.005 ppm Cd/kg.

Tabla 10

Valores del pH versus Cd en el suelo agrícola

Nº de ensayo	pH	Cd ppm
E2	3.3	0.005
E3	4.0	0.009
E4	4.5	0.008
E5	4.8	0.007

Variable dependiente: Cd mg/kg

Variable independiente.: pH

Tabla 11*Coefficientes*

Parámetro	EMC	ES	T Est.	Valor-P
Intercepto	0.00162016	0.00658476	0.246046	0.8286
Pendiente	0.00135659	0.00157204	0.862949	0.4791

Tabla 12*Varianza*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0.00000237403	1	0.00000237403	0.74	0.4791
Residuo	0.00000637597	2	0.00000318798		
Total (Corr.)	0.00000875	3			

Coefficiente de Correlación = 0.520882

R-cuadrada = 27.1318 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = -9.30233 %

Error estándar del est. = 0.00178549

Error absoluto medio = 0.00111434

Estadístico Durbin-Watson = 2.2116 (P=0.1857)

Auto correlación de residuos en retraso 1 = -0.300606

La ecuación del modelo ajustado fue:

$$\text{Cd mg/kg} = 0.00162016 + 0.00135659 \cdot \text{pH}$$

3.1. Segundo objetivo: Categorización del suelo agrícola en estudio ubicado en el distrito Bellavista, respecto a la normatividad.

La categorización se realizó en base a parámetros físico químicos determinados en el Laboratorio de Suelos: UNTRM-A y UNJ: pH promedio: 5.08, conductividad eléctrica: 2.12 mS/cm, concentración de Cd: 0.007 ppm y concentración de Pb: 46.04 ppm y los parámetros recomendados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

Tabla 13*Categorización del suelo evaluado según el DS 011-2017-MINAM*

Parámetro en mg/Kg	Suelo evaluado	Usos del suelo ⁽¹⁾		
		Suelo agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo
Arsénico		50	50	140
Bario		750	500	2000
Cadmio	0.007	1.4	10	22
Cromo total		-	400	1000
Cromo VI		0.4	0.4	1.4
Mercurio		6.6	6.6	24
Plomo	46.04	70	140	800
Cianuro libre		0.9	0.9	8
Benceno		0.03	0.03	0.03
Tolueno		0.37	0.37	0.37
Etil benceno		0.082	0.082	0.082
Xileno		11	11	11

Parámetros físicos químicos:**Tabla 14***Parámetros físicos químicos determinados*

Parámetros evaluados	Suelo evaluado
pH	5.08
Conductividad eléctrica mS/cm	2.12

Interpretación:

Según Ming Huang, P., Li, Y. & Sumner, M. E. (2012). Handbook of soil sciences properties and processes. Second Edition, consideró que un pH: 5.08 en suelos tiene condiciones fuertemente ácidas. Y, según Maurya *et al.* (2018) es un suelo muy fuertemente ácido. Respecto a la conductividad eléctrica: 2.12 mS/cm según Senthamilselvi *et al.* (2021) tiene la denominación de moderadamente salino.

IV. DISCUSIÓN

La actual investigación realizó la evaluación de un suelo con monocultivo arrocerero. Se aplicaron métodos validados por la normativa nacional (D.S. N.º 002-2013-MINAM). El análisis del pH arrojó un valor promedio de 5.08, lo que clasifica al suelo como fuertemente ácido (Ming Huang *et al.*, 2012). Esta acidez está relacionada directamente con la aplicación continua de fertilizantes nitrogenados, como la urea, cuyos procesos de transformación (hidrolización, nitrificación) liberan iones hidrógeno (H^+) al medio edáfico, intensificando la acidificación (Landrigan *et al.*, 2018). Respeto a la conductividad eléctrica promedio fue de 2.12 mS/cm, catalogada como moderadamente salina según Senthamilselvi *et al.* (2021). Estos niveles de salinidad también podrían estar vinculados al uso frecuente de fertilizantes químicos como el sulfato de amonio, cloruro de potasio y fosfato diamónico, que incrementan metales. Esta combinación de acidez elevada y salinidad moderada puede afectar la biodisponibilidad de nutrientes para las plantas (Salviano *et al.*, 2006). A su vez, favorece la movilidad del Cd en ambientes más ácidos, aunque el Pb tiende a mantenerse en las fracciones sólidas del suelo debido a su baja solubilidad y alta densidad (Rosales *et al.*, 2021). Estos resultados de acidez y conductividad según Jafari *et al.* (2020) son típicos del uso de fertilizantes fosfatados para el cultivo del arroz, así reportó pH 5.0 y una conductividad entre 0,71 y 1,12 mS/cm.

Los resultados obtenidos sobre la presencia de metales pesados revelaron un promedio de 0.007 mg Cd/kg y 46.04 mg Pb/kg. Ambos valores están por debajo normatividad ambiental ($Cd \leq 1.4$ mg/kg y $Pb \leq 70$ mg/kg). La escasa presencia de cadmio puede deberse a varios factores como la profundidad de muestreo (30 cm), que pudo haber estado por debajo del estrato con mayor acumulación superficial de contaminantes (Vega, 2022). También, pudo deberse a las condiciones post-cosecha, momento en el cual parte del Cd pudo haber sido absorbido por el cultivo, especialmente por la rizósfera activa del arroz (Landrigan *et al.*, 2018); inclusive las limitaciones del equipo detector de metales, pues una de las muestras arrojó un valor inferior al límite de cuantificación del equipo de espectrofotometría. Maurya *et al.* (2018) hicieron uso de espectrofotometría de absorción atómica (AAS) en muestras de suelo, y obtuvieron como resultados para el cadmio 0.1–15.8 ppm, concluyeron que las actividades antropogénicas como los cultivos fertilizados aumentan su presencia en cantidades nocivas. La concentración promedio de Pb 46.04 mg/kg representa un valor significativo, aunque todavía dentro de los márgenes aceptables. En esta línea Maurya *et al.*

(2018) obtuvo para el plomo 12.35–20.65 ppm. relacionando su presencia al uso de pesticidas, fertilizantes fosfatados contaminados y partículas atmosféricas depositadas (Dewi *et al.*, 2022). A diferencia del Cd, el Pb es menos móvil en suelos ácidos, pero su acumulación superficial puede representar un riesgo latente para cultivos y salud humana si no se gestionan adecuadamente las prácticas agrícolas (Dewi *et al.*, 2022). Los resultados coinciden con lo reportado por Oliva *et al.* (2021), quienes en su estudio sobre suelos cafetaleros no encontraron superación de los LMP para Cd, aunque con concentraciones ligeramente superiores (0.72 mg Cd/kg).

De igual forma, Apraez (2023) recopiló estudios en granos de arroz donde el 27 % de los casos excedieron los LMP para Cd, lo cual destaca la importancia de monitorear continuamente tanto el suelo como los productos alimenticios. Suciú *et al.* (2022) enfatizaron que los niveles de Cd en fertilizantes varían según el tipo de roca fosfatada utilizada, por lo que el riesgo edáfico depende también del origen de los insumos agrícolas. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que las fuentes principales de Cd y Pb en los suelos agrícolas no necesariamente son los relaves mineros, sino insumos agrícolas (Salviano *et al.*, 2006), especialmente en monocultivos como el arroz sembrado en zonas agrícolas como Bellavista. Birke *et al.* (2016) determinaron que los niveles promedio de Cd en suelos agrícolas variaban ampliamente entre países, con algunos superando 1.5 mg/kg., expusieron distintas fuentes como la minería, fertilización, deposición atmosférica y fertilizantes fosfatados.

Una investigación sistemática lo realizó Apraez (2023) al evidenciar 76 investigaciones en 17 países, centradas en la concentración de Cd y Pb en el arroz y suelos agrícolas, afirmó que un 27 % de los estudios superaban los LMP para cadmio y un 49 % para plomo, lo que refuerza el hallazgo de que la contaminación edáfica por estos metales es un problema global, no limitado a zonas mineras. Con base en la normativa nacional, el suelo evaluado puede categorizarse como apto para uso agrícola, ya que los niveles de Cd y Pb no superan los valores de referencia para dicha categoría. No obstante, la presencia constante de estos elementos, incluso en niveles bajos, sugiere una contaminación difusa de origen antropogénico, que podría aumentar con el tiempo ante el uso sostenido de fertilizantes y plaguicidas químicos. El monitoreo sistemático del suelo, junto con la promoción del uso responsable de agroquímicos, puede ser clave para prevenir la acumulación progresiva de metales en zonas agrícolas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se aplicó correctamente el muestreo por identificación, siguiendo las recomendaciones técnicas establecidas por el Ministerio del Ambiente para áreas de forma regular. Para una superficie evaluada de 900 m², se extrajeron cinco muestras representativas para el análisis de Cd y Pb, resguardando sus propiedades físico-químicas. Esta metodología permitió obtener un diagnóstico confiable del estado del suelo agrícola en estudio.
- El análisis químico evidenció un pH promedio de 5.08, clasificando al suelo como fuertemente ácido. Resultado asociado al uso continuo de fertilizantes nitrogenados como la urea. La conductividad eléctrica promedio fue de 2.12 mS/cm, lo que categoriza al suelo como moderadamente salino. Estas condiciones podrían favorecer la movilidad de ciertos metales pesados.
- La concentración promedio de Cd: 0.007 mg/kg, para el plomo fue: 46.04 mg/kg. Ambos parámetros por debajo de la normatividad ambiental para suelos. Resultados que sugieren una contaminación difusa de origen antropogénico.
- De acuerdo con los resultados obtenidos y los estándares establecidos en el D.S. N.º 011-2017-MINAM, el suelo evaluado es clasificado como apto para uso agrícola, ya que no supera los límites establecidos para cadmio ni plomo.

Recomendaciones:

- A la Agencia Agraria del MINAGRI en la región de Cajamarca con finalidad de implementar el plan de monitoreo periódico del suelo, que permita evaluar la acumulación progresiva de metales pesados como cadmio y plomo. Esto permitirá prevenir que se superen los límites establecidos por la normativa ambiental nacional.
- A los productores arroceros, se recomienda utilizar fertilizantes fosfatados y nitrogenados de forma racional para no llevar a un suelo agrícola a condiciones de contaminación que podría agravar la salud de los pobladores consumidores de arroz.
- A las autoridades universitarias, promover técnicas de agricultura regenerativa, investigaciones sobre bio fertilizantes, compostaje y control biológico de plagas, que reducen la carga contaminante sobre el suelo y disminuyen la dependencia de insumos químicos industriales.
- Así mismo se recomienda a todos los que toman como ejemplo esta tesis deben realizar enfocarse en tomar las muestras a una mayor profundidad de 30cm, así mismo deben tomar más números de muestras.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apraez, D. E. (2023). Estudio sobre la prevalencia de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en arroz (*Oriza sativa L.*). [Tesis para optar el título de Químico de Alimentos. Universidad Central del Ecuador].
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9df36fd6-0366-4131-b477-464da23ce51f/content>
- Birke, M., Reimann, C., Oorts, K., Rauch, U., Demetriades, A., Dinelli, E., Ladenberger, A., Halamić, J., Gosar, M., J`ahne-Klingberg, F., Team, T.G.P., (2016). Use of GEMAS data for risk assessment of cadmium in European agricultural and grazing land soil under the REACH Regulation. *Appl. Geochem.* 74, 109–121.
- Dewi, T., Martono, E., Hanudin, E. & Harin, R. (2022). Impact of agrochemicals application on lead and cadmium concentrations in shallot fields and their remediation with biochar, compost, and botanical pesticides.
DOI:10.1088/1755-1315/1109/1/012050
- Jafari, S., Alimohammadi, M., Dehghani, M., Yaghmaeian, K., Rasoulzadeh, H. & Jafari, A. (2020). Determination of heavy metals (cadmium and lead) concentrations, pH, and electrical conductivity in agricultural soils of Khatam city and zoning using the GIS software. *Archives of Pharmacy Practice*. Volume 11. Issue S1. January-March.
- Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N.N., et al. (2018) The Lancet Commission on Pollution and Health. *Lancet*, 391, 462-512.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Maurya, A., Kesharwani, L. & Kumar, M. (2018). Analysis of heavy metal in soil through atomic absorption spectroscopy for forensic consideration. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*. IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 6.887 Volume 6 Issue VI, June 2018. ISSN: 2321-9653.

Ming Huang, P., Li, Y. & Sumner, M. E. (2012). Handbook of soil sciences properties and processes. Second Edition. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL 33487-2742.

Taylor & Francis: site at <http://www.taylorandfrancis.com>

CRC Press Web: site at <http://www.crcpress.com>

(MINAM, 2013). Guía para el Muestreo de Suelos publicada por el Ministerio del Ambiente mediante el D.S. N°002-2013-MINAM.

Rosales, J., Centeno, I. y Cajacuri, J. (2021). Identificación de cadmio y plomo en los cultivos de cacao ubicados en la zona de Satipo – Junín.

Revista Tecnica Vol.31 N° 2. Enero–Junio.

DOI: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1062>

RPP (Radioprogramas del Perú). (2023).

<https://rpp.pe/peru/cajamarca/cajamarca-hospital-de-jaen-reposito-mayor-cantidad-de-casos-de-cancer-a-nivel-nacional-en-los-ultimos-anos-noticia-1492750>

Salviano, A., Pereira, G., Araújo, C. W. & Oliveira, M. (2006). Bioavailability of cadmium and lead in a soil amended with phosphorus fertilizers. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.63, n.4, p.328-332, July/August.

Senthamilselvi, P., Monika, S., Niranjana, T. V., Nivya, S. & Prabakaran, S. (2021). An experimental analysis on heavy metals in soil by using atomic absorption spectrometer. JETIR June 2021, Volume 8, Issue 6. ISSN-2349-5162.

Suciu, N.A., Devivo, R., Rizzati, N., Capri, E., (2022). Cd content in phosphate fertilizer: which potential risk for the environment and human health? Curr. Opin. Environ. Sci. Health 100392. Tóth, G., Hermann, T., Da

Oliva, M., García, A., Chuquizuta, I. I., Rubio, K., Leiva, S. y Collazos, R. (2021). Concentraciones de Cadmio en el sistema suelo-planta en los cultivos de café en dos sistemas de producción. *Revista de Investigación Científica DEKAMU AGROPEC* 2(1): 45-53.

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v2i1.49>

Vega, M. A. (2022). *Determinación de cadmio por espectroscopía de absorción atómica en suelos de cultivo de cacao, provenientes de la parroquia Convento, Chone-Manabí*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Universidad Central del Ecuador].

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, quien me ha brindado fuerzas, sabiduría y resiliencia en cada paso.

Con profunda gratitud y amor, agradezco este logro a mis padres por su inquebrantable apoyo, sacrificio y amor incondicional, han sido luz que me ha guiado a lo largo de este camino académico. Cada éxito que alcanzo es también suyo, ya que su constante aliento y ejemplo han sido mi mayor inspiración.

También deseo agradecer a mi asesor Dr. Juan Manuel Garay Román por sus útiles comentarios, sugerencias, por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo proceso de investigación ya que ha sido fundamental para lograr mis objetivos propuestos. _____

DEDICATORIA

dedico esta tesis

***lleno de regocijo, a mis padres, paulino
facundo y santos Nicolasa farceque, quienes
fueron mis pilares fundamentales para no
darme por vencido y seguir adelante.***

***Es para mí una complacencia poder dedicarlos
a ellos, que, con mucha dedicación, empeño y
con mucho trabajo me lo eh ganado.***

***y sin dejar atrás a toda mi familia, por creer en
mi, a mis hermanos, mi más profundo
agradecimiento por ser parte de mi vida
y dejarme ser parte de su orgullo.***

ANEXOS

Figura 17

Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T1

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS		UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS		INDEICES	
INFORME DE ENSAYO N°		LAB25-AS-301			
DATOS GENERALES					
SOLICITANTE	YOEL FACUNDO FARCEQUE				
TELÉFONO	996639517				
E-MAIL	yoel.facundo0911@gmail.com				
DOMICILIO LEGAL	NO ESPECÍFICA				
RUC / DNI	48809113				
DEPARTAMENTO	CAJAMARCA				
PROVINCIA	JAÉN				
DISTRITO	HELLAVISTA				
CASERIO O ANEXO	SANTA CRUZ				
CÓDIGO DE MUESTRA / PARCELA	T1				
MUESTREO POR	YOEL FACUNDO FARCEQUE				
MATRIZ	SUELO AGRÍCOLA				
PRESENTACIÓN	BOLSA PLÁSTICA				
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	miércoles, 19 de Febrero de 2025				
FECHA DE ANÁLISIS	jueves, 13 de Marzo de 2025				
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS	AF, AQ, APQ, CN y EEA				
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN SUELOS					
PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS					
PARÁMETRO	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS	
CADMIUM	Método EPA 3050-A Espectrometría de Emisión Atómica de Fluorescencia por Interacción MQ-AES	ppm Cd	<0.05	<0.005	
PLOMO	Método EPA 3050-B Espectrometría de Emisión Atómica de Fluorescencia por Interacción MQ-AES	ppm Pb	<0.05	46.92	
U. D. = Unidad de Medida AP= Área de Pluviómetro AQ= Área de Aguas Pluviales APQ= Área de Aguas Pluviales Pluviales CN= Área de Cultivos Nitrógeno EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica					
OBSERVACIONES					
SIN OBSERVACIONES					
Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para sus labores definidas y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.					
"La información transmitida en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, la cual descarta al laboratorio de toda responsabilidad del mismo realizado por el cliente".					
Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras entregadas.					
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LIA/INIA.					
Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.					
 Calle Higos Urua N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú labioag@untra.edu.pe / labioag@inde-ces.edu.pe					
Código: CCJT-036-II / Versión: 02 / F.E.: 04/2024		Chachapoyas, 19 de Marzo de 2025		Página: 01	
"FIN DEL DOCUMENTO"					

Figura 18

Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T2

 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS				
INFORME DE ENSAYO N° : LAB25-AS-306				
DATOS GENERALES				
SOLICITANTE	YOEL FACUNDO FARCEQUE			
TELÉFONO	996639517			
E-MAIL	yoel.facundo0911@gmail.com			
DOMICILIO LEGAL	JAÉN			
RUC / DNI	48809113			
DEPARTAMENTO	CAJAMARCA			
PROVINCIA	JAÉN			
DISTRITO	BELLAVISTA			
CASERIO O ANEXO	SANTA CRUZ			
CÓDIGO DE MUESTRA / PARCELA	T2			
MUESTREO POR	YOEL FACUNDO FARCEQUE			
MATREZ	SUELO AGRÍCOLA			
PRESENTACIÓN	BOLSA PLÁSTICA			
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	Jueves, 10 de Marzo de 2025			
FECHA DE ANÁLISIS	Jueves, 17 de Marzo de 2025			
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS	EEA			
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN SUELOS				
PARAMETROS INORGANICOS METALICOS				
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
CAD MIO	Método EPA 3050-B Digestión ácida de Sulfato de Plomo por Microondas HP-AES	Ppm Cr	<0.005	0.005
PLOMO	Método EPA 3050-B Digestión ácida de Sulfato de Plomo por Microondas HP-AES	ppm Pb	<0.005	41.16
U.D. = Unidad de Medida. <i>NP</i> =Área de Nitro. <i>NQ</i> = Área de Nitro. <i>NQ'</i> = Área de Nitro. <i>CHN</i> = Área de Carbono Nitrogeno. <i>EEA</i> = Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica.				
CONSERVACIONES				
SIN OBSERVACIONES				
Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.				
<i>"La información resultada en negro y cursiva, es información proporcionada por el cliente, la cual delega al laboratorio de toda responsabilidad del mismo y es confidencial".</i> Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras enviadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del I. ASESAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.				
 M. DEL PILAR JUAREZ CONTRERAS RESPONSABLE				
Calle Higuas Uru N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú labiagg@centroaia.pe / labiagg@indes-ces.aia.pe				
Código: CC-PT-036-II / Versión: 02 / F.E.: 04/2024			Chachapoyas, 20 de Marzo de 2025	
"FIN DEL DOCUMENTO"				

Figura 19

Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T3

 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS				
INFORME DE ENSAYO N°		LAB25-AS-308		
DATOS GENERALES				
SOLICITANTE	:	YOEL FACUNDO FARCEQUE		
TELÉFONO	:	996639517		
E-MAIL	:	yoel.farcond0911@gmail.com		
DOMICILIO LEGAL	:	JAÉN		
RUC / DNI	:	48809113		
DEPARTAMENTO	:	CAJAMARCA		
PROVINCIA	:	JAÉN		
DISTRITO	:	BELLAVISTA		
CASERIO O ANEXO	:	SANTA CRUZ		
CÓDIGO DE MUESTRA / PARCELA	:	T3		
MUESTREO POR	:	YOEL FACUNDO FARCEQUE		
MATRIZ	:	SUELO AGRÍCOLA		
PRESENTACIÓN	:	BOLSA PLÁSTICA		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	jueves, 20 de Marzo de 2025		
FECHA DE ANÁLISIS	:	viernes, 21 de Marzo de 2025		
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS	:	EEA		
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN SUELOS				
PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
CADMIO	Método EPA 200.8 Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	µg/g Cr	<0.001	0.009
PLOMO	Método EPA 200.8 Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	µg/g Pb	<0.001	44.91
U.D. = Unidad de Medida. AP = Área de Plumas. AQ = Área Química. APQ = Área de Análisis y Cuantificación. CH = Área de Control de Calidad. EEA = Área de Espectrometría de Emisión Atómica.				
OBSERVACIONES				
SIN OBSERVACIONES				
Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.				
"La información resultada en análisis y ensayos, es información proporcionada por el cliente, la cual otorga al laboratorio de toda responsabilidad del ensayo realizado por el cliente". Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras enviadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del INDES-CES. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.				
 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA - AMAZONAS MSc. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS RESPONSABLE				
Calle Higuas Uras N°342-350-356 - Calle Universitaria N°904 - Chachapoyas - Amazonas - Perú labiag@untram.edu.pe / labiag@indes-ces.edu.pe				
Código: CCPT-036-II / Versión: 02 / F.E.: 04/2024		Chachapoyas, 24 de Marzo de 2025		Página: 01
"FIN DEL DOCUMENTO"				

Figura 20

Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T4

 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS				
INFORME DE ENSAYO N°		LAB25-AS-311		
DATOS GENERALES				
SOLICITANTE	:	YOEL FACUNDO FARCEQUE		
TELÉFONO	:	996639517		
E-MAIL	:	yoel.facundo0911@gmail.com		
DOMICILIO LEGAL	:	JAÉN		
RUC / DNI	:	48809113		
DEPARTAMENTO	:	CAJAMARCA		
PROVINCIA	:	JAÉN		
DISTRITO	:	BELLAVISTA		
CASERIO O ANEXO	:	SANTA CRUZ		
CÓDIGO DE MUESTRA / PARCELA	:	T 4		
MUESTREADO POR	:	YOEL FACUNDO FARCEQUE		
MATRIZ	:	SUELO AGRÍCOLA		
PRESENTACIÓN	:	BOLSA PLÁSTICA		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	:	miércoles, 26 de Marzo de 2025		
FECHA DE ANÁLISIS	:	viernes, 29 de Marzo de 2025		
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS	:	EEA		
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN SUELOS				
PARÁMETROS INORGÁNICOS METÁLICOS				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
CADMIO	Método: EPA 3070-B Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma por Microondas MFA-AES	ppm Cr	< 0.05	0.008
PLOMO	Método: EPA 3050-B Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MFA-AES	ppm Pb	< 0.05	49.60
U.D. = Unidad de Medida. AF= Área de Fértil. AQ= Área agrícola. APQ= Área de Análisis Fitoquímica. CN= Área de Carbono Nitrógeno. EEA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica.				
SIN OBSERVACIONES				
Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.				
<i>"La información resultada en negrita y cursiva, es información proporcionada por el cliente, la cual delega al laboratorio de toda responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".</i> Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras sometidas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta información sin la autorización escrita del LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.				
 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS LABISAG Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS NERPEANSALE				

Figura 21

Resultado del análisis químico de Cd y Pb, código: T5

 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS				
INFORME DE ENSAYO N°		LAB25-AS-313		
DATOS GENERALES				
SOLICITANTE	YOEL FACUNDO FARCEQUE			
TELÉFONO	996639517			
E-MAIL	yoel.facundo911@gmail.com			
DOMICILIO LEGAL	JAÉN			
RUC / DNI	48809113			
DEPARTAMENTO	CAJAMARCA			
PROVINCIA	JAÉN			
DISTRITO	BELLAVISTA			
CASERIO O ANEXO	SANTA CRUZ			
CÓDIGO DE MUESTRA / PARCELA	T5			
MUESTREO POR	YOEL FACUNDO FARCEQUE			
MATRIZ	SUELO AGRÍCOLA			
PRESENTACIÓN	BOLSA PLÁSTICA			
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	miércoles, 02 de Abril de 2025			
FECHA DE ANÁLISIS	viernes, 04 de Abril de 2025			
ÁREA DE DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS	EEA			
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN SUELOS				
PARAMETROS INORGANICOS METALICOS				
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	RESULTADOS
CAD MIO	Método EPA 200.0 Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	mg/kg	<0.001	0.007
PLOMO	Método EPA 200.0 Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Microondas MP-AES	mg/kg	<0.001	47.61
U.D. = Unidad de Medida. /N= Área de Nitrogeno /AC= Área de Carbono /PC= Área de Carbono Nitrógeno /EA= Área de Espectrofotometría de Emisión Atómica				
OBSERVACIONES				
SIN OBSERVACIONES				
Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.				
<i>"La información resultada en negro y cursiva, es la información proporcionada por el cliente, la cual designa al laboratorio de tener la responsabilidad del muestreo realizado por el cliente".</i> Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras enviadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del I. ASESAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.				
 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS Mg. LILY DEL PILAR JUÁREZ CONTRERAS RESPONSABLE				
Calle Hígiez Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú labinsag@untram.edu.pe / labinsag@indes-ces.edu.pe				
Chachapoyas, 08 de Abril de 2025				
Código: CCPT-036-II / Versión: 02 / F.E.: 04/2024				
* FIN DEL DOCUMENTO *				
Página: 06				

Figura 22

Permiso para hacer uso del laboratorio espectrometrico UNJ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"



Jaén, 28 de mayo del 2025

SEÑOR:

Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN.

Director de los Centros de producción de Bienes y Servicios de la Universidad Nacional de Jaén.

Présente.



ASUNTO: Solicito uso de los equipos del laboratorio del centro de Análisis Espectrométrico.

Yo, Yoel facundo Farceque, egresado de la escuela profesional de ingeniería forestal y ambiental con código de matrícula N° 2018210109. Me dirijo con un cordial saludo para solicitar el uso de los siguientes equipos: 15 vasos precipitados de 100 ml, un medidor de PH y un conductímetro, previamente autorizado y actualmente utilizados en el marco de mi proyecto de tesis titulado: "DETERMINACION DE CADMIO Y PLOMO MEDIANTE ABSORCION ATÓMICA EN SUELO AGRICOLA, DISTRITO BELLAVISTA, CAJAMARCA, 2024", teniendo como resolución N° 587-2024-UNJ/FI.

Que, actualmente necesito determinar el PH y la conductividad eléctrica de un suelo agrícola arrocerero ubicado en el distrito de Bellavista de provincia de Jaén. A fin de verificar su comportamiento hasta alcanzar los valores límites establecidos

Sin otro particular, agradezco de antemano su atención y quedo atento a su pronta respuesta.

Atentamente

Yoel Facundo Farceque
DNI: 48809113