UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Influencia del uso del agua en la contaminación de suelos agrícolas en Pampas de Hospital. Tumbes 2024

TESIS

para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales

Autor: Mg. Samuel Edmundo Pacheco Marchán

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Influencia del uso del agua en la contaminación de suelos agrícolas en Pampas de Hospital. Tumbes 2024

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Puño Lecarnaque, Napoleón (presidente)

Dr. Alburqueque Viera, Francisco (secretario)

Dr. Puescas Chully, Miguel Antonio (vocal)

Dr. Herrera Palacios, Eber Leopoldo (vocal)

Dr. Bermejo Requena, Luis Alberto (vocal y asesor)

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Influencia del uso del agua en la contaminación de suelos agrícolas en Pampas de Hospital. Tumbes 2024

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:

Mg. Pacheco Marchán Samuel Edmundo (Autor)
Código ORCID: 0009 – 0003 – 2381 – 8606

Dr. Bermejo Requena Luis Alberto (Asesor)
Código ORCID: 0000 – 0001 – 5294 – 7034

Dr. Ordinola Zapata, Alberto (Co – Asesor)
Código ORCID: 0000 – 0002 – 9644 – 0531

Dr. Alberto Ordinola Zapata
https://orcid.org/0000-0002-9644-0531
Docente Co-asesor

Tumbes, 2025

COPIA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo Nº 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, a los VEINTIÚN días de NOVIEMBRE del dos mil veinticuatro, siendo las VEINTE horas, con VEINTE minutos, se reunieron mediante modalidad virtual, plataforma Google Meet con el link https://meet.google.com/cgs-mydy-muc, los miembro del jurado calificador constituido con la Resolución Nº 456-2023/UNTUMBES-EPG-D, del veintidós de setiembre de dos mil veinticuatro, presidido por el Dr. Napoleon Puño Lecarnaque, e integrado por el Dr. Francisco Alburqueque Viera (Secretario), el Dr. Miguel Antonio Puescas Chully (Vocal), el Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios. (Vocal), además del Dr. Luis Alberto Bermejo Requena (Vocal y asesor).

Instalado el jurado, se procedió a la evaluación, deliberación y calificación del acto de sustentación de la tesis titulada: **"INFLUENCIA DEL USO DEL AGUA EN LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN PAMPAS DE HOSPITAL TUMBES 2023"** presentada por el egresado Mg. **SAMUEL EDMUNDO PACHECO MARCHAN** del Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales.

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del (la) sustentante y después de la correspondiente, deliberación el jurado, conforme a lo normado en el artículo N° 111 del Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al sustentante aprobado, con el calificativo de **MUY BUENA**

Por lo anterior, el sustentante está expedito para iniciar los trámites correspondientes y conducentes a la obtención del grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales, en conformidad con lo normado en la Ley Universitaria N° 30220, el Texto Único Ordenado del Estatuto, El Reglamento General, el Reglamento General de Grados Títulos y el Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las NUEVE horas y CUARENTA minutos del mismo día, se dio por concluido la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia de público asistente.

Tumbes, 21 de noviembre de 2024

Dr. Napoleon Puño Lecarnaque
Presidente
DNI N° 00225904
ORCID ID: 0000-0002-5008-8085

Dr. Francisco Alburqueque Viera
Secretario
DNI N° 03605124
ORCID ID: 0000-0002-7468-5386

Dr. Miguel Antonio Puescas Chully
Vocal
DNI N° 02660522
ORCID ID: 0000-0003-1979-9572

Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios
Vocal
DNI N° 42450218
ORCID ID: 0000-0002-7255-9087

Dr. Luis Alberto Bermejo Requena
Vocal y asesor
DNI N° 02642832
ORCID ID: 0000-0001-5294-7034

13% Similitud general

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

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

9%	Fuentes de Internet
6%	Publicaciones
10%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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.

Dr. LUIS ALBERTO BERMEJO REQUENA

turnitin Página 2 de 31 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega tm:oid:::31 17:533309621

Fuentes principales

9% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Internet
repositorio.ucv.edu.pe <1%

2 Internet
repositorio.untumbes.edu.pe <1%

3 Internet
worldwidescience.org <1%

4 Internet
hdl.handle.net <1%

5 Trabajos del estudiante
Escuela Politecnica Nacional on 2025-02-06 <1%

6 Trabajos del estudiante
Universidad Continental on 2024-11-25 <1%

7 Internet
www.secs.com.es <1%

8 Trabajos del estudiante
Ministerio de Defensa on 2021-02-20 <1%

9 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2017-07-31 <1%

10 Internet
pesquisa.bvsalud.org <1%

11 Trabajos del estudiante
Universidad Cesar Vallejo on 2025-11-25 <1%

turnitin Página 3 de 31 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega tm:oid:::31 17:533309621

12	Internet	
repositorio.uasb.edu.ec		<1%
13	Internet	
repositorio.uigv.edu.pe		<1%
14	Trabajos del estudiante	
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas on 2024-09-02		<1%
15	Internet	
jah-journal.com		<1%
16	Trabajos del estudiante	
Universidad Catolica De Cuenca on 2021-08-01		<1%
17	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional Agraria La Molina on 2024-12-05		<1%
18	Internet	
crea.ujaen.es		<1%
19	Internet	
nmbu.brage.unit.no		<1%
20	Internet	
alicia.concytec.gob.pe		<1%
21	Internet	
1library.co		<1%
22	Trabajos del estudiante	
Universidad Técnica de Machala on 2019-09-09		<1%
23	Internet	
pt.scribd.com		<1%
24	Internet	
tesis.usat.edu.pe		<1%
25	Internet	
core.ac.uk		<1%

turnitin Página 4 de 31 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::3117:533309621

Dr. LUIS ALBERTO BERMEJO REQUENA

26	Internet	
globaljournals.org		<1%
27	Internet	
repositorio.usanpedro.edu.pe		<1%
28	Publicación	
SGS DEL PERU S.A.C.. "Plan de Abandono del Proyecto Central Térmica Buena Vist...		<1%
29	Trabajos del estudiante	
UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2024-09-03		<1%
30	Trabajos del estudiante	
Universidad Cesar Vallejo on 2025-06-15		<1%
31	Publicación	
WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PAMA del Centro d...		<1%
32	Internet	
www.coursehero.com		<1%
33	Trabajos del estudiante	
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2019-10-10		<1%
34	Trabajos del estudiante	
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2019-0...		<1%
35	Internet	
clasificados.grippo.co.il		<1%
[illegible]	Internet	
es.cyberdodo.com		<1%
[illegible]	Internet	
www.researchgate.net		<1%
[illegible]	Internet	
www.revistascca.unam.mx		<1%
[illegible]	Publicación	
CLB TECNO LOGICA S.A.C. "Plan de Cierre Detallado Total Definitivo de la Planta d...		<1%

40	Publicación	
Carrasquero-Ferrer Sedolfo José, Rincón-Lizardo Nancy Coromoto, Díaz-Montiel Al...		<1%
41	Publicación	
David Romero-Estévez, Gabriela S. Yánez-Jácome, Hugo Navarrete. "Non-essential...		<1%
42	Publicación	
Pedro Antonio Núñez-Ramos, Isidro Almonte, Aridio Pérez, Elpidio Avilés-Quezad...		<1%
43	Trabajos del estudiante	
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-11-22		<1%
44	Trabajos del estudiante	
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez on 2023-09-08		<1%
45	Trabajos del estudiante	
Universidad Católica de Santa María on 2024-12-11		<1%
46	Trabajos del estudiante	
Universidad Cientifica del Sur on 2024-11-26		<1%
47	Trabajos del estudiante	
Universidad Continental on 2023-04-25		<1%
48	Trabajos del estudiante	
Universidad San Ignacio de Loyola on 2024-02-02		<1%
49	Trabajos del estudiante	
Universidad Tecnologica de los Andes on 2025-11-11		<1%
[illegible]	Internet	
ipnc2025.org		<1%
[illegible]	Internet	
repositorio.unc.edu.pe		<1%
[illegible]	Internet	
repositorio.utmachala.edu.ec		<1%
[illegible]	Internet	
www.americaeconomia.com		<1%

turnitin Página 6 de 31 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::3117:533309621

Dr. LUIS ALBERTO BERMEJO REQUENA

54	Publicación	
Mamani Aguilar, Mery Maribel. "Parámetros fisicoquímicos, metales pesados (As ...		<1%
55	Trabajos del estudiante	
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-15		<1%
56	Trabajos del estudiante	
Universidad Católica de Santa Maria on 2024-05-03		<1%
57	Publicación	
"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Bi...		<1%
58	Publicación	
#N/A. "PAP de la Plataforma DOM-1 - Pozo Fortuna 1XD – ST3, en el Lote 116-IGA0...		<1%
59	Trabajos del estudiante	
Infile on 2019-12-13		<1%
60	Trabajos del estudiante	
Universidad Alas Peruanas on 2019-09-04		<1%
61	Trabajos del estudiante	
Universidad Continental on 2025-08-05		<1%

turnitin Página 7 de 31 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega tm:oid:::31 17 :533309621

DEDICATORIA:

Para mi querido padre SAMUEL PACHECO RAMÍREZ que físicamente ya no está a mi lado.

A mi madre FELIPA MARCHÁN LÓPEZ que aún tengo la dicha de tenerla.

A mi querida esposa GLORIA FEIJOÓ ZAPATA

A mis queridos hijos: MELISSA, ENRIQUE, SAMUEL y FERMÍN

A mis nietos: CAMILO, THEO, EYTHAN, RODRIGO y AITANA.

A mis hermanos: HELMER, ELARD y JIMMY

Y a toda mi familia que me quiere y estima.

AGRADECIMIENTO:

A mi querida esposa GLORIA FEIJOÓ ZAPATA por apoyarme a iniciar este importante proyecto de investigación.

A mí asesor Dr. LUIS BERMEJO REQUENA.

A mí Co asesor Dr. ALBERTO ORDINOLA ZAPATA.

Al Ingeniero GABRIEL ATOCHE BALLADADRES por su apoyo.

Al Sr. RENÉ BALLADARES CAMACHO por su ayuda en la recolección de muestras de suelo.

ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN ..... **xvii**

ABSTRACT ..... **xviii**

I. INTRODUCCIÓN **19**

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA **22**

1.1. BASES TEÓRICAS **22**

1.2. ANTECEDENTES **24**

1.2.1. Internacionales. 24

1.2.2. Nacionales 27

1.2.3. Regionales 29

III. MATERIALES Y MÉTODOS **30**

1.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN **30**

1.4. El diseño de investigación es descriptiva comparativa. **30**

1.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO **30**

1.5.1. Tipo de muestreo. 30

1.5.2. Localización, distribución y número de puntos de muestreo 30

1.5.3. Profundidad de muestreo 30

1.5.4. Tipos de muestras 30

1.5.5. Estimación del número total de muestras 30

1.5.6. Parámetros de campo 31

1.5.7. Equipo de muestreo de suelo 31

1.5.8. Preservación de las muestras. 31

1.5.9. Tipo de recipientes y volumen de las muestras. 31

1.5.10. Procesamiento y análisis de datos. 31

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **32**

4.1 RESULTADOS **32**

4.2 DISCUSIÓN **37**

V. CONCLUSIONES **39**

VI. RECOMENDACIONES **40**

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS 41
VIII. ANEXOS 45

Índice de tablas

Página

Tabla 1. *Niveles de concentración de metales pesados en suelos agrícolas de Pampas de Hospital* 32

Tabla 2. *Valores de Hg, Pb, Cd, Cr y As en suelos de fondo de Pampas de Hospital* 33

Tabla 3. *Niveles de mercurio, plomo, cadmio, cromo y arsénico en suelos agrícolas del sector Becerra* 33

Tabla 4. *Partes por millón de metales pesados en suelos de fondo analizados en sector Becerra* 34

Índice de Figuras

Página

Figura 1: *Miligramos por kilogramo de mercurio en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.* 34

Figura 2: *Resultados de Pb en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.* 35

Figura 3: *Concentración de cadmio en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.* 35

Figura 4: *ppm de Cr en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.* 36

Figura 5: *Concentración de arsénico en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.* 36

Figura 6: *Valores promedio de pH en suelo agrícola y fondo en Pampas de Hospital y Becerra.* 37

RESUMEN

La minería realizada en la cabecera de la cuenca hidrográfica Puyango – Tumbes, cuenca binacional del Perú y Ecuador, está contaminado el recurso hídrico, el cual se emplea para irrigar las parcelas agrícolas que se encuentran adyacentes a esta cuenca. La investigación tuvo por objeto determinar la influencia que tiene el uso del agua de la cuenca del río Puyango - Tumbes y de la subcuenca Angostura – Cabuyal, en la contaminación de suelos agrícolas por metales pesados. Se analizaron 20 muestras de suelo agrícola y 5 muestras de fondo en Pampas de Hospital, que riega sus cultivos con agua del rio; y 10 muestras de suelo agrícola y 5 muestras de fondo en el sector Becerra, que se riega con agua de la quebrada Cabuyal. Las muestras fueron analizadas mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Los resultados promedio para **Pampas de Hospital** suelos agrícolas (mg/kg) son: mercurio **0,089**, plomo **29,73**, cadmio **1,23** y arsénico **19,96;** suelos de fondo: mercurio **0,09**, plomo **11,28**, cadmio **1,11** y arsénico **10,23**. Los resultados para **Becerra** suelos agrícolas: mercurio **0,06**, plomo **8,93**, cadmio **0,29** y arsénico **9,91;** suelos de fondo: mercurio **0,04**, plomo **8,13**, cadmio **0,40** y arsénico **5,07,** valores que no superan los ECAs de la normativa peruana que es en mg/kg: mercurio 6,6 plomo 70, cadmio 1,4 y arsénico 50. Adicionalmente se analizaron cuatro muestras del fruto de banano en la zona de Pampas de Hospital y dos muestras en la zona de Becerra, cuyos resultados de metales pesados están por debajo del límite de detección del equipo, de manera similar se determinó el potencial de hidrógeno (pH) en las zonas de muestreo, donde los resultados obtenidos muestran que los valores de pH de 5,8 a 7,5 están en el rango para suelos de uso agrícola.

Palabras clave:

Contaminación minera; suelo agrícola; metales pesados; banano.

ABSTRACT

Mining activities in the headwaters of the Puyango - Tumbes River basin, a binational basin shared by Peru and Ecuador, are contaminating the water resources used to irrigate agricultural plots adjacent to the basin. This research aimed to determine the influence of water use from the Puyango-Tumbes River basin and the Angostura-Cabuyal sub-basin on the contamination of agricultural soils by heavy metals. Twenty agricultural soil samples and five background samples were analyzed in Pampas de Hospital, which irrigates its crops with river water; and ten agricultural soil samples and five background samples were analyzed in the Becerra sector, which is irrigated with water from the Cabuyal stream. The samples were analyzed using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The average results for Pampas de Hospital agricultural soils (mg/kg) are: mercury 0.089, lead 29.73, cadmium 1.23 and arsenic 19.96; background soils: mercury 0.09, lead 11.28, cadmium 1.11 and arsenic 10.23. The results for Becerra agricultural soils: mercury 0.06, lead 8.93, cadmium 0.29 and arsenic 9.91; background soils: mercury 0.04, lead 8.13, cadmium 0.40 and arsenic 5.07, values that do not exceed the ECAs of the Peruvian regulations which are in mg/kg: mercury 6.6 lead 70, cadmium 1.4 and arsenic 50. Additionally, four banana fruit samples were analyzed in the Pampas de Hospital area and two samples in the Becerra area. The heavy metal levels in these samples were below the detection limit of the equipment. Similarly, the pH was determined in the sampling areas, and the results showed that pH values of 5.8 to 7.5 are within the range for soils used for agriculture.

Keywords:

Mining pollution; agricultural soil; heavy metals; bananas.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos agrícolas ubicados en el distrito de Pampas de Hospital – Tumbes; materia de investigación; pueden estar afectados debido a que se irrigan con agua proveniente de la cabecera de cuenca en el vecino país del Ecuador. Zona donde se hace la actividad minera de oro y plata de manera formal e informal, sus plantas procesadoras de mineral se encuentran en la rivera del rio y sus lixiviados son vertidos a esta fuente de agua con escaso o exiguo tratamiento, lo cual está poniendo en riesgo todo el ecosistema de esta cuenca y por ende los terrenos agrícolas, que son irrigados con esta fuente de agua.

Feijoó (2020) determinó que los metales pesados como arsénico (26,6 ppm) y cromo (18,48 ppm) superan los estándares de calidad de diversos países como: Alemania, Canadá, Austria y japón, de igual manera encontró que la pulpa de banano, con un contenido de plomo de 0,1417 ppm supera el estándar de calidad de Austria que es de 0,02 ppm.

Otiniano (2008, como se citó en Puño, 2016) en su trabajo de investigación concluyó que el rio Puyango – Tumbes, contiene metales como contaminantes a lo largo de su recorrido.

La FAO (2022) en su informe “Evaluación Mundial de la Contaminación del Suelo”. Establece que es difícil que el ser humano pueda percibir la contaminación del suelo, y darse cuenta que se está deteriorando la calidad de los productos alimenticios, los principales componentes ambientales como el agua y el aire, lo cual pone en eminente peligro la salud de las personas y el medio ambiente, además, asevera que las actividades realizadas por el hombre como: el inadecuado manejo de los residuos sólidos, las malas prácticas que se realizan en la agricultura, las actividades industriales y los tratamientos inadecuados de los procesos en la minería; son las principales actividades contaminantes que hoy contribuyen al deterioro ambiental.

Oviedo (2017, como se citó en Alban, 2020) afirma que, en la provincia del Oro - Ecuador, los ríos están siendo afectados por la contaminación con metales pesados, esto es debido a que la minería artesanal se ha incrementado en este sector, sobre todo en la naciente del río Puyango, donde se encuentran los Cantones de Zaruma y Portovelo, zonas donde se extrae el mineral para ser procesado en las plantas de beneficio, para obtener oro y plata.

Con esta investigación se pretende tener la información cuantificada respecto a la caracterización de los suelos agrícolas por la contaminación con metales pesados. Con lo anteriormente enunciado podemos indicar que, debido al uso de las aguas contaminadas del rio Tumbes, amerita hacer las investigaciones respectivas para determinar en los suelos agrícolas, el grado de contaminación por el uso del agua.

Según Álvarez (2001) en nuestro país, a pesar de tener muchos problemas de contaminación de suelos, no se es consciente de la gravedad del caso; además, se sabe que el suelo es el receptor de todos los contaminantes vertidos al ambiente, donde permanecen por mucho tiempo hasta que se les dé un tratamiento final.

Los alcances de la presente investigación serán de mucha trascendencia, ya que se trata de una cuenca transfronteriza y ayudaría a sustentar y tomar algunas decisiones que puedan permitir el cese de la contaminación de las aguas de esta cuenca binacional, así como tomar algunas medidas tanto físicas, químicas y microbiológicas, para la descontaminación de los suelos agrícolas. Las aguas del rio tumbes son utilizadas para las diferentes actividades como: el consumo humano, agrícola, ganadero y otras. En distrito de Pampas de Hospital se encuentra el área de estudio de los suelos agrícolas, en los sectores o fundo agrícola los Pachecos, los Marchanes, el fundo agrícola los Rujeles, el fundo agrícola los Farias y el sector Becerra donde se utiliza agua de la quebrada Cabuyal para irrigar las parcelas agrícolas. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia del uso del agua en la contaminación de suelos agrícolas en Pampas de Hospital, Tumbes. La población afectada son todos los distritos que hacen uso del agua del rio Tumbes para irrigar sus parcelas. Por lo tanto, la

magnitud de la contaminación que se pueda estar presentando en las parcelas agrícolas es de enorme trascendencia en la Región de Tumbes.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1. BASES TEÓRICAS

Según la FAO (2022) los suelos contienen sustancias químicas en concentraciones normales, pero cuando estas son superiores, estamos frente a una contaminación de suelos, causando un efecto desfavorable o perjudicial sobre cualquier organismo no objetivo.

La FAO (2022) establece que, cuando la contaminación se extiende en áreas muy grandes, la cual puede ser de manera involuntaria o también intencional y producto de ello se acumula en el suelo. Ante esta situación se hace difícil precisar que fuente es la causante de la contaminación. A este problema se le conoce como contaminación difusa del suelo. Por ejemplo, el uso de plaguicidas no degradables, aguas residuales no tratadas o aguas subterráneas contaminadas para irrigar suelos, etc.

Para la FAO (2022), cuando la contaminación se genera en un área, que se puede identificar de manera fácil o es muy específica, se le conoce como contaminación puntual. Por ejemplo, fabricas antiguas abandonadas, zonas de reciclaje, o relaves mineros. Esta contaminación puntual puede ser accidental o puede generarse de manera intencional, por alguna actividad que se realice.

Teniendo en cuenta el enfoque químico, García et al. (2022 p. 129) define, para que un elemento químico sea considerado como pesado, debe tener una relación de masa/volumen mayor a 5,0 g/cm^3. Además, de manera práctica por sus efectos tóxicos, por su persistencia y por los problemas ambientales que genera, es otra forma de considerar a un elemento como metal pesado. Todos los metales que puedan dar lugar a problemas de contaminación ambiental, y el resultado de las actividades humanas es lo que va a incrementar estas cantidades creando serios problemas ambientales.

Según Chang (1997) la toxicidad del plomo se presenta desde hace muchos años, el cual no cumple una función importante en el metabolismo humano. Pero el plomo es extremadamente tóxico y acumulativo en el organismo humano, ya sea como ion, forma inorgánica (Pb^{2+}) u orgánica como tetraetilplomo $(C_2H_5)_4Pb$. El plomo se concentra en la sangre, en los tejidos, los huesos, pero más se le reconoce por el daño que le causa al cerebro, entre otras afecciones se dan en el sistema nervioso y las funciones renales.

Galán (2016), en su investigación encontró que cuando las concentraciones del contaminante son altas, tienen un efecto negativo sobre los organismos. Además, que los contaminantes por su origen pueden ser geogénicos, cuando proceden de la roca madre, del lixiviado de minerales, o antropogénicos como residuos peligrosos, los cuales derivan de actividades mineras, agrícolas o industriales.

Para Brizuela & Jimenes (2012) en los suelos no solo existe solo contaminación por el hombre, también de manera natural los suelos contienen metales que pueden causar contaminación y esto depende de cada lugar o región. Los niveles de fondo de análisis de suelos son muy importantes, pues permiten comparar resultados de un área cuestionada con un área adyacente que no tiene problemas de contaminación y de esta forma se puede tener la información de referencia necesaria antes que un suelo sea declarado como contaminado.

Rueda et al. (2011) establece que en los suelos los metales pesados pueden causar problemas de salud, debido a la movilidad que estos presentan en los cultivos o en los cuerpos de agua. Además, la referencia de metales pesados establecido por los países desarrollados, representa un instrumento de control ambiental y de las actividades agrícolas, ya que permite distinguir entre los niveles de fondo y los derivados de diferentes fuentes antrópicas.

Prieto et al. (2009) concluye, que en suelos y aguas residuales se encuentran niveles elevados de metales pesados, también concluye que el abuso de las actividades antrópicas desde hace muchas décadas como lo son la agricultura, las contaminaciones industriales, la minería y las aguas residuales utilizadas sin tratamiento previo, para riego agrícola.

Según Herrera (2011) en su trabajo “La contaminación con cadmio en suelos agrícolas” cuyo objetivo es revisar, los resultados de investigaciones científicas donde los suelos agrícolas están siendo afectados por el cadmio. Se ha reportado que en temas de salud como: deficiencias renales, pulmonares, arteriales y oncológicas, se ha asociado con la intoxicación por cadmio y también está reportado en algunos suelos agrícolas como consecuencia de utilizar abonos fosfatados.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Internacionales.

Según Bautista (2021) en su investigación, donde el objetivo fue evaluar suelos contaminados mediante la técnica del color. La metodología que se utilizó para medir la concentración, fue por fluorescencia de rayos X. Para el muestreo de las 89 muestras, el diseño fue sistemático, y abarcó un área de 1 600 km^2. Los resultados indican que las muestras de suelo más oscuras, donde se encontró Pb, Zn, Cr y Cu con concentraciones arriba de los valores de fondo, como, por ejemplo: 20, 36, 41, 7 partes por millón de plomo, zinc, cromo y 7 de cobre respectivamente.

Limei et al. (2011) en su trabajo de investigación “Identificación de la fuente de ocho metales pesados peligrosos en suelos agrícolas de Huizhou, provincia de Guangdong, China”, donde el objetivo del estudio fue utilizar técnicas estadísticas multivariadas para 8 metales pesados. Los resultados obtenidos muestran en mg/kg: 16,74 Cu, 57,21 Zn, 14,89 Ni, 27,61 Cr, 44,66 Pb, 0,10 Cd, 10,19 As y 0,22 Hg, los cuales comparados con los niveles de fondo como Hg, Cd, Zn, Pb y As en el suelo de Huizhou son más altas, especialmente Hg y Cd, que son 2,82 y 1,79 veces los valores de fondo, respectivamente.

Según Ma et al. (2023) en la investigación “Prorrateo de fuentes y aplicabilidad del modelo de contaminación por metales pesados en suelos de tierras agrícolas en base a tres modelos de receptores”, cuyo objetivo fue la identificar y cuantificar los agentes contaminantes del suelo. Las concentraciones en mg/kg fueron: 30,3 Cu, 271,5 Zn, 151,4 Pb, 0,4 Cd, 67,8 Cr y 29,1 Ni respectivamente. Se concluye que

estos elementos químicos contaminan los suelos agrícolas, debido al rápido desarrollo de la industria y la agricultura.

Pérez et al. (2015) realizaron un estudio centrado en una región minera ubicada en San Luis Potosí, México, con la finalidad de valorar si ciertos atributos físicos del suelo —entre ellos el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de humedad— pueden emplearse como herramientas indirectas para identificar la presencia de contaminación asociada a metales pesados en suelos y residuos mineros. Para establecer la cantidad total de elementos considerados tóxicos, el equipo utilizó un método analítico sustentado en la emisión atómica dentro de un plasma generado por acoplamiento inductivo. Los resultados mostraron concentraciones máximas (mg/kg) de 1,893 para arsénico, 2,479 para cadmio, 9,804 para cobre, 60,000 para plomo, 128,611 para zinc y 24.9 para hierro.

Según Alban (2019). En su investigación encontró que las 20 muestras de mango cosechadas a orillas del Rio Amarillo, presentan valores en mg/kg de plomo: 0,39 y 0,58, resultados que superan los límites permisibles del CODEX internacional. Además, encontró que este producto lo consumen en diversos Cantones como Arenillas, Santa Rosa y Machala, sin ser detectado por las autoridades competentes.

Oviedo et al. (2017) desarrolló la investigación “Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera”. El objetivo del estudio es recopilar información que demuestre la en la contaminación en la minera más antigua del Ecuador, como son los Cantones de Zaruma y Portobello. Sobre el tema, el FUNSAD encontró que, las relaveras de los cantones mencionados superan los valores permisibles de la normatividad ecuatoriana del recurso suelo. Las concentraciones que se han determinado en mg/kg son: para el plomo (1796,8 - 4060,0) el arsénico (396,0 - 8800,0) el zinc (513,0 – 2670,0) el cadmio (27,0 – 44,1), y el mercurio (1,0 – 35,9).

Según Belmonte (2010) en su trabajo de investigación analizaron mediante una distribución aleatoria, 20 muestras de suelo en un área de 100 km^2, utilizando la técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo – ICP. Los resultados detectados presentan concentraciones para el Cromo, Níquel,

Cobre, Zinc y Plomo de 189,0 ppm, 139,0 ppm, 148,0 ppm, 751,0 ppm y 1 210,0 ppm respectivamente, valores que sobrepasan diversas normativas internacionales.

En 2020, Ordoñez desarrollo la investigación donde se planteó como objetivo evaluar las concentraciones de arsénico en agua y sedimento del rio Calera. Se empleó un diseño no experimental, se trabajó con muestras de agua (15) y muestras de sedimento (9); el método para determinar arsénico fue la espectroscopía de absorción atómica de llama y se obtuvo como resultado promedio 0,61044 ppm de As en muestras de agua y 8,9295 ppm de As en sedimento, valores que producto de las actividades antropogénicas están por encima de las normas internacionales.

En su trabajo de investigación García (2019) donde el objetivo fue determinar en 10 ha, cadmio, cromo, níquel y plomo; en Lugo (España). Se recolectaron a 20 cm de profundidad 80 muestras de suelo. Los resultados en mg/kg de las concentraciones de los metales analizados fueron: 3,54 Pb, 0,30 Cd, 0,30 Cr, 0,30 Ni, valores que están por debajo de los niveles considerados para uso agrícola.

Martínez y colaboradores (2017), en su estudio titulado “Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados en la zona minera El Alacrán, Córdoba-Colombia”, analizaron el nivel de afectación en terrenos destinados a la agricultura por la presencia de tres metales: mercurio, hierro y cobre. La investigación se desarrolló en un área de 1,4 ha, de la cual se recolectaron 25 muestras de suelo. Los resultados revelaron concentraciones muy elevadas de hierro —desde 29 052,50 hasta 107 365,0 mg/kg — y de cobre — entre 58,84 y 1 453,58 mg/kg, mientras que los valores de mercurio fueron comparativamente bajos, oscilando entre 0,06 y 0,26 mg/kg.

Según Aguilar et al. (1999) Las investigaciones para contaminación de suelos, deben ser en función de: los valores previamente establecidos, la investigación previa del terreno, los parámetros edáficos, los niveles de contaminantes, la mejor metodología, el volumen de la muestra, los tratamientos previos y las precauciones durante el transporte y almacenamiento de la muestra.

Puga et al. (2006) establece como objetivo en su investigación, evaluar la contaminación del suelo por arsénico, plomo, zinc y cadmio. Del área de estudio ubicada en San Francisco del Oro – México, se extrajeron 30 muestras de suelo a diferentes profundidades. Los resultados de concentración en ppm obtenidos, a una profundidad de 0 – 40 cm, y 300 m de la presa son: para el arsénico de 2687,0; para el plomo 1115,0; para el zinc 1863,0; y el cadmio 135,0. Por los resultados obtenidos todos los elementos sobrepasan los rangos de contaminación establecidos nivel internacional.

Álvarez et al. (2011) en su trabajo de investigación “Dinámica de metales traza en suelos contaminados por residuos mineros sometidos a inundación prolongada”. Donde los resultados demostraron que con el correr del tiempo, las concentraciones de los metales disminuyeron, desde 1700 a 400 µg/ L para el cadmio, de 190 a 25 mg/L para el Zn, y de 230 a 50 mg/L para el Mn. Además, encontraron que los procesos de erosión hídrica y eólica generados por las extracciones mineras producen impactos no sólo in situ, sino también en los alrededores.

Martínez et al. (2020) se plantearon como objetivo en su investigación, evaluar la concentración de plaguicidas, específicamente los elementos tóxicos como: Arsénico, cadmio y plomo. Para ello utilizaron como medio de análisis la espectroscopia de emisión atómica por plasma y la de generación de hidruros. Las concentraciones de los elementos tóxicos, fueron las siguientes: Arsénico 9,98 ppm, Plomo 398 ppm y Cadmio 4,89 ppm. Valores que ponen en riesgo el Nevado de Toluca, por el uso y abuso de plaguicidas.

1.2.2. Nacionales

Espinoza y colaboradores (2022) llevaron a cabo un estudio enfocado en la presencia de metales pesados en áreas de cultivo pertenecientes a la subcuenca del río Llallimayo, situada en el departamento de Puno. La investigación tuvo como propósito comparar los estándares de calidad ambiental (ECA) con las condiciones reales del recurso hídrico, además de determinar los principales agentes contaminantes presentes en dicha subcuenca.
Los análisis de los elementos evaluados reportaron concentraciones, expresadas en mg/kg, de aluminio 1,3167; arsénico 0,1062; cadmio 0,01056; cobre 1,56238;

manganeso 0,48139; mercurio con valores inferiores a 0,00009; y plomo 0,0019. Estas cifras superan los límites establecidos por la normativa para cuerpos de agua.

Huaranga et al. (2022) desarrollaron la investigación “Contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú” sustentada en la Universidad Nacional de Trujillo. Se realizaron ocho muestreos del agua del río Moche, y cuatro para suelos y cultivos. La metodología empleada fue la espectrofotometría de absorción atómica; donde concluyen que las concentraciones son elevadas reportando los siguientes resultados en ppm: Fe 83,400, Pb 0,820, Cd 0,012, Cu 1,240, Zn 0,380, y As 0,016.

Andrade et al. (2020) consideraron como objetivo determinar en la bahía al interior de Puno, la presencia de metales pesados en suelos agrícolas. Se identificaron seis zonas para le recolección de muestras. A 30 cm de profundidad del suelo se recolectaron las muestras, aplicándose el método de zigzag. Se utilizó la espectrometría de emisión óptica. Se encontró valores en mg/kg: para el Plomo (505,2) y Arsénico (40,19), los cuales superan los parámetros establecidos.

Según Fernández et al. (2022), en su trabajo de investigación, donde el objetivo fue evaluar el nivel de contaminación de suelo por metales pesados en Tiquillaca (Perú), utilizando el método de espectrofotometría de emisión óptica. Se logró demostrar que los Índices de geo acumulación en ppm para: As 15,8 concentración máxima, Cd 2,2 concentración máxima y Pb 679,9 concentración máxima. Estos resultados permitieron evaluar y demostrar que los residuos minero están contaminado el suelo en la región de los Andes.

Huaranga et al. (2022) en la investigación, “Fitoextracción de Pb, As y Cd, presentes en suelos agrícolas contaminados por relaves mineros por el “maíz” (Zea mays L.) y “beterraga” (Beta vulgaris L.)” obtuvo resultados que indican, que las partes altas de las cuencas están siendo contaminadas por la industria minero-metalúrgica, donde impactan de forma negativa. La espectrofotometría fue el método utilizado y los resultados que se obtuvieron, indican valores en partes por millón en la raíz, alrededor de 432,95 para plomo, 3,89 para arsénico y 13,88 para cadmio.

1.2.3. Regionales

Los resultados obtenidos por Tineo y Periche (2018) en la investigación, “Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del rio Tumbes”, muestran que los niveles de contaminantes químicos en los suelos agrícolas en ppm son: Cromo 3,26, Manganeso 105,08, Cobalto 2,91, Níquel 1,52, Cobre 6,59, Zinc 24,96, Arsénico 2,48, Cadmio 0,26 y Plomo 6,17. Además, indicaron que estos resultados sobrepasan los valores promedio de los países europeos.

Según Gavilánez (2016) en su trabajo de investigación, concluye que no es recomendable el consumo directo por parte de la población, de las aguas superficiales del rio Tumbes, debido a que la concentración de Plomo rebasa los estándares de calidad de agua, en un porcentaje promedio del 26,74% (de 0,05 mg/L al 0,3174 mg/L).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es un estudio Ex – Post facto Prospectivo, pues se midió como influye, el agua en la contaminación de los suelos agrícolas por elementos químicos pesados, en el distrito de Pampas de Hospital.

1.4. El diseño de investigación es descriptiva comparativa.

1.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

1.5.1. Tipo de muestreo.

Se hizo un muestreo por Identificación (MI), el cual tiene por objetivo investigar si las muestras representativas de suelo cumplen o no con lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM (Anexo 5).

1.5.2. Localización, distribución y número de puntos de muestreo

El área está localizada en el distrito de Pampas de Hospital. La distribución será: Pampas de Hospital como capital de distrito veinticinco (25) muestras (Anexo 6) y en el caserío de Becerra quince (15). Se han analizado un total, cuarenta (40) muestras. (Anexo 7)

1.5.3. Profundidad de muestreo

Cada punto de muestreo se hizo a 30,0 cm, teniendo en cuenta la Tabla 2 de la Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM. (Anexo 8)

1.5.4. Tipos de muestras

Todas las cuarenta (40) muestras, han sido muestras compuestas.

1.5.5. Estimación del número total de muestras

Se ha utilizado la guía anterior, teniendo en consideración que el área de estudio es de 12,0 ha, y por interpolación se ha determinado que el número de muestras corresponde a 32,0, al cual tenemos que adicionarle el 10% según la guía; determinándose para el presente trabajo de investigación cuarenta (40) puntos de muestreo.

1.5.6. Parámetros de campo

Para el presente estudio se ha analizado mercurio, plomo, cadmio, cromo y arsénico. Los cuales tienen que ser comparados con ECAS para suelos.

1.5.7. Equipo de muestreo de suelo

Se ha utilizado: palas, espátulas, bolsas plásticas, baldes, lápices, marcadores y etiquetas, así como, cinta métrica, libreta de campo, cámara fotográfica.

1.5.8. Preservación de las muestras.

Para su conservación se mantuvieron en un cooler portátil y ubicado en lugares frescos. Las muestras fueron analizadas mediante la técnica de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS), en el Laboratorio Técnica y Proyectos S.A Sucursal de Perú, Laboratorio Acreditado por INCAL.

1.5.9. Tipo de recipientes y volumen de las muestras.

Las muestras se colocaron en un cooler portátil y el peso de cada muestra de suelo agrícola y de fondo, fue aproximadamente de 1,0 kg.

1.5.10. Procesamiento y análisis de datos.

Con respecto a los resultados obtenidos de los análisis de suelos, se ordenó estadísticamente la información, la cual ha sido obtenida en la fase de campo; para obtener promedios y así poder interpretar los resultados mediante gráficos que permitirá identificar si los suelos agrícolas están o no contaminados por metales pesados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Tabla 1. ***Niveles de concentración de metales pesados en suelos agrícolas de Pampas de Hospital***

Zona de muestreo	concentración de metales pesados en suelos agrícolas mg/kg				
	Mercurio	**Plomo**	**Cadmio**	**Cromo**	**Arsénico**
M_{1SAP}	0,0706	20,58	1,367	24,25	17,30
M_{2SAM}	0,1039	41,68	1,126	25,08	25,09
M_{3SAR}	0,0621	16,88	1,105	25,15	11,55
M_{4SAF}	0,1071	17,77	1,255	25,53	12,60
M_{5SAF}	0,0705	19,73	1,085	23,71	14,39
M_{6SAF}	0,1362	40,02	1,324	25,80	22,26
M_{7SAR}	0,0685	20,71	0,9989	24,77	17,13
M_{8SAR}	0,0845	41,22	1,108	23,12	25,77
M_{9SAM}	0,1150	49,74	1,358	26,26	33,86
M_{10SAP}	0,0876	36,80	1,300	24,03	21,68
M_{11SAP}	0,1095	40,82	1,380	25,01	22,39
M_{12SAM}	0,0775	19,47	1,287	26,64	14,63
M_{13SAM}	0,1070	25,15	1,375	29,74	19,92
M_{14SAR}	0,1064	24,85	1,286	27,65	19,22
M_{15SAF}	0,1023	38,83	1,278	24,08	21,83
M_{16SAF}	0,1106	47,67	1,309	25,77	30,95
M_{17SAR}	0,0950	38,92	1,335	27,04	22,85
M_{18SAM}	0,0637	18.93	1,138	1,138	15,84
M_{19SAP}	0,0583	16,86	1,108	24,16	15,12
M_{20SAP}	0,0585	18,08	1,171	23,30	14,88
Promedio	**0,08974**	**29,7355**	**1,234695**	**24,1114**	**19,963**

Tabla 2. ***Valores de Hg, Pb, Cd, Cr y As en suelos de fondo de Pampas de Hospital***

Lugar de muestreo	Valores en suelos de fondo mg/kg				
	Mercurio	**Plomo**	**Cadmio**	**Cromo**	**Arsénico**
M_{1SFP}	0,0478	9,869	0,9526	13,760	8,4570
M_{2SFP}	0,1359	11,82	1,3680	22,080	9,8996
M_{3SFM}	0,0476	12,85	1,0520	26,130	12,108
M_{4SFR}	0,0680	9,923	1,1290	22,940	9,8490
M_{5SFR}	0,1588	11,98	1,0660	24,570	10,780
Promedio	**0,09162**	**11,2884**	**1,11352**	**21,896**	**10,23312**

Tabla 3. ***Niveles de mercurio, plomo, cadmio, cromo y arsénico en suelos agrícolas del sector Becerra***

Zona de muestreo	Concentración y promedio de metales pesados mg/kg				
	Mercurio	**Plomo**	**Cadmio**	**Cromo**	**Arsénico**
M_{1SAB}	0,1174	12,12	0,4742	46,44	8,716
M_{2SAB}	0,1227	9,949	0,3099	45,15	10,60
M_{3SAB}	0,0595	9,074	0,2611	44,14	10,96
M_{4SAB}	0,0476	9,302	0,2602	40,75	10,14
M_{5SAB}	0,0476	8,202	0,3626	36,81	9,914
M_{6SAP}	0,0476	7,796	0,2191	37,18	9,185
M_{7SAP}	0,0476	7,527	0,2636	37,29	9,172
M_{8SAP}	0,0476	8,119	0,2362	41,00	10,08
M_{9SAP}	0,0476	9,059	0,2612	41,87	10,41
M_{10SAP}	0,0476	8,176	0,2928	39,69	9,993
Promedio	**0,06328**	**8,9324**	**0,29409**	**41,032**	**9,917**

Tabla 4. ***Partes por millón de metales pesados en suelos de fondo analizados en sector Becerra***

Zona de muestreo	Concentración y promedio en mg/kg				
	Mercurio	**Plomo**	**Cadmio**	**Cromo**	**Arsénico**
M_{1SFB}	0,0571	10,54	0,4893	45,96	7,037
M_{2SFB}	0,0476	9,015	0,4082	41,82	5,274
M_{3SFB}	0,0476	7,442	0,3042	36,51	4,26
M_{4SFB}	0,0476	7,418	0,2857	37,52	3,64
M_{5SFB}	0,0476	6,263	0,5389	21,38	5,173
Promedio	**0,0495**	**8,1356**	**0,40526**	**36,638**	**5,0768**

Figura 1: *Miligramos por kilogramo de mercurio en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.*

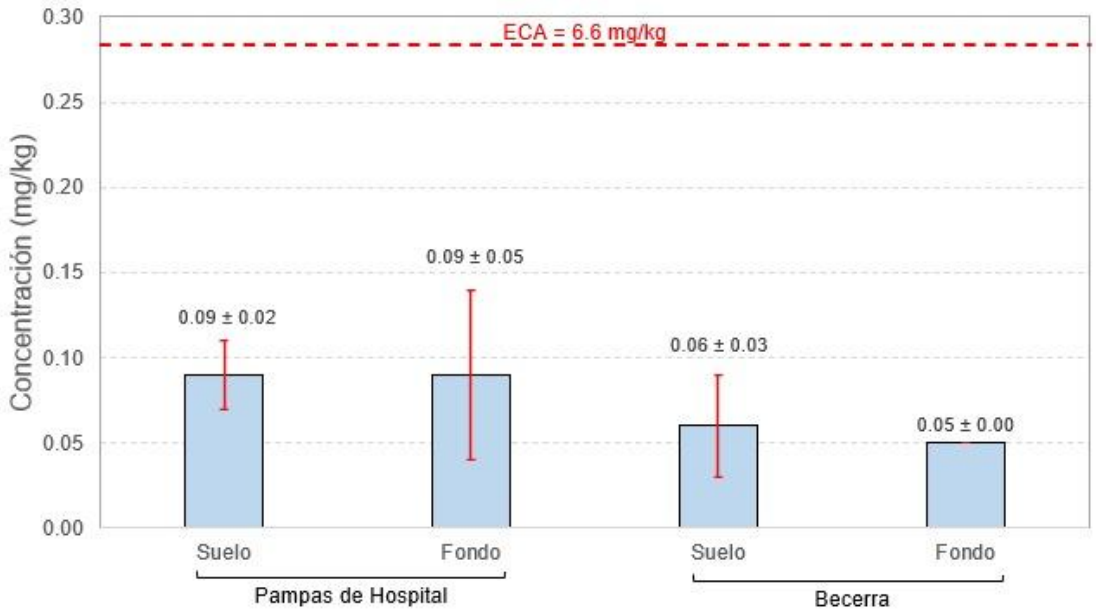


Figura 2: Resultados de Pb en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.

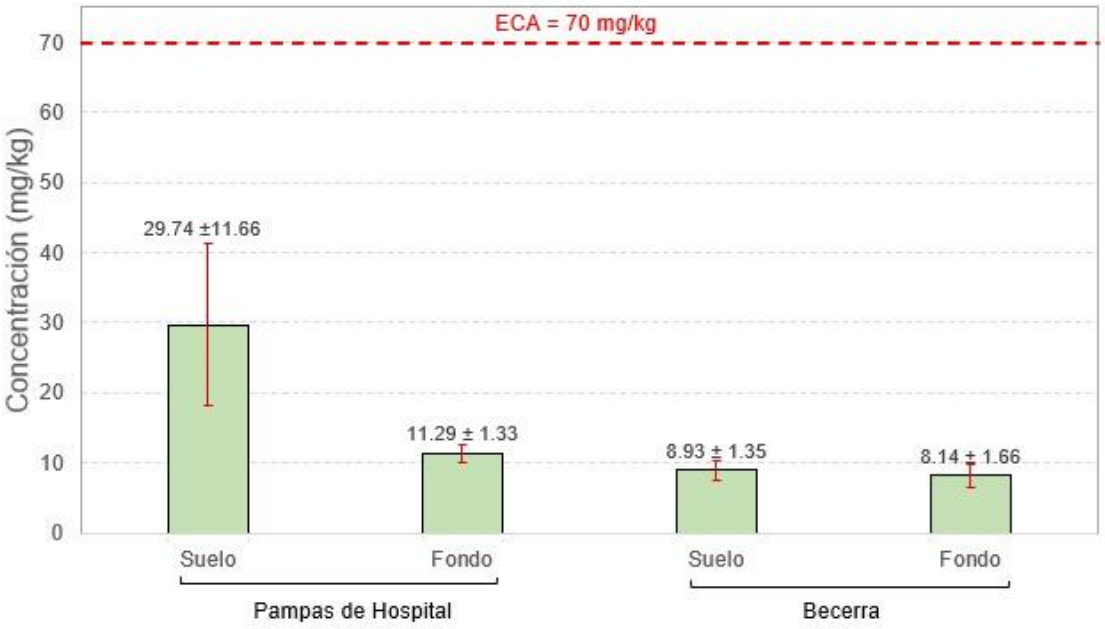


Figura 3: Concentración de cadmio en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.

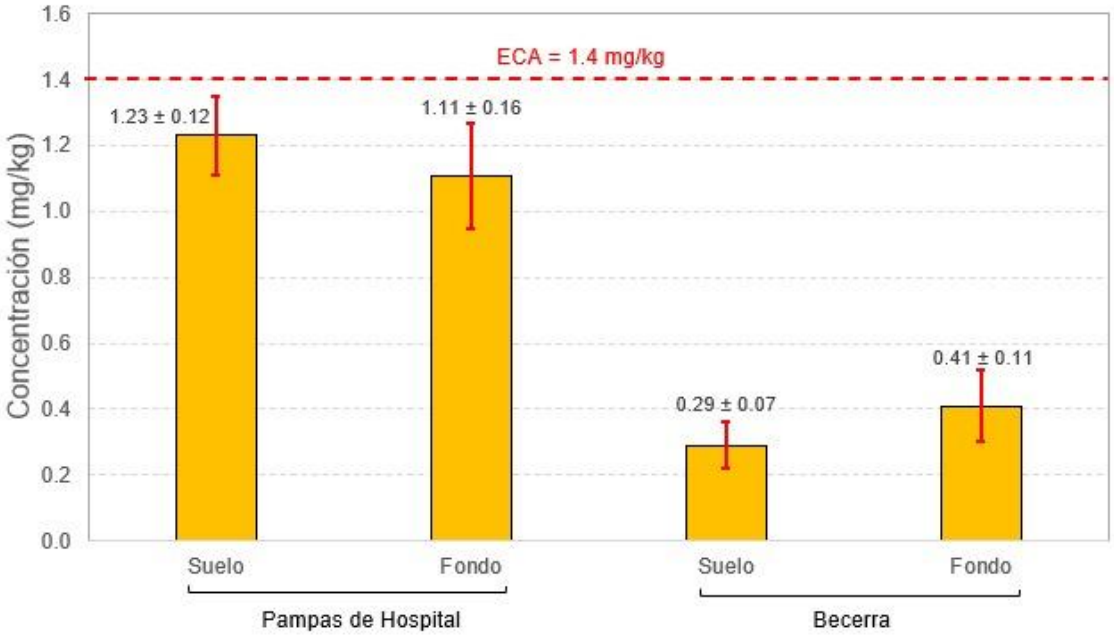


Figura 4: ppm de Cr en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.

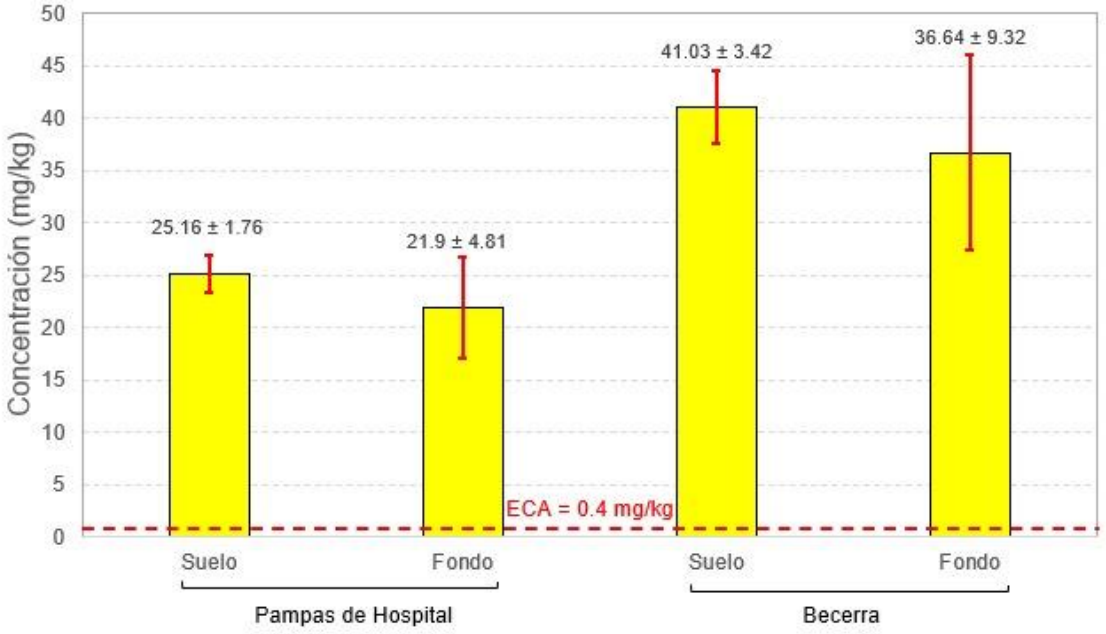


Figura 5: ***Concentración de arsénico en fondo y suelo agrícola en Pampas de Hospital y Becerra.***

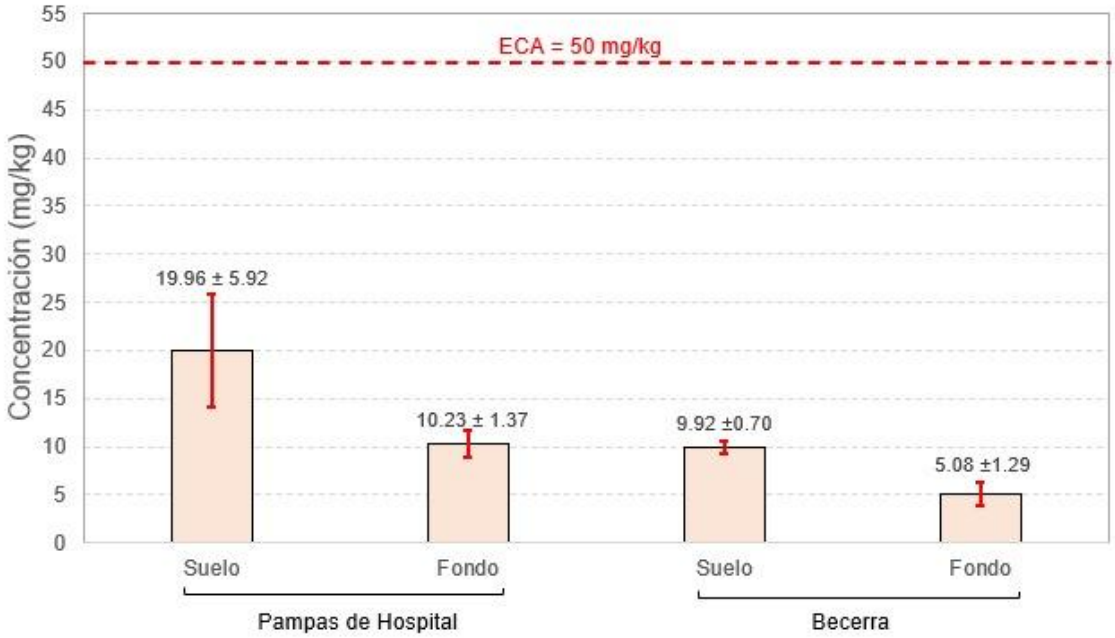


Figura 6: ***Valores promedio de pH en suelo agrícola y fondo en Pampas de Hospital y Becerra.***

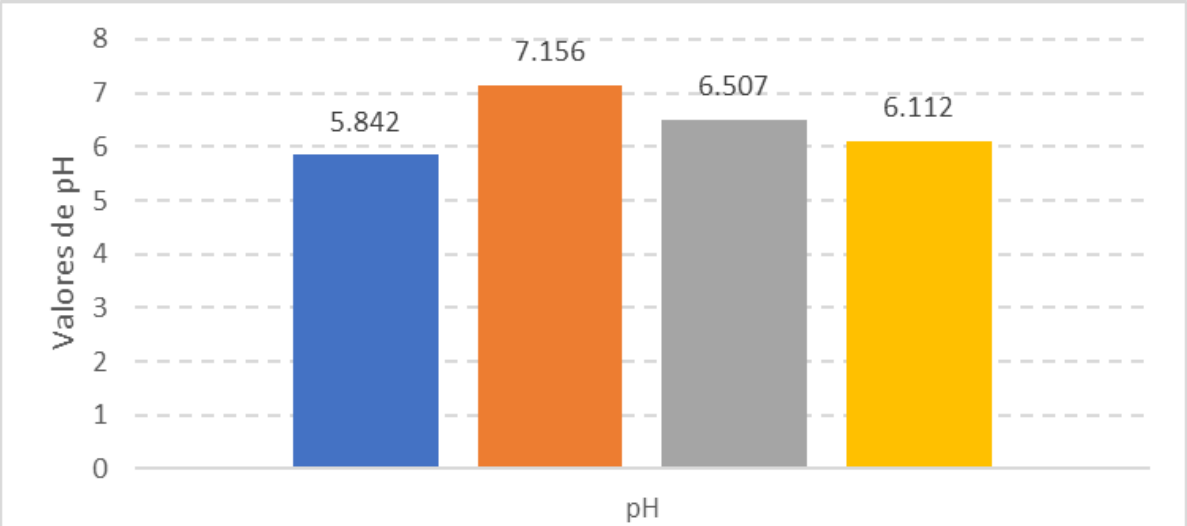


Figura 7. Valores promedio de pH en suelo agrícola y fondo en Pampas de Hospital y Becerra

4.2 DISCUSIÓN

Podemos observar que el promedio de Mercurio, en suelos agrícolas, presenta el valor de 0,08974 mg/kg en la zona de Pampas de Hospital y 0,06328 mg/kg para el sector Becerra, valores que son similares a lo encontrado por Feijoó (2009) 0,063 mg/kg para el mercurio, pues están por debajo del Estándar para suelos que es 6,6 ppm para el Hg; el valor de fondo para suelos en Pampas de Hospital es de 0.09162 ppm y 0.0495 ppm para la zona de Becerra, los cuales están también por debajo de ECA para suelos.

El Plomo, tiene un valor promedio de 29,7355 mg/kg para el suelo agrícola en Pampas de Hospital y 8,9324 mg/kg para Becerra, valores que concuerda con lo encontrado por Tineo y Periche (2018), y Feijoó (2009) en la margen izquierda del rio Tumbes donde los valores son de 6,17 mg/kg, y 34,219 mg/kg respectivamente, en el sentido que no superan el ECA para suelos agrícolas que es de 70 mg/kg; el valor de fondo para suelos en Pampas de Hospital es de 11,2884 ppm y 8.1356 ppm para la zona de Becerra, los cuales están también por debajo de ECA para suelos.

Para el Cadmio con un ECA de 1,4 mg/kg, presenta el resultado promedio de 1,234695 mg/kg para el suelo agrícola de Pampas de Hospital y 0,29409 mg/kg

en promedio para el suelo agrícola de Becerra, valores que se relacionan con lo encontrado por Tineo y Periche (2018) igual a 0,26 mg/kg y Feijoó (2009) 1,0778 mg/kg, los cuales no superan los ECAs para el Cd; el valor de fondo para suelos en Pampas de Hospital es de 1,11352 ppm y 0,40526 ppm para la zona de Becerra, los cuales están también por debajo de ECA para suelos.

El Cromo con un ECA de 0,4 mg/kg para cromo hexavalente (Cr^{6+}), presenta valores como cromo total de 41,03 mg/kg el más alto para el suelo agrícola de Becerra y el más bajo de 21,9 mg/kg para el suelo de fondo en Pampas de Hospital.

El Arsénico presenta el valor promedio de 19,963 mg/kg en suelos agrícolas de Pampas de Hospital y 9,917 mg/kg en el sector de becerra, valores análogos a lo encontrado por Tineo y Periche (2018) cuyo valor es de 2,48 mg/kg y por Feijoó (2009) con un valor de 26,6 los cuales no superan el ECA para suelos agrícolas que es de 50 mg/kg; el valor de fondo para suelos en Pampas de Hospital es de 10,23312 ppm y 5,0768 ppm para la zona de Becerra, los cuales están también por debajo de ECA para suelos.

Los resultados de pH, nos muestran valores promedio de 5,842 para el valor más bajo que se presenta en suelos agrícolas de Pampas de Hospital, y el más alto de 7,156 para suelos de fondo de la misma zona.

Los resultados del análisis de la pulpa de banano nos reportan los siguientes valores: mercurio < 0,0159 mg/kg, plomo < 0,0092 mg/kg, cadmio < 0,006, cromo < 0,0198 y arsénico < 0,0188 mg/kg, valores que están por debajo de acuerdo con el Codex Alimentario de la OMS.

V. CONCLUSIONES

1. El agua del rio Tumbes que se utiliza para irrigar las parcelas agrícolas de Pampas de Hospital materia del presente estudio, no está causando contaminación por metales pesados como: Mercurio, Plomo, Cadmio, Cromo y Arsénico a los suelos agrícolas.

2. El agua de la quebrada Cabuyal que se utiliza para irrigar las parcelas agrícolas del sector de Becerra en el distrito de Pampas de Hospital materia del presente estudio, no está causando contaminación por metales pesados como: Mercurio, Plomo, Cadmio, Cromo y Arsénico a los suelos agrícolas.

3. El suelo de fondo en los dos sectores, Pampas de Hospital y Becerra presenta valores de Hg, Pb, Cd, Cr y As por debajo del ECA para suelos agrícolas.

4. Los niveles de potencial de hidrógeno (pH) para los suelos agrícolas y suelos de fondo de las zonas de investigación (Pampas de Hospital y Becerra), así como el suelo de fondo, se encuentran en el rango establecido para suelos de uso agrícola que es un pH de 5,8 a 7,5.

5. Las muestras de pulpa de banano analizadas en las dos zonas de estudio, no se encuentran contaminadas por metales pesados, presentan valores por debajo de los límites de detección del equipo de análisis, por lo consiguiente no superan los límites establecidos por el Codex Alimentario de la OMS.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar nuevos análisis de suelos, tomando las muestras a 10 cm de profundidad.

2. Incluir nuevos estudios que impliquen análisis del rizoma de las plantas de banano.

3. Considerar nuevas áreas de estudio, las cuales deben estar ubicadas aguas arriba y agua debajo de la zona muestreada.

4. Hacer análisis del agua específicamente del canal de irrigación Santa María – Pampas de Hospital.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS

Agricultura, O. D. (2022). Evaluación mundial de la contaminación del suelo. Roma: Representantes de las Agencias de las Naciones Unidas.

Aguilar, J., Dorronsoro, C., Gómez, J., & Galan , E. (1999). Los criterios y estandares para declarar un suelo contaminaado en Andalucia y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para suinvestigación. *Consejería de medio ambiente de la junta de Andalucía*, 5.

Alban, L., & Calle, J. (2019). Metales Pesados en Mangifera Indica L. Cultivada a Orillas del Rio Amarillo y su Repecución Socioambiental.Año 2019. 10.

Álvarez, R., Cervantes, M., Gonzales, A., & Alcaraz, C. (2011). Dinámica de metales traza en suelos contaminados por residuos mineros sometidos a inundación prolongada. *V Simposio nacional sobre control de la degradación y uso sostenible del suelo*, 255.

Ambiente, M. d. (2014). *Guía para el muestreo de suelos.* Perú: Mavet Impresiones E.I.R.L.

Andrade, K., Castillo, I., & Quispe, R. (2020). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas y suelos para cultivo solanum tuberosum de la bahia inerior de Puno. *Investigación & Desarrollo*, 152.

Balarezo, J. F. (2014).

Bautista, F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación de suelos por metales pesados. *Ediciones de la Universidad autónoma de Yucatán*, 6.

Belmonte, F., Romero, A., Alonso, F., Moreno, J., & Rojo, S. (2010). Afección de Suelos Agrícolas por Metales Pesados en Áreas Limítrofes a Explotaciones Mineras del Sureste de España. *Papeles de Geografía*, 2.

Belmonte, F., Romero, A., Alonso, F., Moreno, J., & Rojo, S. (2010). Afección desuelos agrícolas por metales pesados en áreas limítofes a explotaciones mineras del sureste de España. *Papeles de Geografía*, 53.

Bernal, M., Clemente, R., Vásquez, S., & Walker, D. (2007). Aplicación de la fitoremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar. *Asociación española de ecología terrestre*, 67.

Brizuela, J., & Jimenes, Y. (2012). Metodologias aplicadas para el establecimiento de los niveles de referencia para metales pesados en la evaluación de la contaminación de suelos. *Avsnces en Química*, 107.

Cai, L., Xu, Z., Ren, M., Guo, Q., Hu, X., Hu, G., . . . Peng, P. (2011). Identificación de la fuente de ocho metales pesados peligrosos en suelos agrícolas de Huizhou, provincia de Guandong, China. *Elseiver*.

Calagua, D., Fernández, F., & Luque, J. (2014). Guia para el muestreo de suelos. *Ministerio del ambiente*, 5.

Chang, R. (1997). *Química.* Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MEXICO, S. A.

D. W. (2016). EStratégia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú. *Revista del instituto de investigación, FIGMMG-UNMSM*, 104,105.

Díaz, W. (2016). Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú. 105.

Espinoza, G., Cardenas, J., & Echegaray, N. (2022). Presencia de Metales Pesados en Suelos Agrícolas de la Subcuenca Llallimayo, Departemento de Puno. *REvista de Investigación en Ciencia y Tecnología*, 1.

FAO. (2022). *Evaluación Mundial de la Contaminación del Suelo.* Roma: Representantes de las Agencias de las Naciones Unidas .

Feijoó (2020). Evaluación del contenido de metales pesados en los suelos cultivados con Banano - Margen Izquierda del río Tumbes.

Fernández, B. H., Mullisaca, E., & Huanchi, L. E. (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsenico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). 137.

Galán, E., & Romero, A. (2016). *contaminación de suelos por metales pesados.* España.

García, A., Dafonte, J., & Paz, A. (2019). Niveles de Cd, Cr, Ni y Pb extra´dos mediante Mehilich y DTPA en un suelo agrícola sobre sedimentos cuaternarios. *Fundación Dialnet*.

García, C., Moreno, J., Hernández, T., & Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicancias en la calidad del suelo. *Ciencia y Mwedio Ambiente*, 129.

Gavilánez García, L. E. (2016). Estudio de la concentración del plomo en el agua del rio Tumbes periódo 2012 -2015 como causa de la minería aurífera y su relación con la salud de los pobladores del caserío de Rica Playa - Tumbes 2016.

Herrera, T. (2011). La contaminación con cadmio en suelos agrícolas. *Venesuelos*, 42.

Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Bernui Paredes , F., Costilla Sánchez, N., & Huaranga Arévalo, F. (2022). Fitoextracción de Pb, As, y Cd presentes en suelos agrícolas contaminados por relaves mineros poe el maíz (zea mays L.) y "beterraga (Beta Vulgaris L.). *ArnaldoA*, 20.

Huaranga, F., Méndez, E., Bernui, F., & Costilla, N. (2022). Fitoextracción de Pb, As y Cd presentes en suelos agrícolas contaminados por relaves mineros por el "maíz" (Zea mays L.) y "beterraga" (beta vulgaris L). *Arnaldoa*, 102.

Lema, L. (2022). Impacto de la Contaminación del Agua por Minería y Consecuencias en la Salud de la Población de El Oro. 19.

Ma, J., Lanwang, K., Liao, S., Zhong, B., Chen, Z., Ye, Z., & Liu, D. (2023). Prorraeteo y fuentes de aplicabilidad del modelo de contaminación por metales pesados en suelos de tierras agrícolas en base a tres modelos de receptores. *Elseiver*.

Martínez Alva, G., Gheno Heredia, Y. A., Vieyra Reyes, P., Martínez Campos, Á. R., Castillo Cadena, J., López Arriaga, J. A., & Manzur Quiroga, M. d. (2020). Geodisponibilidad de elementos potencialmente tóxicos en suelos . *Rev. Int. Contam. Ambie.*

Martínez, s., & gonzales, m. (2017). *contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera el Alacrán, Cordoba -Colombia.* colombia.

Martínez, Z., Gonzales , M., Paternina, J., & Cantero, M. (2017). Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, Zona mineral El Alacrán, Cordoba - Colombia. *Temas Agrarios*, 29.

Muñiz, O. (2022). Contenido de Metales Pesados Como Criterio de Calidad de Suelos. *Instituto de Suelos, Boyeros, La Habana, Cuba*, 1.

Ochoa, B. H. (s.f.).

Ordoñez, K. (2019). Evaluación de Arsénico en Agua y Sedimento del Rio Calera. Sector el Pache, Cantón Portovelo, Provincia de el Oro. 58.

Oviedo, R., Moina, Q., Naranjo, J., & Barcos, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Centro de investigaciones biotecnológicas del Ecuador*, 437.

Pérez, A. (2020). La agonia del rio Puyango - Tumbes y un proyecto binacional estancado. *Vistazo*, 4.

Pérez, I., & Romero, M. (2015). Uso de parámetros indirectos para la evaluación de la contaminación del suelo por metales pesados en una área minera de San Luís Potosí, México. . *Elseiver*.

Prieto, J., Gonzales, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 29.

Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., & Quintana, C. (2006). *Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera.* Perú.

Puño, N. (2016). Plan de manejo ambiental del recurso hídrico de la cuenca del rio Puyango Tumbes. *Revista de Investigación Cientifica Manglar*, 54.

Rueda, G., Rodríguez, J., & Madriñan, R. (2011). Metodológia para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica*, 204.

Tineo, B., & Periche, R. (2018). Evaluación del contenido de metales pesados en la margen Izquierda del Valle del Rio Tumbes y su Absorción por el Cultivo de Arroz Durante el Periódo Marzo - Julio 2018. 10.

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Coordenadas de suelo agrícola – Sector Pampas de Hospital

Número Informe de ensayo	Código de Laboratorio	Punto de muestreo Coordenadas UTM	Código muestra	Fundo
000151817	000138260	N:9592293 / E:561551	M_{1SAP}	Pacheco
000151818	000138261	N:9592378 / E:561490	M_{2SAM}	Marchan
000151819	000138262	N:9592406 / E:561496	M_{3SAR}	Rujel
000151820	000138263	N: 9592413 / E:561494	M_{4SAF}	Farías
000151821	000138264	N:9592506 / E:561538	M_{5SAF}	Farías
000151822	000138265	N:9592465 / E:561625	M_{6SAF}	Farías
000151823	000138266	N:9592383 / E:561640	M_{7SAR}	Rujel
000151824	000138267	N:9592350 / E:561622	M_{8SAR}	Rujel
000151825	000138268	N:9592314 / E:561619	M_{9SAM}	Marchan
000151826	000138269	N:9592277 / E:561627	M_{10SAP}	Pacheco
000151827	000138270	N: 9592215 / E: 561792	M_{11SAP}	Pacheco
000151828	000138271	N:9592248 / E:561811	M_{12SAM}	Marchan
000151829	000138272	N:9592323 / E:561824	M_{13SAM}	Marchan
000151830	000138273	N: 9592323 / E:561833	M_{14SAR}	Rujél
000151831	000138274	N:9592329 / E:561839	M_{15SAF}	Farías
000151832	000138275	N:9592254 / E:562044	M_{16SAF}	Farias
000151833	000138276	N:9592228 / E:562008	M_{17SAR}	Rujél
000151834	000138277	N:9592172 / E:561988	M_{18SAM}	Marchan
000151835	000138278	N: 9592144/ E:561975	M_{19SAP}	Pacheco
000151836	000138279	N:9592140 / E:561972	M_{20SAP}	Pacheco

Anexo 2

Coordenadas de suelo de fondo – Sector Pampas de Hospital

Número Informe de ensayo	Código de Laboratorio	Punto de muestreo Coordenadas UTM	Código muestra	Fundo
000151837	000138280	N:9592100 / E:562055	M_{1SFP}	Pacheco
000151838	000138281	N:9592089 / E:562076	M_{2SFP}	Pacheco
000151839	000138282	N:9592124 / E:562051	M_{3SFM}	Marchan
000151840	000138283	N:9592146 / E:562075	M_{4SFR}	Rujel
000151841	000138284	N:9592146 / E:562077	M_{5SFR}	Rujel

Anexo 3

Coordenadas de suelo agrícola – Sector Becerra

Número Informe de ensayo	Código de Laboratorio	Punto de muestreo Coordenadas UTM	Código muestra	Fundo
000151802	000138233	N:9587600 / E:565370	M_{1SAB}	Balladares
000151803	000138234	N:9587787 / E:565380	M_{2SAB}	Balladares
000151804	000138235	N:9587831 / E:565390	M_{3SAB}	Balladares
000151805	000138236	N:9587694 / E:565296	M_{4SAB}	Balladares
000151806	000138237	N:9587682 / E:565305	M_{5SAB}	Balladares
000151807	000138238	N:9587630 / E:565370	M_{6SAP}	Preciado
000151808	000138239	N: 9587543/ E:565368	M_{7SAP}	Preciado
000151809	000138240	N:9587719 / E:565336	M_{8SAP}	Preciado
000151810	000138244	N:9587793 / E:565375	M_{9SAP}	Preciado
000151811	000138246	N:9587815 / E:565383	M_{10SAP}	Preciado

Anexo 4

Coordenadas de suelo de fondo – Sector Becerra

Número Informe de ensayo	Código de Laboratorio	Punto de muestreo Coordenadas UTM	Código muestra	Fundo
000151812	000138247	N:9587944 / E:565408	M_{1SFB}	Balladares
000151813	000138248	N:9587840 / E:565413	M_{2SFB}	Balladares
000151814	000138250	N:9587789 / E:565485	M_{3SFB}	Balladares
000151815	000138252	N:9587974 / E:865410	M_{4SFB}	Preciado
000151816	000138254	N:9587900 / E:565428	M_{5SFB}	Preciado

Anexo 5

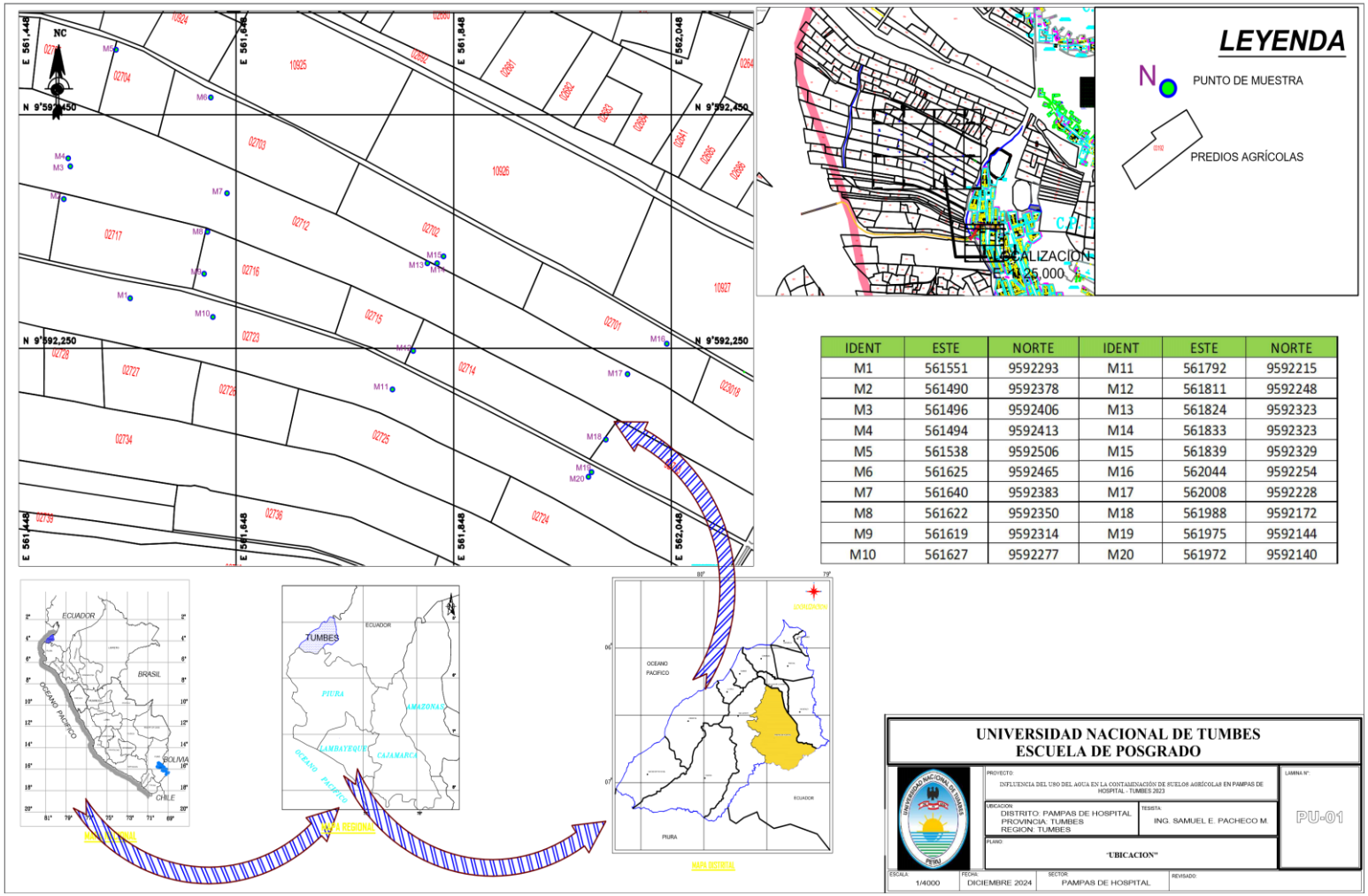
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I	**ORGÁNICOS**				
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B – EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B – EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B – EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)		11	11	11EPA 8260-B – EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1200	1200	5000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg - MS)	3000	3000	6000	EPA 8015-D
9	Benzo (a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS)	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS)	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II	**INORGÁNICOS**				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	A/APHAAWWAWEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS)	50	50	140	EPA 3050-B - EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS)	750	500	2000	EPA 3050-B - EPA 3051
18	Cadmio total (mg/kg MS) (	1,4	10	22	EPA 3050-B - EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS)	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS)	70	140	1200	EPA 3050-B - EPA 3051

Decreto Supremo N° 002 – 2013 – MINAM

ANEXO 6

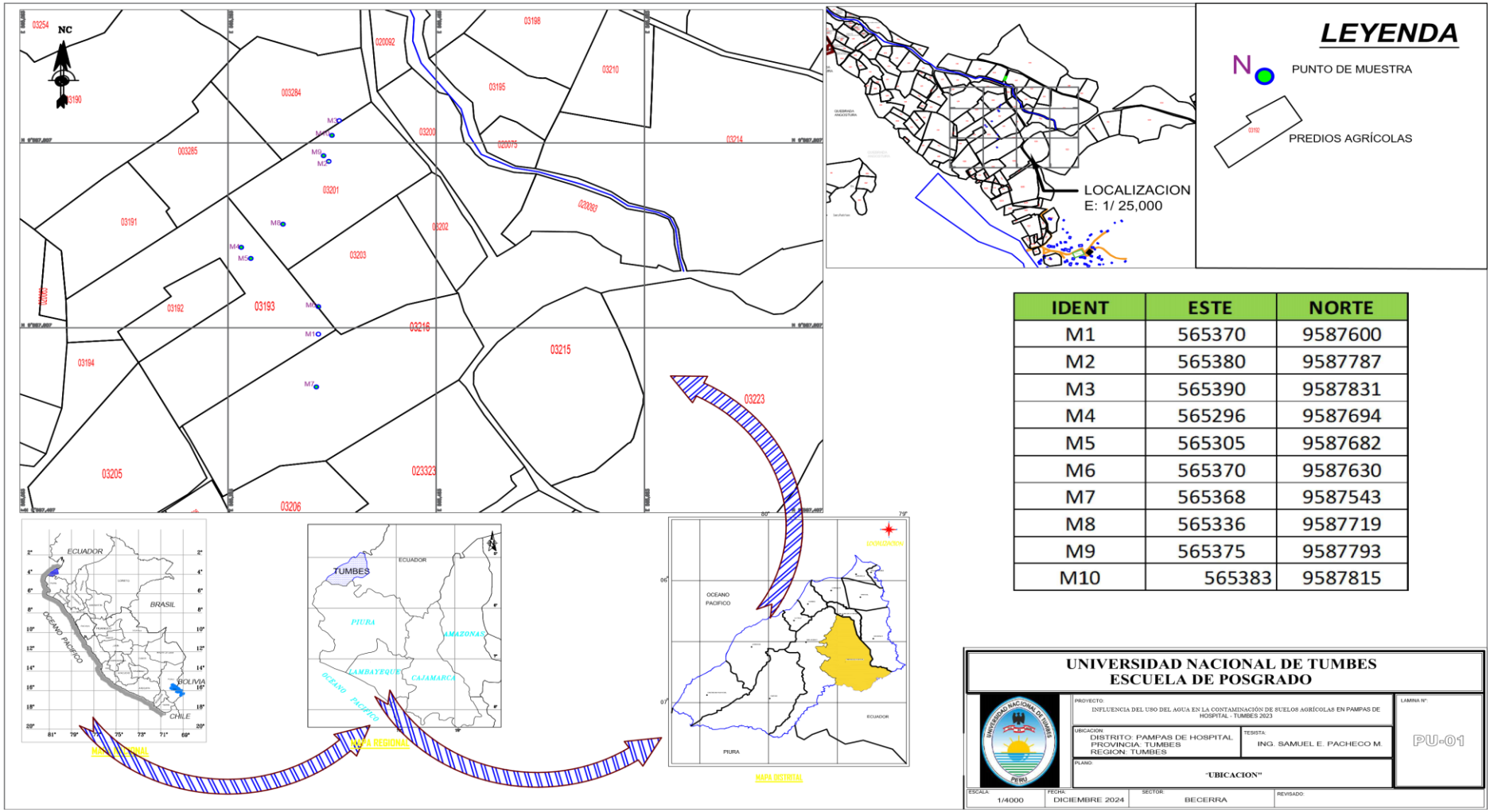
Georreferenciación de muestras de suelo agrícola y suelo de fondo en el sector Pampas de Hospital



IDENT	ESTE	NORTE	IDENT	ESTE	NORTE
M1	561551	9592293	M11	561792	9592215
M2	561490	9592378	M12	561811	9592248
M3	561496	9592406	M13	561824	9592323
M4	561494	9592413	M14	561833	9592323
M5	561538	9592506	M15	561839	9592329
M6	561625	9592465	M16	562044	9592254
M7	561640	9592383	M17	562008	9592228
M8	561622	9592350	M18	561988	9592172
M9	561619	9592314	M19	561975	9592144
M10	561627	9592277	M20	561972	9592140

Anexo 7

Georreferenciación de muestras de suelo agrícola y suelo de fondo en el sector Becerra



IDENT	ESTE	NORTE
M1	565370	9587600
M2	565380	9587787
M3	565390	9587831
M4	565296	9587694
M5	565305	9587682
M6	565370	9587630
M7	565368	9587543
M8	565336	9587719
M9	565375	9587793
M10	565383	9587815

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO

PROYECTO: INFLUENCIA DEL USO DEL AGUA EN LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN PAMPAS DE HOSPITAL - TUMBES 2023

UBICACION: DISTRITO: PAMPAS DE HOSPITAL, PROVINCIA: TUMBES, REGION: TUMBES

TESISTA: ING. SAMUEL E. PACHECO M.

PLANO: "UBICACION"

LAMINA N°: PU-01

ESCALA: 1/4000 | FECHA: DICIEMBRE 2024 | SECTOR: BECERRA | REVISADO:

Anexo 8

Tabla 2

Profundidad del Muestreo Según el Uso del Suelo

Usos del Suelo	Profundidad del Muestreo (capas)
Agrícola.	0 – 30 cm (1)
	30 – 60 cm
Residencial/Parques	0 – 10 cm (2)
	10 – 30 cm (3)
Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

Guía para el muestreo de suelos del MINAM