

UNISCJSA



**Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central
“Juan Santos Atahualpa”**

Repositorio Institucional

**DISTRIBUCIÓN DE FUENTES Y MAPEO DE RIESGOS ECOLÓGICOS
Y PARA LA SALUD DE METALES EN SUELOS AGRÍCOLAS
UTILIZANDO EL MODELO DE FACTORIZACIÓN DE MATRIZ
POSITIVA (PMF) Y GIS EN LA SELVA CENTRAL**

<https://repositorio.uniscjsa.edu.pe>



Contenido

ANEXO 01: FORMATO DE SOLICITUD DE POSTULACIÓN	1
ANEXO 02: FORMATO DE PRESENTACIÓN Y DATOS DE INVESTIGADORES	2
ANEXO 03: FORMATOS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CUANTITATIVOS Y TECNOLOGICOS	4
I. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	7
1.1. Título	7
1.2. Investigadores participantes	7
1.3. Filiación de cada Investigador	7
1.4. Línea y área de investigación	7
1.5. Facultades, escuelas y/o filiales donde se desarrolla el proyecto	7
1.6. Tipo de proyecto	7
1.7. Programas académicos vinculados a la investigación	8
1.8. Fuente de financiamiento	8
II. RESUMEN	8
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3.1. Determinación del problema	8
3.2. Determinación del problema	9
3.3. Objetivos	10
3.4. Justificación	10
3.5. Importancia y alcance de la investigación	11
3.6. Limitaciones de la investigación	11
3.7. Viabilidad y sostenibilidad	11
IV. ASPECTOS TEÓRICOS	12
4.1. Antecedentes	12
4.2. Bases teóricas	13
4.3. Definición conceptual	13
V. HIPOTESIS, VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	14
5.1. Hipótesis central	14
5.2. Variables	14
VI. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	15
6.1. Tipo y Nivel de investigación	15
6.2. Método y diseño de la investigación	15
6.3. Población y Muestra	15
6.4. Variables y Operacionalización	15
6.5. Técnicas e instrumentos para recoger información o experimentar	16
6.6. Tratamiento estadístico de datos	17

VII.	CONSIDERACIONES ETICAS	18
VIII.	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	18
	8.1. Recursos humanos e institucionales (investigadores, equipamiento, ambiente y otros)	18
	8.2. Materiales	19
	8.3. Presupuesto	19
	8.4. Cronograma de trabajo	20
	8.5. Resultados esperados y medios de publicación	22
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22
	ANEXO 05: DECLARACIÓN JURADA DEL INVESTIGADOR	24
	ANEXO 06: MATRIZ DE CONSISTENCIA	Error! Bookmark not defined.
	ANEXO 07: INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS.	Error! Bookmark not defined.
	ANEXO 08: REPORTE DE TURNITIN.....	Error! Bookmark not defined.

I. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Título

Distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central

1.2. Investigadores participantes

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO		
Nombres y Apellidos	DNI	Nivel
Alex Rubén Huamán De La Cruz	42547378	Investigador Coordinador
Armando Calcina Colqui	16132314	Co-investigador
Leandro Eduardo Romero Meneses	20030085	Co-Investigador
Ronald Jacobi Lorenzo	43195309	Gestor de proyectos
Davila Paucarhuanca Jenifer Noemi	77210297	Tesista colaborador
Ramírez Rojas Keyko Lady	73361161	Tesista colaborador
Jefferson Rodrigues de Souza	Extranjero	Colaborador externo

1.3. Filiación de cada Investigador

Investigador	Filiación	País
Alex Rubén Huamán De La Cruz	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú
Armando Calcina Colqui	E.P. Ingeniería Civil - UNISCJSA	Perú
Leandro Eduardo Romero Meneses	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú
Ronald Jacobi Lorenzo	E.P. Ingeniería Civil - UNISCJSA	Perú
Davila Paucarhuanca Jenifer Noemi	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú
Ramírez Rojas Keyko lady	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú
Jefferson Rodrigues de Souza	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Brasil

1.4. Línea y área de investigación

Área: Calidad Ambiental

Línea de Investigación: Técnicas de tratamiento, control y mitigación de la contaminación ambiental

1.5. Facultades, escuelas y/o filiales donde se desarrolla el proyecto

El proyecto será realizado en la facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil

1.6. Tipo de proyecto

El proyecto es de tipo básico y Experimental. Básico por que se generara conocimientos de que metales y en que concentraciones se

encuentran en suelos agrícolas de la Selva Central. Asimismo, se evaluará el mediante un mapeo de riesgo ecológico y riesgo para la salud de los metales utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS.

1.7. Programas académicos vinculados a la investigación

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y sus diversas actividades académicas y de investigación relacionado al análisis, contaminación y tratamiento de suelos agrícolas contaminados por metales.

1.8. Fuente de financiamiento

Fuente de financiamiento será interno

II. RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo identificar las fuentes de emisión de contaminantes de metales pesado, principalmente en el suelo agrícola de la selva Central. La distribución de los metales en los suelos de la ciudad de La Merced y Pichanaqui (áreas de estudio) serán realizados a través de mapas utilizando el ArcGIS. Análisis fisicoquímico (pH, textura, conductividad eléctrica, materia orgánica, humedad, NPK, entre otros) del suelo será realizado en todas las muestras colectadas. La cuantificación de metales (ejemplo, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni y Pb) será usando la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). La identificación y contribución (%) de los metales pesados se realizará usando el modelo de factorización de la matriz positiva (PMF) del EPA. Una vez concluido, este trabajo se entenderá mejor que como los metales y en que concentración y como se distribuyes a través de los 80 puntos de colecta realizadas en las áreas de estudio. Será evaluado el impacto sobre la ecología y la salud humana. Esta información será de vital importancia para detectar los puntos críticos, así como para la toma de decisiones e intentar de dar soluciones correctas como por ejemplo el de recuperar áreas o suelos degradados y conocer su posible fuente contaminante.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Determinación del problema

- a) Relevancia de los resultados del estudio para la educación, ciencia, tecnología y/o el conocimiento

Educación: conocer más sobre que metales son esenciales para las plantas o cultivos, y saber qué metales son contaminantes, como estos se distribuyen y el riesgo ecológico y para las personas puedan provocar.

Ciencia: se cuantificará las concentraciones de diversos metales sobre los suelos agrícolas de la Selva Central (Merced y Pichanaqui) los cuales serán claves para poder explicar cómo estos metales ingresan al suelo, como se distribuyen, lo degradan, su fuente de emisión y riesgo sobre la ecología y la salud humana.

Tecnología: conociendo que metales están contenidos y su concentración en los suelos agrícolas, se propondría alternativas de solución o nuevas tecnologías para reducir sus concentraciones sobre las áreas degradadas o los impactos que estos podrían generar.

Conocimiento: información sobre que metales tóxicos se encuentran en suelos agrícolas son importantes para poder tomar decisiones correctas, así de aplicar los métodos y metodologías correctas para su recuperación.

- b) Impacto esperado de los resultados en el plano social (educación, empleo, medioambiente, salud, alimentación, producción, pobreza)

Los resultados aportaran con información relevante acerca la concentración de metales pesados presente en suelos agrícolas de la Selva Central (La Merced y Pichanaqui). Estas concentraciones que probablemente estén asociadas a diversas actividades antrópicas, como el uso de agroquímicos para acelerar la producción o crecimiento de sus cultivos que se vienen realizando en esta área de estudio, y que podría estar afectando la ecología y salud de la población, los cuales son cultivados sobre suelos contaminados, y que posteriormente son ingeridos como alimentos del día a día. Asimismo, un mejor control o reducción de ciertos elementos como el As, Cd, Pb y Cr que fueron ya detectados en plantaciones de cacao para exportación, ayudaría que las personas que se dediquen a este tipo de cultivo eviten problemas de superar los límites al momento de querer exportar sus productos.

- c) Importancia del tema para UNISCJSA, Escuela Profesional, Comunidad local o nacional.

Es importante para UNISCJSA debido a que los estudiantes en general entenderán que contaminantes metálicos son aquellos presentes en los suelos agrícolas que muchos de estos tienen. Asimismo, el impacto que tienen que los suelos agrícolas los contengan estos elementos que podrían causar riesgos ecológicos y daños sobre la salud humana. Además, estos elementos serán cuantificados usando equipos instrumentales que los estudiantes podrían aprender a usar el cual sería vital para su formación como estudiante e investigador. Toda esta información se usaría como punto de partida a aplicar futuros trabajos de fitorremediación, fitoextracción, o construir por ejemplo biofiltros de biocarbon u otra matriz orgánica a base de biomasa neta de la Selva central para tratar metales pesados que realmente sean el problema y no a través de preparaciones de muestras sintéticas de suelos que no se acerca a la realidad.

3.2. Determinación del problema

3.2.1. General:

¿Se podrá realizar la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central?

3.2.2. Específicos:

- ¿Es posible cuantificar las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni y Pb) en la superficie del suelo agrícola de la Selva central (La Merced y Pichanaqui)?

- ¿Será posible evaluar el riesgo ecológico causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central?
- ¿Será posible evaluar el riesgo para la salud causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central?
- ¿Es posible hacer los patrones de distribución espacial de los factores fuente de metales pesados?

3.3. Objetivos

3.3.1. General:

- Determinar la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central.

3.3.2. Específicos:

- Cuantificar las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni y Pb) en la superficie del suelo agrícola de la Selva central (La Merced y Pichanaqui).
- Evaluar el riesgo ecológico causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central;
- Evaluar el riesgo para la salud causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central
- Analizar los patrones de distribución espacial de los factores fuente de metales pesados.

3.4. Justificación

La determinación de que elementos de metales pesados y su concentración sobre suelos agrícolas de la Selva Central hasta ahora no se ha reportado en la literatura científica. Lo único que se sabe es que por ejemplo el cacao de exportación pasa el límite establecido de Cd para que este sea exportado. Aunque, muchas veces el suelo podría ser rico en este elemento, hay una alta probabilidad de que el Cd sea liberado por el uso indiscriminado de agroquímicos usado por los diferentes agricultores. Este proyecto permitirá que se conozca el estado actual de los suelos referente al contenido de metales sobre todo de aquellos tóxicos que degradan el suelo y que son

transferidos hacia los productos como el café, cacao, piña, etc. Además, se hará un comparativo con un suelo que no es de uso agrícola para dilucidar su origen, su distribución, el daño ecológico que pueda causar y el riesgo sobre la salud humana.

3.5. Importancia y alcance de la investigación

Proporcionar información relevante del contenido de metales pesados y de que metales están presentes en suelos agrícolas de la Selva Central.

Todos los suelos agrícolas donde se cultiven productos (café, cacao, kion, etc) de relevancia económica dentro de la Selva Central, específicamente de la Merced y Pichanaqui.

3.6. Limitaciones de la investigación

La limitación que tal vez tendríamos es que algunos suelos agrícolas no estén a disposición o no se pueda tomar muestras por estar muy lejos de la ciudad o las personas no quieran que muestreemos sus suelos.

3.7. Viabilidad y sostenibilidad

Viabilidad: El grupo cuenta con un grupo con alta experiencia, siendo que el investigador coordinador ostenta el NIVEL II – RENAVYT de investigador, y el más alto como investigador de la UNISCJA. Asimismo, tiene 15 años analizando, evaluando y cuantificando metales presentes en diferentes matrices (agua, suelo, aire, sedimento, cabello, sangre, etc).

Sostenibilidad: El investigador principal junto a otros colegas requirieron la compra del ICP-OES, equipo que cuantifica de forma multivariada casi toda la tabla periódica de metales en minutos. Además, está en proceso de llegada un analizador de carbono y equipo de generación de agua MilliQ o ultrapura que serpa necesario para analizar muestras ambientales de diversas matrices. Este equipo permitirá analizar no únicamente suelo, si no también plantas, frutos y otras matrices, haciendo posible inclusive que se presten servicios a entidades públicas, privadas o estudiantes que deseen obtener el grado académico (título, maestría, doctorado). Además, se tiene como colaborador externo a un investigador de grande renombre de Brasil, quien también trabaja bastante con el análisis de muestras ambientales usando equipos como SEM, FTIR, ICP-MS entre otros

IV. ASPECTOS TEÓRICOS

4.1. Antecedentes

Saha et al. (2022) usaron el modelo receptor positive matriz Factorization (PMF) para evaluar las concentraciones de los metales pesados presentes en el suelo superficial del Cerrito Blanco (San Luis de Potosí, México) y sus posibles fuentes e impactos que podrían causar. Asimismo, la distribución espacial de estos metales fue realizado usando el sistema de información geográfica (SIG). Este trabajo se enfocó en tener una base de la concentración de los metales pesados para un posterior control y tratamiento del suelo contaminado. En total se recolectaron 39 muestras de suelo superficial de los que se cuantificaron seis metales pesados (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, As, y Cd). De todos Cd y As superaron los valores estándar permisibles en alrededor 5.43 y 1.19 veces, respectivamente. El PMF reveló tres fuentes de emisión de contaminantes: i) fuentes naturales, ii) actividades mineras/industrialización y iii) aguas subterráneas.

Sun et al. (2019) tuvieron como objetivo caracterizar las diferencias en las concentraciones de elementos traza cuantificados en diferentes usos del suelo dentro de áreas periurbanas al este de China. Asimismo, se buscó identificar las posibles fuentes de emisión de estos contaminantes. En total se recolectaron 80 muestras de suelo, siendo 40 a tierras de cultivo, 29 de bosques y 11 de huertos. Metales como As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn fueron cuantificados. Los datos fueron evaluados aplicando estadística multivariada de correlación, regresión y análisis de componentes principales (PCA). Los resultados mostraron diferencia entre los elementos traza en función a los usos del suelo, especialmente para Cu, Cd, y Zn.

Wang et al. (2019) investigaron el contenido de diez metales pesados (As, Cu, Cd, Cr, Hg, Ti, Pb, V, Ni, y Zn) en muestras de tierra vegetal colectados de la ciudad de Puning, Provincia de Guangdong, China. Para la identificación de fuentes y su distribución fue aplicado una combinación de la geoestadística, análisis de correlación y el positive matriz factorization (PMF). Se obtuvieron cuatro factores i) Pb, Zn, y Cu relacionados a la emisión vehicular, ii) Hg y Cd que derivaron de actividades industriales (farmacéutica, textil, teñido, y reciclaje de desechos electrónicos), iii) Cr, V, Ni, y Ti, de la resuspension del suelo, y iv) As que fue liberado principalmente del

uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes para la agricultura.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Contaminación del suelo

Alteración, degradación o destrucción que ocurre en el suelo de manera directa o indirecta debido a la presencia de ciertas sustancias generadas por el hombre. El suelo usualmente se deteriora porque pierde carbono orgánico, ocurre la salinización, acidificación, compactación y la contaminación química (Soltani-Gerdefaramarzi et al. 2021).

4.2.2. Contaminación del suelo por metales

El suelo contaminado por metales potencialmente tóxicos se tornó en un problema ambiental mundial. Entre las fuentes que liberan metales se encuentran los geogénicos y los antrópicos, siendo el último con actividades industriales y agrícolas el principal responsable por la contaminación de los suelos. Un suelo contaminado por metales puede ser indicada cuando ocurre cambios en sus propiedades bioquímicas, microbiana y químicas o a través de las respuestas de las plantas que crecen o no sobre esta (Xin et al. 2022).

4.2.3. Positive Matrix Factorization (PMF) Model

El Modelo de Factorización de Matriz Positiva (PMF) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) es un modelo matemático de receptores que ofrece soporte para desarrollar e implementar estándares de calidad para el agua, aire y el análisis forense ambiental (EPA 2023). Este modelo PMF analiza una amplia gama de datos de muestras de matrices ambientales como, por ejemplo: agua superficial, sedimentos aire, deposición húmeda. Aquí el PMF reduce el número de variables para una combinación de especies conocidos como tipos contribuciones de fuentes. El origen de estos se identifica a través la comparación de los perfiles medidos. Las contribuciones se usan para saber cuánto contribuyó cada fuente dentro una muestra.

4.3. Definición conceptual

4.3.1. Suelo

Es una mezcla de aire, agua, minerales, organismos vivos y muertos conocidos como material orgánico (Soil Science 2023)

4.3.2. Contaminación

La contaminación ocurre cuando alguna cantidad o forma de energía ingresa al medio ambiente a una tasa más rápida del que se pueda dispersar o que se almacene de manera segura.

4.3.3. Metal

Conjunto de elementos de la tabla periódica cuya densidad es relativamente alta y muchos de estos son tóxicos, inclusive a concentraciones bajas. Entre estos se encuentran el Pb, Cd, As, Sn, Cu, Hg, etc.

4.3.4. Modelo de Factorización de matriz Positiva (PMF)

Modelo usado para identificar posibles fuentes de contaminación medido en diferentes matrices como agua, suelo, aire, etc.

V. HIPOTESIS, VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

5.1. Hipótesis central

H0: Se realizará la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central

Ha: No Se realizará la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central.

5.2. Variables

Variable independiente:

- tipo de suelo agrícola (cultivo de café, cocoa, otros)
- área geográfica (La merced, Pichanaqui)
- parámetros fisicoquímicos

Variable dependiente:

- Concentración de los metales en suelos agrícolas
- Calidad del suelo
- Riesgo ecológico
- Riesgo a la salud

VI. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. Tipo y Nivel de investigación

Tipo: Básica y Experimental debido a que se coleccionarán muestras de suelo los cuales serán tratadas y los metales cuantificados usando equipos como el espectrofotómetro de masa por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Básica porque se generarán conocimientos del contenido de metales en los suelos agrícolas, su distribución, el riesgo ecológico y para la salud.

Nivel de investigación: Experimento no controlado debido a que no se podrán controlar todas las variables intervinientes (que contaminante contiene un determinado suelo) y se tendrán grupos de control (suelo en su estado natural).

6.2. Método y diseño de la investigación

Método de investigación: Método deductivo.

Diseño de la investigación: Cuasi experimental, dado que no se tendrá control de todas las variables.

6.3. Población y Muestra

Población: Todos los suelos agrícolas de la Ciudad de La Merced y Pichanaqui

Muestra: mínimo 30 suelos agrícolas de cada ciudad en donde se cultiven café, cacao, kion y otros productos netos de la Selva Central. Todo dato, característica, y posicionamiento será anotado en una ficha de apuntes.

6.4. Variables y Operacionalización

	Dimensión conceptual	Dimensiones	indicadores	Unidad de medida
Variable independiente	Es un recurso natural que	Área geográfica (La	La Merced	

tipo de suelo agrícola (cultivo de café, cocoa, otros)	permite la producción de diversos productos agrícolas	merced, Pichanaqui) Parámetros fisicoquímicos	Pichanaqui pH Temperatura Porosidad	 oC (%)
Variable dependiente Concentración de los metales y Calidad del suelo	Cantidad de un elemento metálico que se encuentra dentro de una matriz ambiental	Concentración de los metales	Concentración mínima y máxima Concentración mínima y máxima	 μg/kg

6.5. Técnicas e instrumentos para recoger información o experimentar

Los suelos serán recolectados utilizando la guía para el muestreo del suelo desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) (MINAM 2014).

Además, se irá a áreas prístinas en donde el suelo se encuentre en su estado natural para poder usarlos como muestra control.

En total serán recolectadas 60 muestras (0 a 20 cm) de suelo agrícola (30 en Pichanaqui y 30 en La Merced) utilizando perforadora de suelo. Cada muestra estará compuesta de 3 submuestras adquiridas de una cuadrícula de tierra de 10 m x 10 m. Todas las muestras se secan a 50 °C durante 2 semanas, luego se molieron bajo una malla 100 y se pasaron a través de un tamiz de 2 mm (Jiang et al. 2023). Las muestras serán entonces atacadas químicamente, pesando aproximadamente 0,25 g de muestra de suelo y adicionado 3 mL de HNO₃ concentrado en una placa calefactora eléctrica). Los contenidos de los metales serán cuantificados por espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

6.5.1. Evaluación de riesgos potenciales para la salud ecológica

Evaluación de riesgos ecológicos potenciales

El índice de riesgo ecológico potencial es usado para evaluar el impacto potencial de

las contaminaciones en el entorno ecológico de acuerdo con la toxicidad de los metales y la respuesta del medio ambiente.

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times (C_m^i / C_R^i)$$

donde RI es el índice de riesgo ecológico potencial global para todos los metales; E_r^i es el índice de riesgo ecológico potencial de un solo metal pesado i ; T_r^i indica el coeficiente de la respuesta biológica tóxica del metal pesado correspondiente i , C_m^i y C_R^i son las concentraciones medida y el valor de referencia del metal i , respectivamente (mg/kg).

Evaluación de riesgos para la salud humana (HRA)

El riesgo a la salud usualmente se presenta a través de la ingestión oral directa, el contacto dérmico y la absorción por inhalación en un largo plazo en referencia a los metales pesados. El modelo de HRA propuesto por la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2011) es utilizado para que se evalúe de manera cuantitativa el riesgo potencial para la salud de elementos presentes en el cuerpo humano. Las dosis de exposición a través de la ingestión oral, el contacto dérmico y la inhalación se pueden calcular a través las ecuaciones a seguir:

$$ADI_{ing-i} = C_i \times \frac{IngR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times CF$$

$$ADI_{dermal-i} = C_i \times \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

$$ADI_{inh-i} = C_i \times \frac{InhR \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT}$$

donde ADI_{ing-i} , $ADI_{dermal-i}$ y ADI_{inh-i} , representan la ingesta diaria promedio de la ingestión del suelo, dérmica y la absorción por inhalación, respectivamente (mg/kg·día) (Jiang et al. 2023).

6.6. Tratamiento estadístico de datos

Los datos de la concentración de los metales serán tratados a través de la estadística descriptiva, usando medias y desvío estándar, los cuales serán expresados en tablas. Se hará el análisis de comparación múltiple de medias para ver si hay diferencias

significativas entre las muestras, tipo de suelo, y de la ciudad de donde fue colectado a través del análisis de ANOVA y subsecuente análisis de Tukey test. Además, se aplicará el factor de enriquecimiento en función a la muestra control para ver si esos suelos fueron influenciados por fuentes naturales o antropogénicas.

Todos los datos serán sometidos al modelo PMF para saber cuál es su posible fuente de contaminación usando para ello el modelo PMF 5.0 desarrollado por la EPA (EPA 2014).

Todos los tratamientos estadísticos serán realizados usando el software libre R (R Team Core 2019), versión 4.2.6., así como algunos paquetes.

La distribución de los metales en las dos ciudades será realizada a través del sistema de mapeamiento ArcGIS, versión 11.0

VII. CONSIDERACIONES ETICAS

En este trabajo no se trabajarán con humanos o animales
 Los datos obtenidos pertenecerán a los integrantes del grupo, y los trabajos que se logren será a nombre de todos los miembros, siempre en cuando aporten de manera científica. Además, si este proyecto fuese financiado todos los datos serán pertenecerán a la UNISCJSA.

VIII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

8.1. Recursos humanos e institucionales (investigadores, equipamiento, ambiente y otros)

Investigador	Filiación	País
Alex Rubén Huamán De La Cruz	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú
<ul style="list-style-type: none"> - Investigador RNACYT NIVEL II de la UNISCJSAA, y con mayor número de publicaciones a nombre de la la UNISCJSA. - Mayor nivel académico con Pos -PhD hecho en Brasil (maestría, doctorado y posdoctorado) - Amplio conocimiento en análisis de muestras ambientales - Manejo de equipos instrumentales, ICP-OES, ICP-MS, CI, TOC, UV-Vis, - Experto en redacción de artículos científicos en portugués e inglés. - Etc 		
Calcina Colqui, Armando	E.P. Ingeniería Civil - UNISCJSA	Perú
<ul style="list-style-type: none"> - Docente con amplia experiencia en investigación - 01 artículo publicado en SCOPUS 		

Etc			
Ronald Jacobi Lorenzo	E.P. Ingeniería Civil - UNISCJSA	Perú	
<ul style="list-style-type: none"> - Docente con amplia experiencia en investigación - 01 artículo publicado en SCOPUS 			
Pos-PhD. Jefferson Rodrigues de Souza	Universidad Federal Fluminense	Brasil	
<ul style="list-style-type: none"> - Investigador de Brasil - Profesor emérito - Posee más de 15 artículos científicos en revistas de alto impacto - Experto en manejo de ICP-MS, ICP-OES, etc - Experto en analizar datos - Experto en estadística avanzada - Experto en redacción de artículos en portugués e ingles 			
Davila Paucarhuanca Jenifer Noemi	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú	
<ul style="list-style-type: none"> - Estudiante egresada de la E.P. de Ingeniería Ambiental - Experta en muestreo de suelo y análisis de suelo - Experta en manejo de sistemas de información GIS 			
Ramírez Rojas Keyko lady	E.P. Ingeniería Ambiental - UNISCJSA	Perú	
<ul style="list-style-type: none"> - Estudiante egresada de la E.P. de Ingeniería Ambiental - Experta en muestreo de suelo y análisis de suelo 			
<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta a acceso a laboratorios especializados como el laboratorio de la UNISCJSA - LABSPECTRO – LABORATORIO DE ESPECTROMETRIA ATOMICA DE LA PUC – Rio de aproximadamente 700 m2, que cuenta con equipos como: <ul style="list-style-type: none"> ➤ -ICP-MS ➤ ICP-OES ➤ AAS LQA – LABORATORIO DE QUIMICA ATMOSFERICA DE LA PUC – Rio de aproximadamente 300 m², que cuenta con equipos como <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cromatógrafo de iones 			

8.2. Materiales

8.3. Presupuesto

TABLA 1: DE PRESUPUESTO

ÍTEM	ACTIVIDAD	CANT.	UNIDAD	MONTO PARCIAL (S/.)	MONTO TOTAL (S/.)
2	GASTOS OPERATIVOS				
2.1	Máquinas y equipos				

8.5. Resultados esperados y medios de publicación

- Sometimiento de al menos un artículo científico con los resultados de investigación en revistas indizadas (SCOPUS, WOS, y/o SCIELO).
- Participación en al menos un evento de nivel científico internacional o nacional.
- Al menos 02 tesis de pregrado para la obtención del título profesional
- Materiales de difusión de la investigación en diversos formatos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

EPA (2023) Positive Matrix Factorization Model for Environmental Data Analyses. In: United States Environ. Prot. Agency. <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>. Accessed 18 Aug 2023

EPA U (2014) EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 User Guide

Jiang W, Meng L, Liu F, et al (2023) Distribution, source investigation, and risk assessment of topsoil heavy metals in areas with intensive anthropogenic activities using the positive matrix factorization (PMF) model coupled with self-organizing map (SOM). *Environ Geochem Health* 45:6353–6370. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01587-8>

MINAM (2014) Guía para el Muestreo de Suelos

R Team Core (2019) A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing

Saha A, Gupta B Sen, Patidar S, Martínez-Villegas N (2022) Estimating Source Apportionment of Heavy Metals Contamination in Surface Soil Based on a Positive Matrix Factorization (PMF) Model around Cerrito Blanco in San Luis Potosi, Mexico. In: IECG 2022. MDPI, Basel Switzerland, p 19

Soil Science (2023) Soil Basics. In: Soil Sci. <https://www.soils.org/about-soils/basics/#:~:text=In short%2C soil is a,by people in numerous ways>. Accessed 18 Aug 2023

Soltani-Gerdefaramarzi S, Ghasemi M, Ghanbarian B (2021) Geogenic and anthropogenic sources identification and ecological risk assessment of heavy metals in the urban soil of Yazd, central Iran. *PLoS One* 16:1–14.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260418>

Sun L, Carey M, Yang L, et al (2019) Source Identification of Trace Elements in Peri-urban Soils in Eastern China. *Expo Heal* 11:195–207.

<https://doi.org/10.1007/s12403-018-0290-1>

Wang S, Cai LM, Wen HH, et al (2019) Spatial distribution and source apportionment of heavy metals in soil from a typical county-level city of Guangdong Province, China. *Sci Total Environ* 655:92–101.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.244>

Xin X, Shentu J, Zhang T, et al (2022) Sources, Indicators, and Assessment of Soil Contamination by Potentially Toxic Metals. *Sustain* 14:1–16.

<https://doi.org/10.3390/su142315878>

APÉNDICE

- a. Matriz de consistencia
- b. Instrumentos de recolección de datos
- c. Solicitud de permiso institucional en caso corresponda
- d. Reporte de Turnitin

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Operacionalización de las variables		Metodología
				Dimensiones	Indicadores	
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Se podrá realizar la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central?</p> <p><u>Problemas específicos</u></p> <p>¿Es posible cuantificar las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni y Pb) en la superficie del suelo agrícola de la</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Determinar la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central.</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <p>Cuantificar las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni y Pb) en la superficie del suelo agrícola de la Selva central (La Merced y Pichanaqui).</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>H0: Se realizará la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central</p> <p>Ha: No Se realizará la distribución de fuentes y mapeo de riesgos ecológicos y para la salud de metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de</p>	<p>V.I.</p> <p>Tipo de suelo agrícola (cultivo de café, cocoa, otros)</p> <p>➤ área geográfica (La merced, Pichanaqui)</p> <p>➤ parámetros fisicoquímicos</p>	<p>Áreas geográficas</p> <p>Parámetros fisicoquímicas</p> <p>- pH</p> <p>- Temperatura</p> <p>- CE</p> <p>- Dureza</p> <p>-</p>	<p>pH variación</p> <p>temperatura máxima y mínima</p> <p>oC</p>	<p><u>Tipo de estudio</u></p> <p>Básico – experimental</p> <p><u>Diseño de estudio</u></p> <p>Llongitudinal y experimental</p> <p><u>Población:</u></p> <p>Estará constituido por todos los suelos agrícolas de la ciudad de Pichanaqui y la Merced</p> <p><u>Muestra:</u></p> <p>30 muestras mínimo de suelos</p>

<p>Selva central (La Merced y Pichanaqui)?</p> <p>¿Será posible evaluar el riesgo ecológico causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central?</p> <p>¿Será posible evaluar el riesgo para la salud causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central?</p> <p>¿Es posible hacer los patrones de distribución espacial de los factores fuente de metales pesados?</p>	<p>Evaluar el riesgo ecológico causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central;</p> <p>Evaluar el riesgo para la salud causado por metales en suelos agrícolas utilizando el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central</p> <p>Analizar los patrones de distribución espacial de los factores fuente de metales pesados.</p>	<p>factorización de matriz positiva (PMF) y GIS en la Selva central.</p>	<p>V.D.</p> <p>Concentración de los metales en suelos agrícolas</p> <p>Calidad del suelo</p> <p>Riesgo ecológico</p>	<p>Concentración de metales $\mu\text{g}/\text{kg}$</p>	<p>agricolas de cada ciudad</p> <p><u>Técnicas e instrumentos</u></p> <p>Multiparametro Hanna Hi</p> <p>ICP-OES</p> <p>UV-Vis</p>
--	---	--	---	--	---

