UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD INORGÁNICA DEL SUELO CON FINES DE RECREACIÓN EN LA ZONA TURÍSTICA DE YARINACOCHA, PUCALLPA – PERÚ.

Tesis para optar el grado académico de MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

ANDREA HELEN RAMIREZ GONZALES

Pucallpa, Perú

2025

ACTA DE DEFENSA DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
ESCUELA DE POSGRADO

ANEXO Nº 4

ACTA DE DEFENSA DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACION PARA OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS

En la Sala de Grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las 7:30 horas, del día 11 de diciembre, ante el **Jurado** de Tesis o trabajo de investigación constituido por :

Dr. Fernando Perez Leal ..... Presidente
Dr. Manuel Rocha Gonzales ..... Secretario
MSc. Pablo Pedro Villegas Pandura ..... Vocal

El aspirante al **GRADO DE MAESTRO O MAESTRO ENCIENCIAS** en Medio Ambiente, Gestion Sostenible y Responsabilidad Social Mención:

Don(ña) Andrea Helen Ramirez Gonzales,

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis o trabajo de investigación, titulada:

"Determinación de la calidad inorgánica del suelo con fines de remediación en la zona turística de Yarinacocha, Pucallpa - Perú"

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
ESCUELA DE POSGRADO

a) Presentación personal
b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones
c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente
d) Dicción y dominio de escenario

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis o trabajo de investigación **las observaciones** siguientes:

.....
.....
.....
.....
.....

Obteniendo en consecuencia el Maestrista la **Nota** de Dieciocho (18)
Equivalente a Muy Bueno, por lo que se recomienda .....
(aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las 9:20 horas del 11 de diciembre del 2024

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N° **V/0289-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD INORGÁNICA DEL SUELO CON FINES DE RECREACIÓN EN LA ZONA TURÍSTICA DE YARINACOCHA, PUCALLPA – PERÚ.** "

Autor(es)	:	**RAMÍREZ GONZALES ANDREA HELEN**
Escuela	:	**POSGRADO**
Maestría	:	**CIENCIAS EN MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL.**
Asesor(a)	:	**Mg. VASQUEZ GOMEZ ROGER**

Presenta un **porcentaje de similitud de 9%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 20/06/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Andrea Helen Ramirez Gonzales

Autor de la tesis titulada : Determinación de la calidad inorgánica del Suelo con Fines de recreación en la zona turística de Yarinacocha, Pucallpa - Perú

Sustentada el año 2024

Asesor(a): M.Sc. Roger Vasquez Gómez

Escuela de Posgrado

Maestria: Medio Ambiente, Gestión Sostenible y Responsabilidad Social

Mención:

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 02 / 2025

Email: anherago@gmail.com Firma:

Teléfono: 963 656 129 DNI: 71051167

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada paso académico que he venido realizando y por brindarme las fuerzas para perseverar.

A mi Asesor de tesis, por su orientación y apoyo que han sido invaluables en el proceso de esta tesis.

A mi madre y padre por apoyarme en mi educación y crecimiento profesional; sin sus apoyos no hubiera logrado avanzar profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi profundo y sincero agradecimiento a las personas y diferentes instituciones que ayudaron a realizar en presente trabajo de investigación:

A la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme en sus recintos las enseñanzas a través de profesores idóneos de la Maestría en Medio Ambiente Desarrollo Sostenible y responsabilidad social.

Al Mg. Roger Vásquez Goméz por el valioso asesoramiento y constante apoyo durante toda la etapa de realización del presente trabajo de investigación.

A los colabores externos que aportaron con su trabajo en campo y en la redacción del documento.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la calidad inorgánica del suelo con fines de recreación en la zona turística de Yarinacocha, según los estándares de calidad ambiental (ECA). La investigación fue de tipo básica, descriptiva y exploratoria. Se colectaron 3 muestras de suelos de 4 kg en diferentes partes de los balnearios de San José, San Juan, La restinga y Anaconda ubicados en la ciudad de Pucallpa, distrito de Yarinacocha margen de la Laguna Yarinacocha. Se utilizó el muestreo no probabilístico de tipo intencional. Para determinar la calidad inorgánica de los suelos se analizaron los contenidos de Arsénico (As), Mercurio (Hg), Bario (Ba), Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Cianuro Libre se realizó por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica y digestión de las muestras de suelo. Según los resultados los elementos que presentaron mayores concentraciones en los suelos de los balnearios de San José, San Juan, La restinga y Anaconda fueron el Ba con 360.563, 100.752, 109.736 y 349.112 ppm respectivamente, seguido por el Cr con 10.898, 23.847, 25.899, 17.365 ppm respectivamente y por último el Pb con 18.228, 15.290, 13.326 y 17.694 ppm. El estudio concluyó en que solo el Cr sobrepasó los límites máximos permisibles para suelos con fines de recreación (0.4 ppm) y actividad industrial (1.4 ppm), estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM) en los estándares de calidad ambiental (ECA), pero los demás elementos evaluados estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles, por lo que los suelos de los balnearios evaluados presentan una calidad inorgánica adecuada.

Palabras clave: contaminación, calidad inorgánica, estándares de calidad ambiental, espectrofotometría de absorción atómica, metales pesados.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of determining the inorganic quality of the soil for recreation purposes in the tourist area of Yarinacocha, according to environmental quality standards (ECA). The research was basic, descriptive and exploratory. Three 4 kg soil samples were collected in different parts of the spas of San José, San Juan, La Restinga and Anaconda located in the city of Pucallpa, Yarinacocha district on the edge of the Yarinacocha Lagoon. Intentional non-probabilistic sampling was used. To determine the inorganic quality of the soils, the contents of Arsenic (As), Mercury (Hg), Barium (Ba), Chromium (Cr), Cadmium (Cd), Lead (Pb) and Free Cyanide were analyzed using the atomic absorption spectrophotometry method and digestion of soil samples. According to the results, the elements that presented the highest concentrations in the soils of the spas of San José, San Juan, La Restinga and Anaconda were Ba with 360,563, 100,752, 109,736 and 349,112 ppm respectively, followed by Cr with 10,898, 23,847, 25,899, 17,365 ppm respectively and finally the Pb with 18,228, 15,290, 13,326 and 17,694 ppm. The study concluded that only the Cr content in all the soils of the evaluated resorts exceeded the maximum permissible limits for soils for recreational purposes (0.4 ppm) and industrial activity (1.4 ppm), stipulated by the Ministry of the Environment (MINAM-ECA), but the other elements were below the maximum permissible limits, so the soils of the evaluated resorts have an adequate inorganic quality.

Keywords: pollution, inorganic quality, environmental quality standards, atomic absorption spectrophotometry, heavy metals.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Pucallpa existen muchos balnearios (lugares recreativos con lagunas y ríos) donde la gente local y los turistas nacionales y extranjeros suelen visitar durante su estancia. Estos lugares recreativos están ubicados cerca de centros poblados, negocios como locales turísticos y habilitaciones urbanas los cuales generan diferentes tipos de residuos orgánicos e inorgánicos que impactan negativamente en las zonas turísticas. Generalmente los asentamientos humanos producen gran cantidad de residuos sólidos y de aguas servidas que son los focos de infección más comunes. Un artículo publicado en la web por Claudio et al., (2013), revela que la laguna de Yarinacocha se encuentra el peligro por el vertido de basura y combustible. Así mismo, el artículo menciona que las embarcaciones vierten combustible directamente al lago sin ningún tipo de control ni de filtros, igualmente las viviendas, mercados y el hospital (Yarina) vierten aguas residuales sin un tratamiento previo. Esta contaminación en los lugares turísticos trae consigo la presencia de elementos como los famosos metales pesados, que están presentes en toda la naturaleza. Los metales pesados pueden incorporarse en los suelos de estas zonas turísticas por el agua contaminada, la cual es una amenaza a la salud de los serves vivos que habitan en estos ecosistemas y también a los visitantes como turistas nacionales y extranjeros que tienen contacto con esto suelos y aguas contaminadas (Gómez et al., 2013; Trivedi, 2000).

En la región Ucayali, propiamente en la ciudad de Pucallpa existen pocos trabajos sobre la presencia de metales pesados en los suelos de las zonas turísticas como los balnearios, los cuales son muy visitados durante el verano, en especial laguna de Yarinacocha puesto que es considerada uno de los principales balnearios de la ciudad de Pucallpa. Las personas que se recrean en estos lugares turísticos

pueden estar expuestos a los metales pesados que existen en los suelos de las playas como la Restinga, San José, Tushmo etc., por lo que es importante que se realice un monitoreo de estos suelos, para poder comprobar si el contenido de los metales pesados no sobrepasa los límites máximos permisibles estipulados por el Ministerio del ambiente (MINAM), en los estándares de calidad ambiental (ECA), para suelos de uso recreativo.

Razón por la cual el presente trabajo de investigación determinó la calidad inorgánica del suelo con fines de recreación en los principales balnearios turísticos de la Laguna de Yarinacocha, cuya finalidad fue compararlos con los estándares de calidad ambiental (ECA) y comprobar si estos suelos cumplen con los parámetros de viabilidad para lugares de recreación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA vi
RESUMEN viii
ABSTRACT ix
INTRODUCCIÓN x
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE FIGURAS xv
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1
1.2.1.Problema general 3
1.2.2.Problemas específicos 3
1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.3.1.General 3
1.3.2.Específicos 3
1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS 3
1.5. VARIABLES 4
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 5
1.7. VIABILIDAD 6
1.8. LIMITACIONES 6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 7
2.1. ANTECEDENTES 7
2.2. BASES TEÓRICAS 13
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES 25
CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGÍCO 29
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 29
3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN. 29

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 30
3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 34
3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS 34
CAPITULO IV. RESULTADOS 36
4.1. CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS DE LAS ZONAS EVALUADAS.....36
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....45
CONCLUSIONES 49
SUGERENCIAS.....51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....53
ANEXOS.....59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables en estudio. 4

Tabla 2. Límites máximos permisibles de metales pesados en el suelo con diferentes criterios. 20

Tabla 3. Estudios de metales pesados en playas y balnearios..... 24

Tabla 4. Descripción de las muestras de estudio. 31

Tabla 5. Métodos de análisis desarrollados. 33

Tabla 6. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario San José con los estándares de calidad ambiental (ECA)..... 36

Tabla 7. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario San Juan con los estándares de calidad ambiental (ECA). 38

Tabla 8. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario La Restinga con los estándares de calidad ambiental (ECA). 39

Tabla 9. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario Anaconda con los estándares de calidad ambiental (ECA). 40

Tabla 10. Diferencias significativas Tukey ($p<0,05$) de los contenidos promedios de metales pesados en los suelos de los balnearios evaluados. 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de contaminación de los metales pesados. 15

Figura 2. Contenidos de Cd en parcelas agrícolas de zonas aluviales en el distrito de Yarinacocha, Pucallpa -Perú. 21

Figura 3. Contenidos de Pb en parcelas agrícolas de zonas aluviales en el distrito de Yarinacocha, Pucallpa -Perú. 22

Figura 4. Ubicación de las zonas evaluadas (Google Earth, 2024). 31

Figura 5. Metales pesados con mayores contenidos en los suelos encontrados en los cuatro balnearios evaluados de la laguna de Yarinacocha. 41

Figura 6. Metales pesados con menores contenidos en los suelos encontrados en los cuatro balnearios evaluados de la laguna de Yarinacocha. 42

Figura 7. Comparativo entre los límites máximos permisibles y el contenido de Cromo (Cr) en los suelos de los balnearios evaluados. *LMP-1: límites máximos permisibles (ECA) para suelos con actividad industrial y comercial. *LMP-2: límites máximos permisibles. 44

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El avance de la zona urbana hacia los lugares turísticos trae consigo la producción de residuos sólidos y aguas residuales de uso doméstico, producto de las viviendas, los cuales son agentes potenciales de contaminación. El estudio de Mendoza (2011), muestra la presencia de origen contaminantes orgánicos e inorgánicos que están presentes en varias partes de la laguna Yarinacocha. Entre los residuos más comunes se encontraron: botellas plásticas, Tecnopor, costales, latas, bolsas plásticas y restos orgánicos. Alloway (1995), menciona que los residuos domésticos (sólidos), pueden ocasionar la dispersión de los metales pesados como el plomo (Pb), cobre (Cu), cadmio (Cd) y Zinc (Zn) en el suelo, los que pueden ser absorbidos y acumularse en el organismo de los seres vivos.

Otra de las causas más comunes para que exista la presencia de contaminantes sin duda alguna es la contaminación de las aguas, que es probablemente la fuente más abundante de metales pesados en los suelos de las zonas turísticas como la laguna de Yarinacocha, puesto que, según Azpilicueta et al., (2010) y Pabón et al., (2020), la presencia de metales pesados en los suelos, pueden tener su origen en el agua contaminada, que arrastran estos elementos y los depositan en los suelos y pueden ser absorbidos por los seres vivos. Ferrer (2003), menciona que la principal fuente ambiental de plomo (Pb) es la gasolina, la misma que se dispersa por el agua de la laguna Yarinacocha, producto de la combustión de los motores de las embarcaciones pequeñas y grandes que laboran

en el lago y que son vertidas directamente (Claudio et al., 2013).

Otros estudios como también muestran el problema de contaminación de los cuerpos de agua en la región Ucayali como el estudio de Reategui (2022), quien evaluó el contenido de metales pesados en suelos en zonas comerciales cerca de la laguna de Yarinacocha, donde se observó que el contenido de Cr que sobrepasó los límites permisibles de acuerdo a lo estipulado en los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos, por lo que estos suelos pueden estar contaminados por metales pesados, por las aguas contaminadas que pueden influir en gran manera en el contenido de estos elementos en los suelos, además debido a su peligrosidad los metales pesados (Cd, Pb, Cr, As, Hg, etc.) pueden ocasionar alteraciones al sistema óseo, cardiaco, problemas renales, problemas al hígado, y complicaciones al sistema nervioso e inmunológico (Roig, 2006; Nava – Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). Así mismo en el estudio de Pinchi (2015), se muestra los resultados del nivel de contaminación de la laguna de Yarinacocha, donde indica puntualmente que existen muchos caseríos, comunidades, recreos turísticos, restaurantes, bares, mercados de abastos cercanos, hospitales que generan desechos y desperdicios que fluyen o se van a parar en las aguas de la laguna, y por lo tanto éstas aguas están expuestas a una contaminación permanente, principalmente microbiológica y químicas que es perjudicial para las personas que moran cerca del lugar.

Este peligro potencial hace que sea necesario el monitoreo de estos elementos en las zonas turísticas de forma constante, puesto que la contaminación es un problema que con el paso del tiempo tiende a incrementar, debido a la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos que tienen su origen en las actividades que se realizan cerca de los cuerpos de agua para uso de recreación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la calidad inorgánica del suelo con fines de recreación en la zona turística de Yarinacocha, según los estándares de calidad ambiental?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál será el contenido de Cd, Pb Cr, As, Hg, Ba y cianuro libre en suelos en las zonas turísticas de la Restinga, San José, Anaconda y San Juan?

¿Cuál será el nivel de contaminación inorgánica de los suelos en la zona turística de Yarinacocha, según los estándares de calidad ambiental (ECA)?

1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.3.1. General

Determinar la calidad inorgánica del suelo con fines de recreación en la zona turística de Yarinacocha, según los estándares de calidad ambiental (ECA).

1.3.2. Específicos

Determinar el contenido de Cr, Cd, Pb, As, Hg, Ba y cianuro libre en suelos de las zonas turísticas de la San José, La restinga, Anaconda y San Juan.

Comparar los resultados del contenido de metales pesados de los suelos de las zonas turísticas con los estándares de calidad ambiental (ECA) para zonas recreativas.

1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

La calidad inorgánica del suelo con fines de recreación en la zona turística

de Yarinacocha no es apta según los estándares de calidad ambiental (ECA).

1.4.2. Hipótesis específicas

El contenido de Cr, Cd, Pb, As, Hg, Ba y cianuro libre en suelos de las zonas turísticas de la restinga, san José, anaconda y san Juan sobrepasan los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental (ECA).

1.5. VARIABLES

Las variables en estudio y su operacionalización se describen en la siguiente

Tabla 1. Variables en estudio.

Independiente				
Variables	**Definición**	**Dimensión**	**Indicadores**	**Instrumentos de Medición**
Contenido de Cr, Cd, Pb, As, Hg, Ba y cianuro libre.	Metales pesados presentes en los suelos de las zonas turísticas de los principales balnearios de la laguna Yarinacocha.	Suelos de 4 balnearios: San José, San juan, Anaconda y la Restinga.	$mg.kg^{-1}$ de Cr, Cd, Pb, As, Hg, Ba y cianuro libre.	Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA)
Dependiente				
Variables	**Definición**	**Dimensión**	**Indicadores**	**Instrumentos de Medición**
Calidad de suelos con fines de recreación.	Aptitud y viabilidad de los suelos en zonas turísticas para su uso con fines de recreación	Suelos de 4 balnearios: San José, San juan, Anaconda y la Restinga.	Apto. No apto.	Estándares de calidad ambiental (ECA) estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017).

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente proyecto de investigación se justificó porque mediante sus objetivos se planteó el estudio de la calidad inorgánica de los suelos de los balnearios de San José, San juan, Anaconda y La restinga en la laguna turística de Yarinacocha, ya que son lugares muy visitados por la población local, los turistas extranjeros y nacionales. El fin del estudio fue comprobar si estos suelos son aptos de acuerdo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para su uso recreacional. Esta investigación también sirvió como línea base para los proyectos de remediación que generen alternativas de solución al problema de contaminación de los suelos en los balnearios de la laguna Yarinacocha, que mejore la calidad ambiental para los habitantes que moran en la zona, así como para un mejor desarrollo turístico. Es importante realizar el monitoreo de los suelos en estos balnearios, puesto que reciben a muchos turistas nacionales e internacionales, así como también a gente local que se sumergen en las aguas y tienen contacto directo con los suelos de las playas, ya que los metales pesados como el Pb, As y Hg también pueden ingresar al organismo por contacto directo vía dérmica, ocasionando manifestaciones cutáneas en las personas, lo que representa un potencial peligro de intoxicación para los visitantes (Luordo et al., 2014).

En tal sentido, el proyecto de investigación también se justificó porque la laguna de Yarinacocha presenta relevancia económica y social para los pobladores general, los empresarios, el turismo y los mismos pobladores que viven cerca a tales zonas que tienen derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación; el crecimiento económico que tiene Ucayali, exige que sea una ciudad más limpia y ordenada para atraer más la inversión privada y por ende el turismo, por lo que fue necesario saber en qué situación se encontraron los suelos de los balnearios principales y si son aptos o no para la recreación de las personas.

1.7. VIABILIDAD

El proyecto de investigación fue viable por las siguientes razones:

Fue un tema de suma importancia por la relevancia del problema y de las zonas turísticas y fue importante su ejecución, ya que la laguna de Yarinacocha constituye un potencial para el desarrollo económico del distrito y fue necesario conocer su realidad.

Los análisis de suelos se pudieron realizar sin ningún tipo de complicaciones en la ciudad de Lima a precios accesibles, en un laboratorio especializado en el tema.

Se dispuso de todo lo necesario para el desarrollo del estudio es decir con el presupuesto, equipos, material humano (Asesor y colaboradores) y la colaboración de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU).

1.8. LIMITACIONES

El proyecto de investigación presentó solo una limitación durante su ejecución:

Las precipitaciones pluviales que afectaron las vías de acceso para la toma de muestras de suelos, en la zona evaluada, lo cual retraso un poco el desarrollo del trabajo de campo.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Castro y Valdez (2016), realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar el contenido de cobre (Cu), níquel (Ni), zinc (Zn), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en los sedimentos y biota de playa natural y artificial ubicados en el Lenguado y Paraíso, Norte de Chile y la Bahía San Jorge de la costa chilena. El estudio fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Se tomaron un total de 15 muestras de biota y sedimentos. De acuerdo con los resultados, los contenidos de metales pesados en los sedimentos de la playa Paraíso fueron: 152 ppm de Cu, 454 ppm de Pb, 47 ppm de Ni, 103 ppm de Cd, 119 ppm de Zn. En la playa el Lenguado los contenidos de metales pesados en los sedimentos de la playa Paraíso fueron: 49 ppm de Cu, 100 ppm de Pb, 29 ppm de Ni, 44 ppm de Cd, 36 ppm de Zn. El estudio concluyó en que existe un deterioro en la calidad ambiental de la playa Paraíso por los altos contenidos de metales pesados los cuales superan los límites establecidos por la normas norteamericanas y chilenas.

Manassero et al., (2013), realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar el contenido de cobre (Cu), Zinc (Zn) y plomo (Pb) en los suelos costeños del Río de la Plata, en Argentina. El estudio desarrollado fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Las muestras fueron un total de 7 en los lugares descritos anteriormente. Según los resultados, la región Pampeana presentó valores de 50 ppm para el Cu, 100 ppm para el Pb y 150 ppm para Zn. En

las otras zonas industriales y urbanas como la localidad Ensenada las concentraciones fueron superiores con 155 ppm de Cu, 283 ppm de Zn y 134 ppm Pb. El estudio concluyó en que, las concentraciones de metales pesados encontrados en los suelos evaluados de la Planicie Costera del Gran La Plata no presentaron concentraciones superiores a los valores de referencia regionales ni tampoco grandes dispersiones.

Diaz et al., (2015), realizaron un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar el contenido de níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn) y plomo (Pb) en la arena de las playas de la Habana Cuba. El estudio fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Se tomaron un total de muestras de 13 zonas en los balnearios y playas. Los valores que se encontraron fueron 8 ppm para el Ni, 35 ppm para el Cu, 31 ppm para el Zn y 6.0 ppm para el Pb. El estudio concluyó en que en casi todas las estaciones muestreadas los valores de Ni y Cu superan los límites permisibles, indicando que la presencia de estos dos metales pesados en el suelo es producto de su origen natural.

Chandrasekaran et al., (2019), realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar los niveles de magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), potasio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), hierro (Fe), cromo (Cr), manganeso (Mn), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd), circonio (Zr) y estroncio (Sr) en las playas de Malta. El estudio fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Se determinaron los metales pesados en muestras de arena en la zona costera de Tamil Nadu. La técnica utilizada en este análisis fue la fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDXRF). Según los resultados se encontró el siguiente orden de metales pesados: Si > Ca > Fe > Al > Mg > K > Ti > Mn > Zr > Sr > Zn > Pb > Ni > Cd > Cu > Co, en la arena de la playa evaluada. El estudio concluyó en que, las

concentraciones más altas de los metales pesados evaluados fueron Fe y Mn, que podrían deberse a la presencia de desechos industriales, fuentes antropogénicas y actividades que se realizan cerca del puerto.

Matthew et al., (2022), realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de estroncio (Sr), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), zinc (Zn) y cobre (Cu) en la arena de las islas Malta y Gozo en el país de Malta. El estudio fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Se tomaron 18 muestras de suelos de las playas evaluadas en las dos islas. Según los resultados, las concentraciones de metales pesados tuvieron el siguiente orden: Sr > Fe > Mn > Pb > Zn > Cu. Así mismo, se encontró que las bahías con mayor contenido de metales pesados se encontraron en las mismas zonas con mayor tasa de desgaste geológico, las cuales fueron inducidas probablemente por las olas del mar. El estudio concluyó en que, se encontró un riesgo potencial para el contenido de Cu, y un riesgo moderado para el Pb en las bahías analizadas, sin embargo, ninguna de estas zonas presenta una alta contaminación por estos metales.

El- Bady et al., (2016), realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de estroncio (Sr), zinc (Zn), plomo (Pb), manganeso (Mn), arsénico (As), cerio (Ce), níquel (Ni), cromo (Cr), circonio (Zr), manganeso (Mn), cobre (Cu), galio (Ga), itrio (Y), niobio (Nb), rubidio (Rb) y Cobalto (Co) en la arena de la zona costera entre Burg ELBurullus y Baltim, en el Norte del Nilo Egipto. El estudio fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Según los resultados hubo contaminación en los lugares evaluados. El estudio concluyó en que, la contaminación y el factor de riesgo potencial ecológico que se produjo en las zonas evaluadas indicaron que las costas están más contaminadas que las dunas de arena.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Rojas y Rojas (2023), realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua superficial de la Unidad Hidrográfica Coata, en Puno, Perú durante cinco años entre el 2015 y 2019. El estudio fue de tipo descriptivo, básico y cuantitativo. La metodología consistió en el muestreo de 19 puntos para luego realizar la determinación de la calidad de agua mediante la aplicación del índice de calidad de agua ICA-PE como instrumento. Según los resultados las aguas de la cuenca Coata son contaminadas por sustancias procedentes de aguas residuales municipales e industriales y también de botaderos de residuos sólidos y con respecto a la calidad de agua en la cuenca alta el resultado fue regular (ICA-PE= 45-74) en 71 % y 29 % bueno (ICA-PE=75-89). El estudio concluyó que en la cuenca media fue 100% bueno la calidad de agua y en la cuenca baja fue con una puntuación buena en un 56 %, regular en un 33 % y por último malo (ICA-PE=30-44) en 11 %.

Fernández et al., (2022), realizaron una investigación cuyo objetico fue la determinar la calidad del agua, mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos, en la quebrada Chonta, Tambopata, Madre de Dios, Perú. El estudio fue de tipo descriptivo y no experimental. La metodología consistió en la muestrear 3 zonas de la quebrada Chonta para analizar sus parámetros físicos y químicos. Se utilizó el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) para evaluar la calidad de las muestras de aguas. Según los resultados el sitio con mayor perturbación antrópica como la contaminación tuvo el valor más bajo del índice BMWP y con los valores más bajos de diversidad de macroinvertebrados, conductividad y oxígeno disuelto. El estudio concluyó que las tres zonas evaluadas en la quebrada Chonta según el índice BMWP presentaron aguas de baja calidad y están contaminadas.

Corroto et al., (2020), realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar a calidad del agua en la cuenca del Utcubamba (Perú) mediante una evaluación multivariante. El estudio fue de tipo descriptivo y no experimental. La metodología consistió en la toma de muestras de 43 estaciones situadas en el cauce principal y afluentes más importantes de la cuenca entre ríos, lagos y quebradas, para después analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de aguas. Según los resultados obtenidos los principales parámetros que afectan espacialmente la cuenca derivan de las altas concentraciones de bacterias y de compuestos químicos, como nitritos, fosfatos y amonio. El estudio concluyó el agua de la cuenca del río Utcubamba presenta un deterioro en su calidad debido la contaminación por aguas residuales de origen antrópico, agrícola y ganadero.

Ruiz (2019), realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, en Loreto con fines de conservación. El estudio fue de tipo descriptivo y no experimental. La metodología consistió en el monitoreo de calidad del agua en tres puntos de la quebrada, en los pueblos de Cotoyacu y Puerto Perú, siguiendo los protocolos del monitoreo de la calidad de agua establecidos por el ANA (Resolución N° 010-2016-ANA). Segun los resultados los parámetros de pH (QYana2= 5,88), temperatura (QYana3= 30,78 °C), fósforo total (QYana3= 0,055mg/L) y sulfuros (QYana1= 0,031 mg/L, QYana2= 0,036 mg/L y QYana3= 0,042 mg/L) no cumple con los estándares de calidad estipulados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El estudio concluyó el agua de la quebrada Yanayacu presenta buena calidad fisicoquímica para la conservación del ambiente acuático.

Rodríguez (2019), realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua en la cuenca Chancay-Lambayeque (Perú). El estudio fue de tipo descriptivo y no experimental. La metodología consistió en la toma de muestras de agua en ríos y quebradas de la cuenca durante tres años para después aplicar los índices de calidad del agua ICA-PE y NSF-WQI. Según los resultados Los principales ríos de la cuenca Chancay - Lambayeque cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) de la Categoría 3 (D.S. N° 004-2017-MINAM), durante los años 2013, 2014 y 2016, pero en las quebradas evaluadas los parámetros como pH, Cu, Fe, Mn y Zn no cumplieron con el ECA en el 2016. Finalmente, el índice ICA-PE para los ríos fue más alto que en las quebradas; siendo de buena calidad y el índice NSF-WQI tuvo una calidad regular tanto para quebradas y ríos. El estudio concluyó que el índice ICA-PE permite inferir que la calidad ambiental de las quebradas, mientras que el índice NSF-WQI expresa puede utilizarse eficientemente en ríos y quebradas.

2.1.3. Antecedentes Locales

Reategui (2022), realizó un trabajo de investigación, cuyo objetivo fue determinar los niveles de arsénico (As), mercurio (Hg), bario (Ba), cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en entisoles en los distritos de Yarina y Manantay en zonas comerciales e industriales. El estudio fue de tipo descriptivo, exploratorio y no experimental. Se tomaron un total de 6 muestras en ambas zonas. Los metales pesados evaluados fueron analizados por espectrofotometría de absorción atómica. De acuerdo con los resultados, en la zona comercial de Yarina, se encontró 150.93 ppm de Ba, 19.96 ppm de Cr, 13.15 ppm de Pb, 5.19 ppm de As y 0.17 ppm de Cd; así mismo en la zona industrial de Manantay los contenidos fueron: 120.55 ppm de Ba, 9.58 ppm de Cr, 14.16 ppm de Pb, 5.77 ppm de As y 0.17 ppm de Cd. En conclusión, según los resultados obtenidos, se encontró contaminación por Cr en

las dos zonas evaluadas: comercial e industrial en los distritos de Yarinacocha y Manantay, por medio del análisis estadístico se comprobó que hubo diferencias significativas entre los promedios de As y Cr, el mayor contenido de Cr se registró en Yarinacocha y el mayor contenido de As se registró en Manantay.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Metales pesados

Los metales pesados son sustancias o elementos químicos que según la tabla periódica poseen una alta densidad, la cual es mayor a 4 g/cm3 que los diferencian de los otros elementos. Así mismo, otras características que tienen es que son de gran masa molecular y peso atómico (mayor de 20), por lo que son bastante tóxicos incluso a bajos niveles. Los siguientes elementos son algunos ejemplos de metales pesados: plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), berilio (Be), aluminio (Al), entre otros (Londoño et al., 2016).

La presencia de metales pesados es actualmente considerada uno de los mayores problemas de contaminación, en especial de los cuerpos de agua a nivel mundial, puesto que su toxicidad puede perjudicar a las diferentes personas que utilizan las aguas, como en los ríos y lagos. Las actividades antropogénicas hacen que estos elementos se incrementen en las aguas, causando perjuicio al ambiente y a los sistemas ecológicos, por sus efectos potencialmente nocivos. Por otro lado, los metales pesados son responsables de problemas económicos, por los altos costos de los tratamientos médicos en las personas afectadas, y la influencia que ejerce en la disminución de la productividad de las personas involucradas en los ambientes contaminados (Contreras et al., 2004; Cartaya et al., 2008).

Las actividades humanas como la fundición de los metales, la minería, las industrias y actividades urbanas, son los principales factores de contaminación por metales pesados que afectan los ecosistemas a nivel mundial (Vílchez, 2005).

2.2.2. Efecto de los metales pesados en la salud y el medio ambiente

Los metales pesados son elementos que persisten en el ambiente, por lo tanto, no pueden ser degradados de manera antropogénica ni tampoco por procesos biológicos. Una vez que entran en los ambientes acuáticos estos elementos se transforman a través de procesos biogeoquímicos los cuales poseen diferentes características químicas y físicas, distribuyéndose entre muchas especies, como por ejemplo especies disueltas es igual a 1 nm, coloidal 1 nm a 0.45 um y material particulado menos de 0.45 um (Martorell, 2010).

La contaminación de metales pesados se produce por dos causas principales que son la alimentación y la inhalación. Los factores que pueden influir en la toxicidad de estos elementos pueden ser: la edad de la población afectada, las concentraciones, y el tipo de metal pesado (Reyes et al., 2016). Se ha investigado por diversos estudios que los metales pesados pueden estar presente en los alimentos como la leche y la carne y el arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg) y el cadmio (Cd) son elementos que deben ser altamente monitoreados y evaluados debido a su impacto en la salud (Reyes et al., 2016).

En la figura 1, se describen la incorporación de los metales pesados en la cadena alimenticia, así como las fuentes de origen, que tal como se mencionó anteriormente tienen lugar por las actividades antropogénicas, que vienen siendo realizadas a través del tiempo en mayor cantidad, lo que conlleva a una contaminación más globalizada porque sucede en todas partes del mundo.

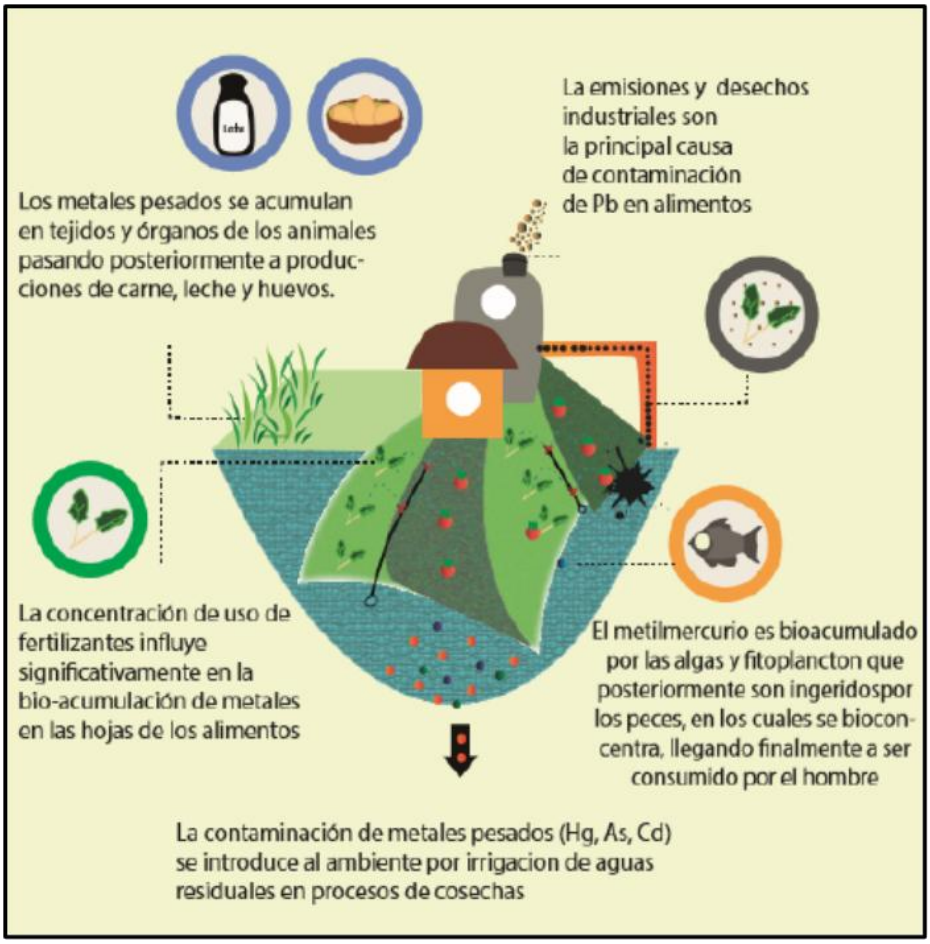


Figura 1. Fuentes de contaminación de los metales pesados.

Fuente: Reyes *et al*., (2016).

Los metales pesados que causan más perjuicio al ambiente y la salud de los seres vivos son los siguientes:

- **Cadmio (Cd)**

El cadmio esta presenta de forma natural en el suelo y en algunas rocas que después son liberadas en el ambiente. El contenido de cadmio se incrementa considerablemente por vía antrópica, puesto que este elemento está presente en productos agrícolas y es de uso industrial. El cadmio provoca una considerable contaminación al ambiente debido a su alta movilidad en el suelo y solo el 5% de este elemento es reciclado (Marruecos et al., 1993).

El cadmio ingresa al organismo de las personas por diferentes vías, entre ellas tenemos la vía oral, por medio de la ingesta de alimentos y agua contaminada (Nava-Ruíz y Méndez-Armenta 2011). Otra vía es la inhalación de partículas presentes en el aire, procedente de actividades industriales, exponiendo a las personas al ambiente contaminado con concentraciones mayores a 50 ppm. El consumo de cigarros es otra vía común del ingreso de cadmio en el organismo, los fumadores poseen un promedio más alto de cadmio en la sangre (1.4 a 4 µg/L) en comparación con las personas que no fuman (0.4 a 1 µg/L) (Nava-Ruíz y Méndez-Armenta 2011).

Por último, una de las formas de ingreso de cadmio en el organismo es por vía dérmica, es decir por el contacto de la piel. Una vez que el cadmio ingresa al organismo, es transportado por el torrente sanguíneo y se concentra en los riñones y el hígado. El cadmio puede producir daños aun cuando sus concentraciones sean bajas, teniendo la capacidad de acumularse en los diferentes órganos del cuerpo.

El tiempo en que este metal permanece en los órganos puede ser por un largo periodo, como en el caso de los riñones, donde puede estar alrededor de 30 años. Así mismo, el cadmio también se acumula en las plantas en grandes cantidades, lo que afecta los procesos fisiológicos como el transporte de agua y la nutrición. Razón por la cual las plantas son utilizadas en procesos de remediación por su capacidad para absorber cadmio (Singh y Tewari, 2003).

- **Plomo (Pb)**

Es un metal pesado que fue utilizado desde mucho tiempo por sus propiedades anticorrosivas, maleabilidad, ductibilidad y la facilidad con que se pueden obtener aleaciones. El plomo puede ingresar al organismo de los seres vivos por medio de la piel, por vía oral y por inhalación (Nava-Ruíz y Méndez-

Armenta 2011). Por inhalación los seres vivos absorben las partículas de plomo generadas por el proceso de combustión. Por ingestión o vía oral el plomo puede ser ingerido en los alimentos, agua o polvo contaminado (Zurera et al., 1987). Una vez ingresado al organismo el plomo puede distribuirse en los dientes, huesos, tejidos y los órganos acumulándose a través del tiempo, por la cual su intoxicación depende al nivel de exposición y la edad de la persona afectada (Sanín et al., 1998).

- **Mercurio (Hg)**

El mercurio se encuentra en su estado elemental de forma líquida a una temperatura ambiente. Puede encontrarse en diversos compuestos y derivados orgánicos e inorgánicos. Este elemento al ingerirse es muy poco tóxico, debido a que presenta poca solubilidad. Por el contrario, cuando se inhala los vapores de mercurio a cualquier temperatura puede ocasionar intoxicaciones desde agudas hasta la más crónicas. Dependiendo en qué fase química se encuentre el mercurio, su toxicidad aumentara drásticamente. Un compuesto de mercurio que presenta una elevada toxicidad es el metilmercurio, el cual es bioacumulado con gran facilidad por los seres vivos por su incorporación a la cadena alimenticia. Este metal pesado tiene muchas implicaciones adversas en la salud humana, porque afecta principalmente el cerebro y el sistema nervioso, como también puede ocasionar graves daños en los fetos, pudiendo ser cancerígeno y peligroso para el sistema cardiovascular (Reyes et al., 2016).

- **Arsénico (As)**

Es un elemento químico que se encuentra en cuatro estados de oxidaciones en la biosfera, hidrosfera y atmosfera. Estos estados de oxidaciones pueden ser diversos y pueden tener un origen orgánico y también inorgánico. Así, del As (V) mediante un proceso de reducción biológica se da lugar la aparición del As (III), el

cual suele concentrarse más en zonas donde existe actividad industrial, ambientes reductores y aguas geotermales (Smedley y Kinniburgh, 2002).

El estado que predomina es el As (V) y esto se da generalmente en aguas superficiales donde presenta más toxicidad. Las condiciones biológicas y de redox en este elemento hacen que se incorporen a los sistemas, por lo que el estado As (III) y As (V) pueden presentarse en aguas subterráneas. El As puede estar presente en el ambiente por mucho tiempo y puede ser altamente incorporado en el suelo, especies y aguas subterráneas (Smedley y Kinniburgh 2002).

El contenido elevado de As inorgánico en los seres humanos produce arsenicosis el cual afecta los sistemas gastrointestinales, cardiovasculares y respiratorios, así como también presenta efectos cancerígenos en la piel, vejiga y pulmones (Marruecos et al., 1993).

2.2.3. Calidad del suelo según el Ministerio del Ambiente – Perú (MINAM)

Según el Ministerio del Ambiente (2014), la calidad de los suelos se define como la capacidad que tiene un determinado suelo para cumplir sus funciones para lo cual está destinado es decir los fines que persigue como recreacionales, arqueológicos, culturales, económicas, agronómicas y ecológicas o de conservación. Así mismo, es necesario mencionar que las funciones que cumplen los diferentes tipos de suelos están sujetos a sus propiedades biológicas, químicas y físicas (Materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, textura, potencial de hidrógeno, contenido de nutrientes o elementos químicos, contenido de humedad etc.). Estas propiedades les otorgan a estos suelos su verdadero potencial antropogénico y ecosistémico natural.

Los estándares de calidad ambiental (ECA) es otra de las características para definir la calidad de los suelos para un determinado fin. Estos estándares comprenden las medidas que establecen el contenido máximo de los elementos biológicos, físicos y químicos que existen en los suelos, aire y aguas, los cuales no tienen que representar un riesgo alto para el medio ambiente ni para las personas. De acuerdo con los diferentes parámetros que se expresan en los estándares de calidad ambiental (ECA), los niveles se expresan en rangos mínimos y máximos (MINAM, 2014).

Por otro lado, para identificar si un suelo está contaminado se tendrá que determinar los propiedades físicas, químicas y biológicas en base a los estándares de calidad ambiental (ECA). Según el D.S. N° 002-2013-MINAM un suelo contaminado se define como aquel que sus propiedades químicas han sido alteradas por la presencia de sustancias contaminantes originadas de la actividad humana (MINAM, 2014).

Según el documento del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) publicado en el año 2012, los “Estándares de Calidad Ambiental (ECA)” proponen límites máximos permisibles de metales pesados en el suelo con diferentes usos, en los que se mencionan tres criterios que comprenden: suelos agrícolas, suelos residenciales o parques (recreación) y suelos comerciales, industriales y extractivos (MINAM, 2017). En la tabla 2 se describe los límites máximos permisibles para los tres tipos de suelos.

Tabla 2. Límites máximos permisibles de metales pesados en el suelo con diferentes criterios.

Tipo de Metales pesados	Límites máximos permisibles ($mg.kg^{-1}$)			Método de ensayo
	Suelos agrícolas	Suelos residenciales o parques	Suelos comérciales, industriales y extractivos	
Arsénico (As)	50	50	140	EPA – 3050 B
Mercurio (Hg)	6.6	6.6	24	EPA – 7471B
Bario (Ba)	750	500	2000	EPA-3050 B
Cromo (Cr)	0.4	0.4	1.4	DIN 19734
Cadmio (Cd)	1.4	10	22	EPA-350 B
Plomo (Pb)	70	140	1200	EPA-350B
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F

Fuente: MINAM, 2017.EPA* (Environmental Protection Agency), DIN* (German Institute for Standardization).

2.2.4. Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región Ucayali

Se comprobó que existen metales pesados en los suelos de la región Ucayali, los que fueron evaluados generalmente en suelos de uso agrícola, donde se determinó la presencia de estos elementos a diferentes profundidades de suelos y también en los frutos y tejidos de las plantas. En el estudio realizado por Solorzano et al., (2015), se determinó la presencia de Cd y Pb en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L), en 14 parcelas con manejo orgánico y convencional en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad. En los resultados se mostraron que en todas las parcelas evaluadas el contenido de Cd no sobrepasó los límites máximos permitidos (1.4 ppm), de igual forma con el plomo porque los resultados fueron menores a 70 ppm. Estos resultados afirman la presencia de metales

pesados en los suelos agrícolas y que suponen la idea remota de que también exista en otras zonas agrícolas y otros suelos con diferentes usos.

Atencia y Albornoz (2022), realizaron un estudio en un ecosistema agrícola con suelos inundables o aluviales (entisoles) en una de las zonas agrícolas del distrito de Yarinacocha, el cual es bastante concurrido por turistas locales, nacionales y extranjeros porque está cerca de laguna que lleva el mismo nombre. El objetivo de la investigación fue cuantificar los niveles de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en los suelos de 8 parcelas agrícolas. Según los resultados del estudio, se encontró concentraciones de Cd de 0.084 ppm y 6.60 ppm de Pb los cuales no superan los límites máximos permisibles de acuerdo con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos agrícolas, los cuales son de 1.4 ppm para el Cd y de 70 ppm para el Pb. En la figura 2 se muestra los contenidos de Cd especifico de cada una de las parcelas evaluadas en el estudio y en la figura 3 se muestran los contenidos de Pb en las mismas parcelas.

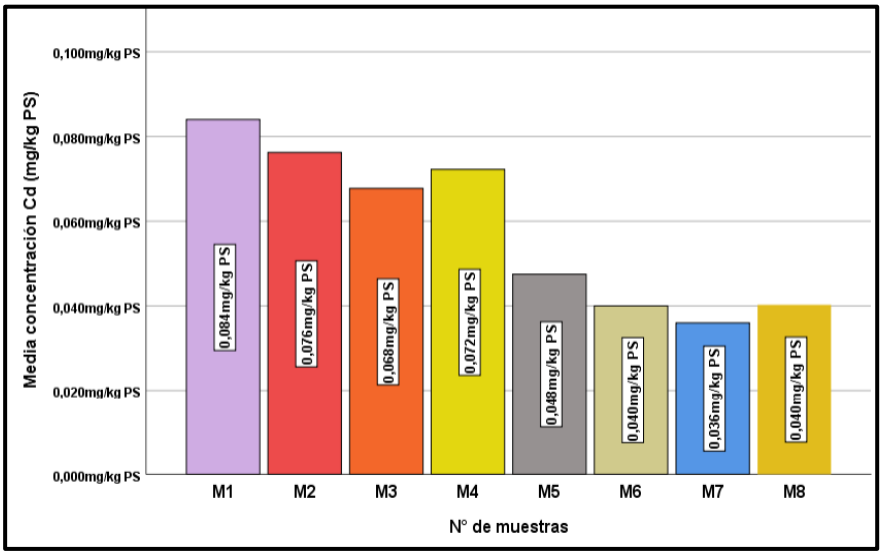


Figura 2. Contenidos de Cd en parcelas agrícolas de zonas aluviales en el distrito de Yarinacocha, Pucallpa -Perú.

Fuente: Atencia y Albornoz, (2022).

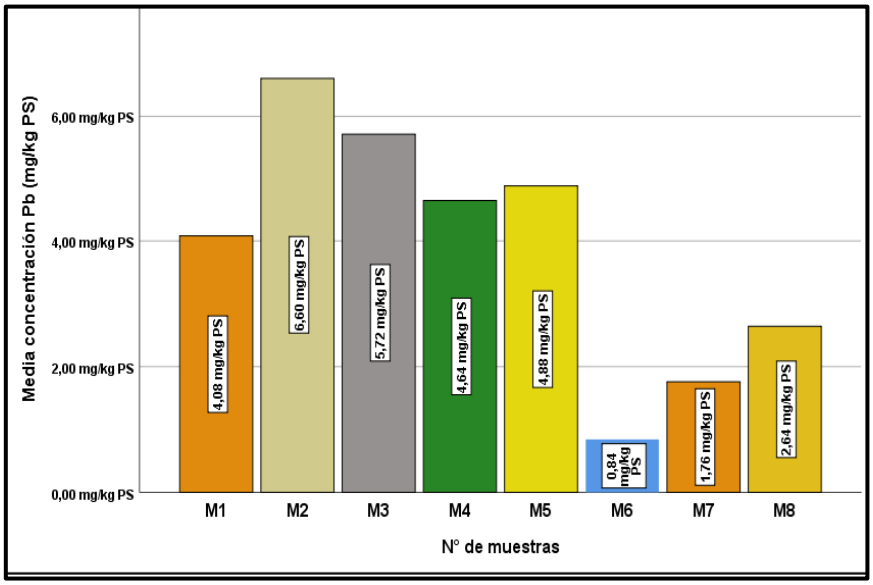


Figura 3. Contenidos de Pb en parcelas agrícolas de zonas aluviales en el distrito de Yarinacocha, Pucallpa -Perú.

Fuente: Atencia y Albornoz, (2022).

Los resultados obtenidos en la investigación mostraron que las zonas aluviales evaluadas en el distrito de Yarinacocha muestran condiciones favorables para desarrollar la agricultura, sin el riesgo de contaminarse por metales pesados.

En otro escenario, la investigación realizada por Reategui (2022), determino las concentraciones de arsénico (As), mercurio (Hg), bario (Ba), cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en entisoles en los distritos de Yarina y Manantay en zonas comerciales e industriales. Según los resultados de la investigación en los suelos del distrito de Yarinacocha se encontró 150.93 ppm de Ba, 19.96 ppm de Cr, 13.15 ppm de Pb, 5.19 ppm de As y 0.17 ppm de Cd; así mismo en los suelos del distrito de Manantay los contenidos fueron: 120.55 ppm de Ba, 9.58 ppm de Cr, 14.16 ppm de Pb, 5.77 ppm de As y 0.17 ppm de Cd. Estos resultados evidencian la presencia de metales pesados en las zonas turísticas, puesto que según el estudio realizado se ejecutó en la zona comercial de la laguna Yarinacocha. El estudio concluyó en que se encontró contaminación por Cr en las dos zonas evaluadas: comercial e

industrial en los distritos de Yarinacocha y Manantay, por medio del análisis estadístico se comprobó que hubo diferencias significativas en cuanto al contenido de As y Cr, los que tuvieron mayor presencia en los distritos de Yarina y Manantay.

Es importante mencionar que, para realizar estudios de monitoreo de metales pesados en zonas aluviales, es necesario también analizar las aguas que cubren estos suelos en la época lluviosa ya que es probable que el agua contaminada tenga alguna relación con los resultados que se presenten en el suelo, tal como lo muestra el estudio descrito anteriormente.

2.2.5. Presencia de metales pesados en suelos de playas y balnearios

Los estudios de metales pesados en las playas o balnearios públicos en su gran mayoría están enfocados a la calidad de agua, con fines recreativos o comerciales. En tales estudios se presentan los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos, en cuales se comparan los resultados con los estándares de calidad ambiental de cada país. Tal como se mencionó anteriormente la contaminación de las aguas es probablemente la fuente más abundante de metales pesados en los suelos de las zonas turísticas como la laguna de Yarinacocha, puesto que, según el estudio de Azpilicueta et al., (2010) y Pabón et al., (2020), la presencia de metales pesados en los suelos, pueden tener su origen en el agua contaminada, que arrastran estos elementos y los depositan en los suelos y pueden ser absorbidos por los seres vivos. Así mismo, es necesario mencionar que algunos metales pesados pueden provenir de fuentes de combustibles como en el caso de la gasolina, ya que según Ferrer (2003), la principal fuente ambiental de plomo (Pb) es la gasolina, la misma que se dispersa por el agua de la laguna Yarinacocha, producto de la combustión de los motores de las embarcaciones pequeñas y

grandes que laboran en el lago y que son vertidas directamente (Claudio et al., 2013).

En cuanto al análisis de suelos en las playas y balnearios aún no se tienen muchos estudios, aunque existen algunos que se han evaluado alrededor del mundo, los cuales se presentan a continuación en la tabla 2:

Tabla 3. Estudios de metales pesados en playas y balnearios.

Autores	Lugar	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Manassero *et al.,* (2013).	Rio de la Plata – Argentina.	Determinar el contenido de cobre (Cu), Zinc (Zn) y plomo (Pb) en los suelos de la planicie costera.	La región Pampeana presentó valores de 50 $mg.kg^{-1}$ para el Cu, 100 $mg.kg^{-1}$ para el Pb y 150 $mg.kg^{-1}$ para Zn	Las concentraciones de metales pesados encontrados en los suelos evaluados de la Planicie Costera del Gran La Plata no sobrepasan los límites permisibles.
Diaz *et al*., (2015).	La Habana-Cuba.	Determinar el contenido de níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn) y plomo (Pb) en la arena de las playas.	Los valores que se encontraron fueron 8 $mg.kg^{-1}$ para el Ni, 35 $mg.kg^{-1}$ para el Cu, 31 $mg.kg^{-1}$ para el Zn y 6.0 $mg.kg^{-1}$ para el Pb.	Casi todas las estaciones muestreadas los valores de Ni y Cu superan los límites permisibles, indicando que la presencia de estos dos metales pesados en el suelo es producto de su origen natural.
Chandrasekaran *et al*., (2019).	Malta.	Determinar los niveles de	Se encontró el siguiente orden	Las concentraciones

		magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), potasio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), hierro (Fe), cromo (Cr), manganeso (Mn), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd), circonio (Zr) y estroncio (Sr)	de metales pesados: Si > Ca > Fe > Al > Mg > K > Ti > Mn > Zr > Sr > Zn > Pb > Ni > Cd > Cu > Co, en la arena de la playa evaluada.	más latas de los metales pesados evaluados fueron Fe y Mn, que podrían deberse a la presencia de desechos industriales, fuentes antropogénicas y actividades que se realizan cerca del puerto.
Matthew *et al*., (2022).	Islas Malta y Gozo en el país de Malta.	Determinar las concentraciones de estroncio (Sr), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), zinc (Zn) y cobre (Cu) en la arena.	Las concentraciones de metales pesados tuvieron el siguiente orden: Sr > Fe > Mn > Pb > Zn > Cu.	Se encontró un riesgo potencial para el contenido de Cu, y un riesgo moderado para el Pb en las bahías analizadas.

La importancia de realizar estudios en los suelos de las playas y balnearios radica en que las personas que acuden a estos lugares recreativos tienen contacto con el suelo o la arena, y también una de las vías de entrada de los metales pesados al organismo es la vía dérmica o cutánea por medio de los poros de la piel (Luordo et al., 2014).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Metales pesados**

Los metales pesados son sustancias o elementos químicos que según la tabla periódica poseen una alta densidad, la cual es mayor a 4 g/cm3 que los

diferencian de los otros elementos (Londoño et al., 2016).

- **Contaminante**

Son aquellas sustancias de naturaleza química que no forman parte del suelo y cuando se excede a elevadas concentraciones pueden producir efectos tóxicos para el ambiente y para las personas que se exponen a ellas (Alvarado, 2018).

- **Suelo contaminado**

Es aquel suelo que ha sufrido alteraciones en sus características químicas debido a la presencia de sustancias contaminantes producto de las actividades antropogénicas (Alvarado, 2018).

- **Remediación**

Consiste en una serie de actividades y procedimientos que se realizan en un sitio contaminado con el objetivo de mitigar la contaminación, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de las personas (Alvarado, 2018).

- **Suelo comercial**

Es aquel suelo donde se desarrollan actividades comerciales de negocios o prestación de servicios afines (Alvarado, 2018).

- **Suelo residencial**

Es aquel suelo donde la población en general construye sus casas para vivir, esta incluye espacios de recreación y áreas verdes para el relajo y diversión. (Alvarado, 2018).

- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA)**

Es el rango que se estableció para medir la concentración máximos de elementos en el suelo, incluyen los parámetros, biológicos, químicos y físicos que son evaluados en las aguas, suelos y el aire. Estos estándares están expresados en rangos máximos y mínimos según el parámetro de corresponda (Alvarado, 2018).

- **Parámetro**

Es aquel elemento químico que se encuentra regulado por decreto supremo, la cual define la calidad de los suelos, aire o aguas donde se lo evalué (Alvarado, 2018).

2.4. BASES EPISTÉMICOS

La metodología del estudio consistió en la observación del problema central el cual fue el riego potencial de los metales pesados en los suelos de los balnearios de la Laguna Yarinacocha. Así mismo la identificación de los fenómenos que intervienen en dicho problema, y el análisis de los resultados de metales pesados en el suelo, los cuales comprende el paradigma del positivismo. De acuerdo con Hildebrandt, citado por Vargas (2021), este paradigma pretende establecer la realidad y el mundo atómico que esta fijo y separado al mismo tiempo, por lo tanto, la investigación busca principalmente describir los problemas relacionados al objeto de estudio. Por otro lado, haciendo referencia a la epistemología ambiental, se puede mencionar que la naturaleza se está deteriorando por la actividad humana, por lo que las teorías del desarrollo sostenible y el medio ambiente toman parte de este problema, por la tanto este tipo de epistemología comprende el punto de vista del positivismo y la fenomenología, lo cuantitativo a lo cualitativo pasando por las diferencias entre las teorías (Vega, 2021).

Vega (2021), menciona que la filosofía del medio ambiente estudio la

posición de los seres humanos en el entorno natural del medio y la aplicación de toda norma, definición, concepto, categoría, postulado, principio o ley sirven como reflexión en el estudio desarrollado.

En tal sentido el presente proyecto de investigación busco determinar la calidad inorgánica del suelo para recreación en los principales balnearios de la Laguna de Yarinacocha, con el fin de comprobar si las concentraciones de los metales pesados no sobrepasan los límites máximos permisibles, estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM), en los estándares de calidad ambiental (ECA).

De comprobar que las concentraciones de metales pesados son altas y sobrepasan los límites permisibles, se obtendrá información bastante importante para los futuros trabajos de remediación para salvaguardar la salud de las personas que frecuentan estos balnearios, ya que los metales pesados también puede ingresar al organismo por vía dérmica o contacto con la piel y provocar manifestaciones cutáneas en las personas, lo que representa un potencial peligro de intoxicación para los visitantes (Luordo et al., 2014).

CAPÍTULO III.

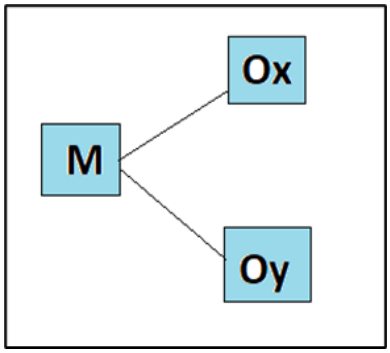
MARCO METODOLOGÍCO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada fue de tipo básica, descriptiva y exploratoria. La investigación descriptiva realiza la recopilación de datos para comprobar las hipótesis planteadas o responder a las preguntas sobre la situación de los sujetos que intervienen en el estudio. Un estudio descriptivo es aquel que determina e informa los modos de ser de los objetos, es decir los describe (Gay, 1996).

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de investigación presentó un diseño mixto no experimental de tipo cuantitativo y cualitativo, puesto que el objetivo fue determinar la calidad inorgánica del suelo en cuatro balnearios de la laguna Yarinacocha (San José, La anaconda, San Juan y la Restinga). El diseño mixto no experimental de nivel descriptivo muestra el conocimiento sobre una situación real que sucede en un determinado espacio y tiempo. En otras palabras, en este tipo de estudio se observa, se registra y se pregunta, así como como también se describe los fenómenos que influyen en el problema (Rojas, 2015). A continuación, se muestra el esquema de la investigación descriptiva:



Donde:

M: Muestra.

Ox: Observación de la variable independiente.

Oy: Observación de la variable dependiente.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población en estudio fueron todos los suelos de todos los balnearios que existen en la ciudad de Pucallpa, que corresponden a ecosistemas naturales como lagos y ríos. La población es considerada como un grupo o también un conjunto de elementos los cuales tienen características que los convierten en el objeto directo del estudio a realizar (Fuentelsaz, 2004).

3.3.2. Muestra

La muestra de estudio fueron los cuatro lugares donde se colectaron las muestras de suelo. Estos puntos de muestreo fueron seleccionados en base a la afluencia de personas, por lo que en los balnearios San José, La anaconda, San Juan y la Restinga existe una mayor concurrencia. En el estudio se aplicó el tipo de muestreo no probabilístico Intencional, puesto que es el que más se ajusta por el presupuesto y también con el criterio de selección, ya que en este tipo de muestreo el investigador elige el número de muestras de acuerdo con su conveniencia (Otzen y Manterola, 2017). Los lugares de muestreo están ubicados en el distrito de Yarinacocha, alrededor de la laguna Yarinacocha en la ciudad de Pucallpa - Perú.

En la tabla 4 se describe con más precisión los lugares donde se extrajeron las muestras de suelos.

Tabla 4. Descripción de las muestras de estudio.

Muestra	Objeto	Coordenadas (UTM)	Ubicación
1	Suelo	8°20'13"S 74°36'11"W	San José - Yarinacocha
2	Suelo	8°19'21"S 74°36'09"W	San Juan -Yarinacocha
3	Suelo	8°20'07"S 74°33'59"W	La Restinga - Yarinacocha
4	Suelo	8°20'51"S 74°34'12"W	Cerca al Restaurante Anaconda - Yarinacocha

En la figura 4 se puede observar el mapa de ubicación de todos los puntos de muestreo evaluados en el proyecto de investigación.

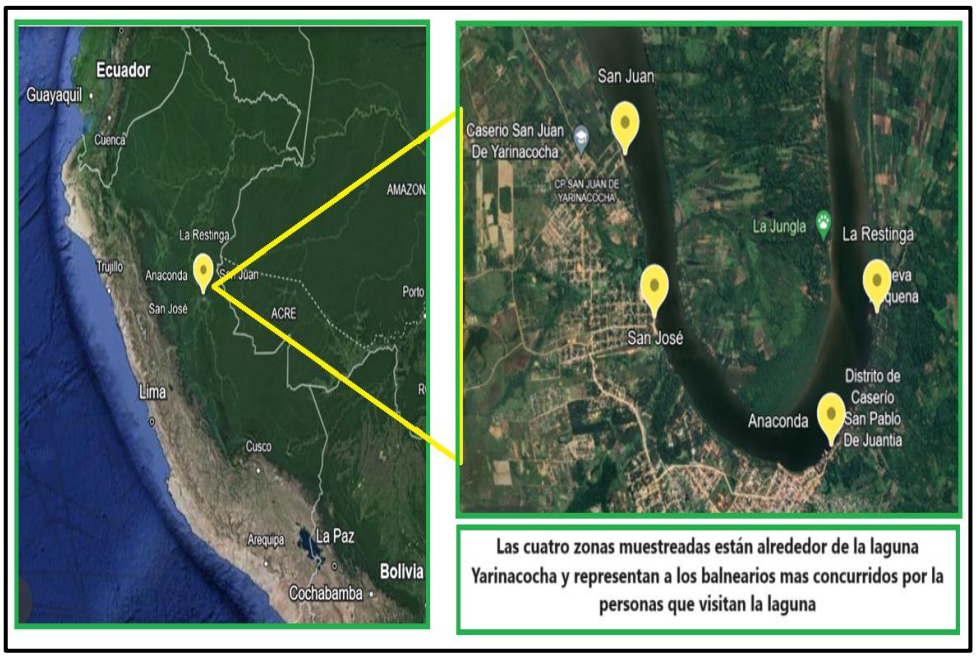


Figura 4. Ubicación de las zonas evaluadas (Google Earth, 2024).

Para la recolección de los datos en el trabajo de investigación, se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Georreferencia de los puntos de muestreo**

Con la ayuda de un GPS se tomaron las coordenadas UTM de los puntos de muestreo en los cuatro balnearios seleccionados en base a la concurrencia de

personas que asisten a esos lugares.

La información de los puntos de muestreo se observa en la tabla 3 descrita anteriormente. Luego de la toma de las coordenadas, estos datos se ingresaron en la aplicación de Google Earth versión 2023 para identificar los puntos georreferénciales y realizar el mapa de ubicación de las muestras el que se puede observar en la figura 4.

- **Muestreo de suelos**

Para realizar el muestreo de suelos se colectó una muestra compuesta de suelo de 4 kg a una profundidad de 30 cm de todos los cuatro puntos de muestreo previamente seleccionados (San Juan, San José, Anaconda, La Restinga) en tres partes diferentes (muestra 1, muestra 2 muestra 3), con el criterio de elegir aquellos lugares con mayor afluencia de personas. Se utilizó la guía para el muestreo de suelos en el marco del decreto supremo N° 002- 2014 – MINAM, el cual está regido a los estándares de calidad ambiental (ECA) propuesto por el MINAM (ver tabla 1). Según la guía se determina al inicio el patrón de recorrido (Zig -Zag), para luego proceder a recorrer el sitio seleccionado. El proceso de colección de la muestra se realizó utilizando un cavador, teniendo en cuenta la profundidad (30 cm). Luego de la colección de las muestras de suelos de las cuatro zonas, estas se colocaron en una bolsa con cierre hermético y se rotularon todas con la información respectiva del lugar (Procedencia, profundidad y número de muestra). Finalmente, las muestras de suelos fueron enviadas al Laboratorio Pacific Control en la ciudad de Lima para su análisis respectivo de metales pesados.

- **Análisis químico de los suelos**

El análisis químico de Mercurio (Hg), Bario (Ba), Arsénico (As) Cromo (Cr),

Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Cianuro Libre se realizó por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica y digestión de las muestras de suelo. Las muestras de suelos de las cuatro zonas evaluadas fueron tamizadas a 2 mm y secadas en la estufa a 70 °C durante un periodo de 72 h, luego se aplicó el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 0.05%, con un pH de 7, para finalmente realizar la lectura de la longitud de onda en el espectrofotómetro de absorción atómica. Los métodos de análisis se describen específicamente en la tabla 5.

Tabla 5. Métodos de análisis desarrollados.

Metales pesados	Método de análisis
Arsénico (As)	EPA 3050, EPA 3051
Mercurio (Hg)	EPA 7471, EPA 6020 o 200.8
Bario (Ba)	EPA 3050, EPA 3051
Cromo (Cr)	EPA 3050, EPA 3051
Cadmio (Cd)	EPA 3050, EPA 3051
Plomo (Pb)	EPA 3050, EPA 3051
Cianuro libre	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Esta actividad se realizó en un laboratorio privado certificado en la Ciudad de Lima- Perú (Pacific Control).

- **Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental (MIMAM, 2017)**

Luego de analizar y cuantificar los contenidos de Arsénico (As), Mercurio (Hg), Bario (Ba), Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Cianuro Libre se comparó estos resultados con los valores de los estándares de calidad ambiental para suelos de parques (recreativos) y comerciales para verificar si sobrepasan los límites máximos permisibles, los cuales se pueden observar en la tabla 1 de del marco teórico.

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento de medición utilizado para el análisis de metales pesados fue el espectrofotómetro de absorción atómica, con el cual se determinó los contenidos de metales pesados en las muestras de suelos.

3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron en el proceso de investigación fueron las siguientes:

- **Observación experimental:** cuando se realizó el muestreo de suelos en las cuatro zonas: San José, San Juan, Anaconda y La Restinga.
- **Análisis documental:** revisión bibliográfica de estudios previos en el tema de contaminación de suelos recreativos.
- **Análisis de metales pesados en laboratorio:** este proceso se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica para el análisis de los elementos inorgánicos que determinan la calidad de un suelo para fines de recreación.

3.5.2. Procesamiento y presentación de los datos

Los datos de los contenidos de metales pesados en los suelos se procesaron con el programa estadístico SPSS, versión 2022. Para la presentación de los resultados se elaboraron tablas y figuras. El análisis de las diferencias significativas entre los promedios de metales pesados en las cuatro zonas de muestreo se realizó mediante una comparación de medias entre los diferentes grupos realizando el

análisis de varianza (ANOVA) de un factor al 0.05% y se realizó la prueba de Tukey al 0.05 para comparar los promedios entre todos los grupos (anexo 2).

CAPITULO IV.

RESULTADOS

4.1. CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS DE LAS ZONAS EVALUADAS

Tabla 6. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario San José con los estándares de calidad ambiental (ECA).

Metales pesados	Contenidos en ppm			Promedio en ppm	*LMP – Suelos recreativos (Parques)	*LMP- Suelos con actividad comercial
	M1	M2	M3			
Arsénico (As)	< 0.050	1.450	1.867	1,122	50	140
Mercurio (Hg)	< 0.010	< 0.020	< 0.020	< 0.0167	6.6	24
Bario (Ba)	21.418	518.531	541.561	360.503	500	2000
Cromo (Cr)	5.279	13.375	13.669	10.898	0.4	1.4
Cadmio (Cd)	< 0.010	< 0.333	< 0.333	< 0.225	10	22
Plomo (Pb)	4.383	27.984	22.317	18.228	140	1200
Cianuro libre	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	0.9	8

*LMP: límites máximos permisibles (ECA) para suelos de recreación (parques), actividad industrial y comercial (MINAM, 2017). *ND: No detectable.

En la tabla 6 se observan los contenidos de los metales pesados en las 3

muestras de suelos del balneario San José en Yarinacocha, donde se puede notar que los mayores contenidos en promedio son los siguientes: Ba con 360.503 ppm, seguido del Cr con 10.898 ppm y el Pb con 18.228 ppm, y los menores contenidos en promedio son: Hg con < 0.0167 ppm, Cd con < 0.225 ppm, cianuro libre con < 0.032 ppm y As con 1.122 ppm. De todos los contenidos de metales pesados encontrados, solo el contenido de Cr sobrepasa considerablemente (10.898 ppm) los límites máximos permisibles de suelos con fines de recreación (0.4 ppm) y comerciales (1.4 ppm), estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), en los estándares de calidad ambiental para suelos. En las muestras 2 y 3 el contenido de Ba sobrepasó los límites máximos permisibles en estas del balneario San José, por lo que se evidencia que existe mayor contaminación dependiendo de la parte que están más cercanas a la laguna.

Tabla 7. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario San Juan con los estándares de calidad ambiental (ECA).

Metales pesados	Contenidos en ppm			Promedio en ppm	*LMP – Suelos recreativos (Parques)	*LMP- Suelos con actividad comercial
	M1	M2	M3			
Arsénico (As)	1.492	5.636	6.457	4.528	50	140
Mercurio (Hg)	< 0.010	< 0.020	< 0.020	< 0.0167	6.6	24
Bario (Ba)	76.907	103.455	121.893	100.752	500	2000
Cromo (Cr)	18.804	24.123	28.613	23.847	0.4	1.4
Cadmio (Cd)	< 0.010	< 0.333	< 0.333	< 0.225	10	22
Plomo (Pb)	15.520	15.037	15.314	15.290	140	1200
Cianuro libre	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	0.9	8

*LMP: límites máximos permisibles (ECA) para suelos de recreación (parques), actividad industrial y comercial (MINAM, 2017). *ND: No detectable.

En la tabla 7 se observan los contenidos de los metales pesados en las 3 muestras de suelos del balneario San Juan en Yarinacocha, donde se puede notar que los mayores contenidos son los siguientes: Ba con 100.752 ppm, seguido del Cr con 23.847 ppm y el Pb con 15.290 ppm, y los menores contenidos son: Hg con < 0.0167 ppm, Cd con < 0.225 ppm, cianuro libre con < 0.032 ppm y As con 4.528 ppm. De todos los contenidos de metales pesados encontrados, solo el contenido de Cr (23.847) sobrepasa considerablemente los límites máximos permisibles de suelos con fines de recreación (0.4 ppm) y comerciales (1.4 ppm), estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), en los estándares de calidad ambiental para suelos. A comparación de los suelos de San José, se evidencia que los suelos

de San Juan contienen un mayor contenido de Cr, lo que indica que la contaminación por este metal es más fuerte en esta zona.

Tabla 8. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario La Restinga con los estándares de calidad ambiental (ECA).

Metales pesados	Contenidos en ppm			Promedio en ppm	*LMP – Suelos recreativos (Parques)	*LMP- Suelos con actividad comercial
	M1	M2	M3			
Arsénico (As)	4.089	10.148	7.639	7.292	50	140
Mercurio (Hg)	< 0.010	< 0.020	< 0.020	< 0.0167	6.6	24
Bario (Ba)	84.181	123.349	121.677	109.736	500	2000
Cromo (Cr)	19.748	29.571	28.379	25.899	0.4	1.4
Cadmio (Cd)	< 0.010	< 0.333	< 0.333	< 0.225	10	22
Plomo (Pb)	9.275	15.394	15.308	13.326	140	1200
Cianuro libre	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	0.9	8

*LMP: límites máximos permisibles (ECA) para suelos de recreación (parques), actividad industrial y comercial (MINAM, 2017). *ND: No detectable.

En la tabla 8 se observan los contenidos de los metales pesados en las 3 muestras de suelos del balneario La Restinga en Yarinacocha, donde se puede notar que los mayores contenidos en promedio son los siguientes: Ba con 109.736 ppm, seguido del Cr con 25.899 ppm y el Pb con 13.326 ppm, y los menores contenidos son: Hg con < 0.0167 ppm, Cd con < 0.225 ppm, cianuro libre con < 0.032 ppm y As con 7.292 ppm. De todos los contenidos de metales pesados encontrados, solo el contenido de Cr (25.899 ppm) sobrepasa considerablemente los límites máximos permisibles de suelos con fines de recreación (0.4 ppm) y

comerciales (1.4 ppm), estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), en los estándares de calidad ambiental para suelos. A comparación de los suelos de San José y San Juan se evidencia que los suelos de La Restinga contienen un mayor contenido de Cr, lo que indica que la contaminación por este metal es más fuerte en esta zona que en las dos anteriores.

Tabla 9. Comparativo entre los contenidos de metales pesados en suelos del balneario Anaconda con los estándares de calidad ambiental (ECA).

Metales pesados	**Contenidos en ppm**			**Promedio en ppm**	***LMP – Suelos recreativos (Parques)**	***LMP- Suelos con actividad comercial**
	M1	**M2**	**M3**			
Arsénico (As)	1.194	1.119	0.552	0.955	50	140
Mercurio (Hg)	< 0.010	< 0.020	< 0.020	< 0.0167	6.6	24
Bario (Ba)	139.685	358.741	548.940	349.122	500	2000
Cromo (Cr)	26.184	11.259	14.643	17.365	0.4	1.4
Cadmio (Cd)	< 0.010	< 0.333	< 0.333	< 0.225	10	22
Plomo (Pb)	14.834	15.912	22.335	17.694	140	1200
Cianuro libre	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	0.9	8

*LMP: límites máximos permisibles (ECA) para suelos de recreación (parques), actividad industrial y comercial (MINAM, 2017). *ND: No detectable.

En la tabla 9 se observan los contenidos de los metales pesados en las 3 muestras de suelos del balneario Anaconda en Yarinacocha, donde se puede notar que los mayores contenidos en promedio son los siguientes: Ba con 349.685 ppm, seguido del Cr con 17.365 ppm y el Pb con 17.694 ppm, y los menores contenidos son: Hg con < 0.0167 ppm, Cd con < 0.225 ppm, cianuro libre con < 0.032 ppm y

As con 0.955 ppm. De todos los contenidos de metales pesados encontrados, solo el contenido de Cr (17.365 ppm) sobrepasa los límites máximos permisibles de suelos con fines de recreación (0.4 ppm) y comerciales (1.4 ppm), estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), en los estándares de calidad ambiental para suelos, este balneario es el tercero en tener mayor contenido de Cr, aquí se ubican los restaurantes que generan residuos contaminantes produciendo la generación los metales pesados en el suelo. A demás en la muestra 3 de la zona muestreado el contenido de bario fue 548.940 ppm el cual si supera los límites máximos permisibles (500 ppm) para suelos con fines de recreación, pero solo fue en una parte del balneario Anaconda.

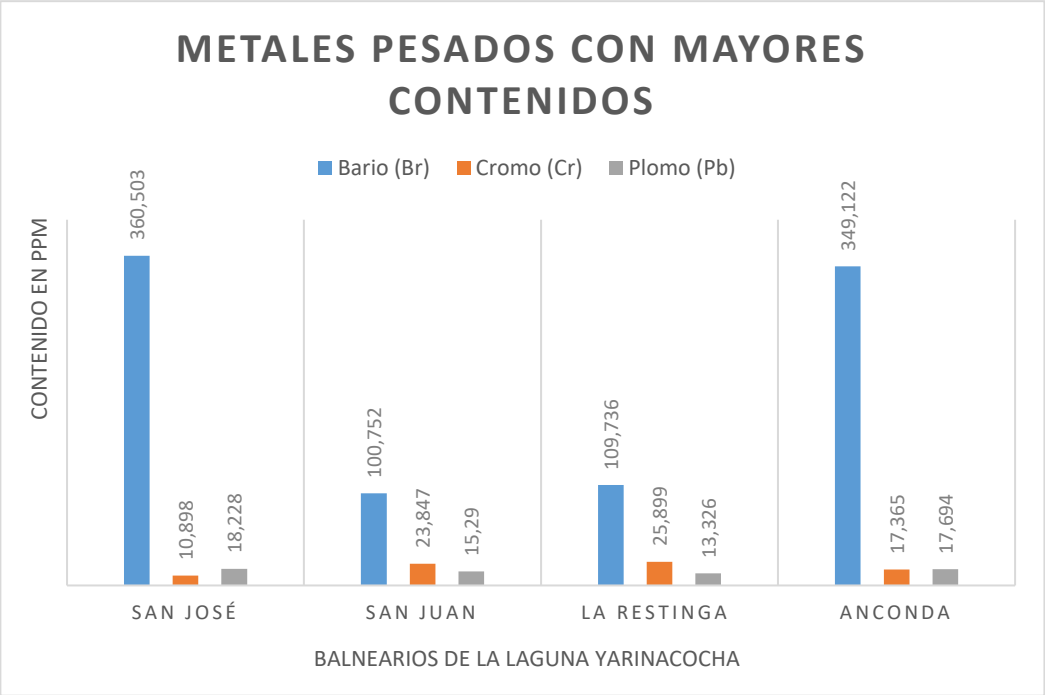


Figura 5. Metales pesados con mayores contenidos en los suelos encontrados en los cuatro balnearios evaluados de la laguna de

En la figura 5 se muestran los tres metales pesados con mayores contenidos en los suelos encontrados en los cuatro balnearios evaluados en la laguna de Yarinacocha, donde se observa que el balneario menos contaminado es San Juan

y los más contaminados son los balnearios Anaconda y San José, donde se evidencia los mayores contenidos de Ba, Cr y Pb. Así mismo se observa que, el Ba es el elemento más abundante de todos, pero aun así no supera los límites máximos permisibles. Es necesario mencionar que estos elementos (Ba, Cr y Pb) son los más abundantes en los suelos de estas zonas, ya que para los demás elementos como el Hg, As, Cd y también para el cianuro libre, se encontró cantidades mínimas, lo que indica que es menos probable que exista contaminación por estos elementos. Por otro lado, los contenidos de Cr en los cuatro balnearios evaluados sobrepasaron límites máximos permisibles de suelos con fines de recreación (0.4 ppm) y comerciales (1.4 ppm), estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), siendo el balneario la Restinga quien presenta el mayor contenido y San José el menor contenido de Cr.

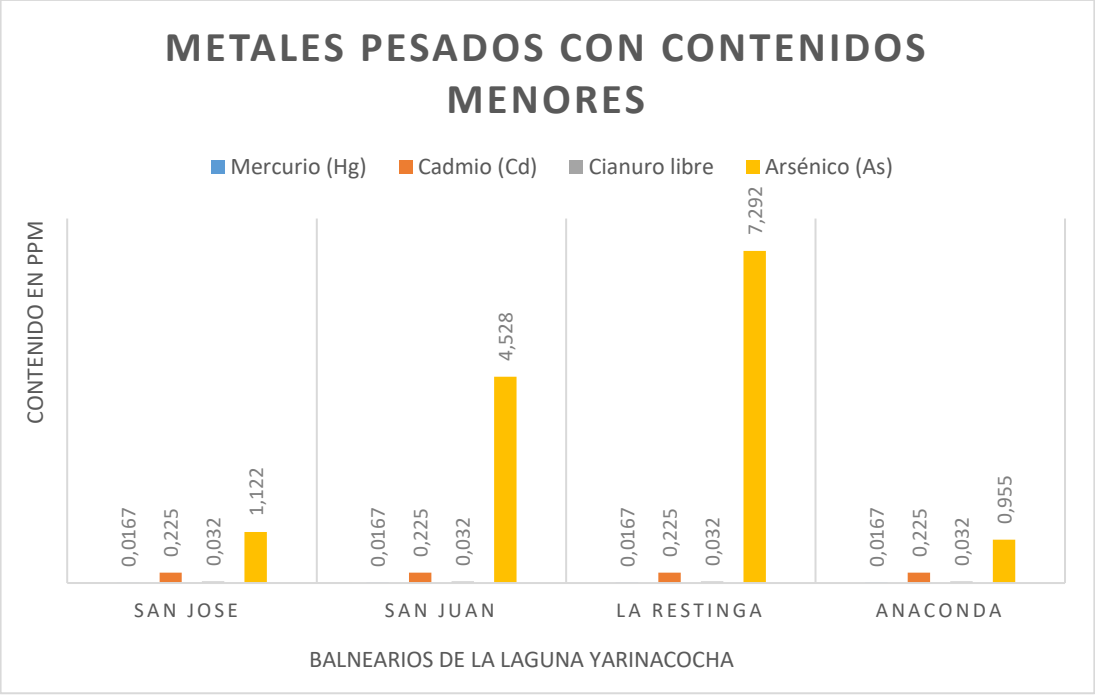


Figura 6. Metales pesados con menores contenidos en los suelos encontrados en los cuatro balnearios evaluados de la laguna de Yarinacocha.

En la figura 6 se muestran los metales pesados con mayores contenidos en

los suelos encontrados en los cuatro balnearios evaluados en la laguna de Yarinacocha, donde se observa que el balneario menos contaminado con As es la Anaconda y los más contaminados son los balnearios es la Restinga, San Juan y San José. En cuanto a los valores de Cd, Hg y cianuro libre los suelos d ellos balnearios presentan valores iguales.

Tabla 10. Diferencias significativas Tukey (p<0,05) de los contenidos promedios de metales pesados en los suelos de los balnearios evaluados.

Balnearios	**Contenido de metales pesados en ppm**						
	As	**Hg**	**Ba**	**Cr**	**Cd**	**Pb**	**Cianuro**
San José	1.122 a	0.0167 a	360.563 a	10.898 a	0.225 a	18.228 a	0.032 a
San Juan	4.528 a	0.0167 a	100.752 a	23.847 a	0.225 a	15.290 a	0.032 a
La Restinga	7.292 b	0.0167 a	109.736 a	25.899 a	0.225 a	13.326 a	0.032 a
Anaconda	0.955 a	0.0167 a	349.112 a	17.365 a	0.225 a	17.694 a	0.032 a

*Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (p<0,05).

En la tabla 10 se muestran las diferencias significativas Tukey (p<0,05), del análisis de varianza (ANOVA) (ver anexo) de los contenidos promedios de metales pesados en los suelos de los balnearios evaluados, donde se observa que solo para el elemento arsénico (As) se encontraron diferencias significativas, en el cual el valor que más sobresale es el encontrado en los suelos de la Restinga con 7.292 ppm que es el mayor promedio. En los demás elementos no se encontraron diferencias significativas en todos los suelos de los balnearios evaluados.

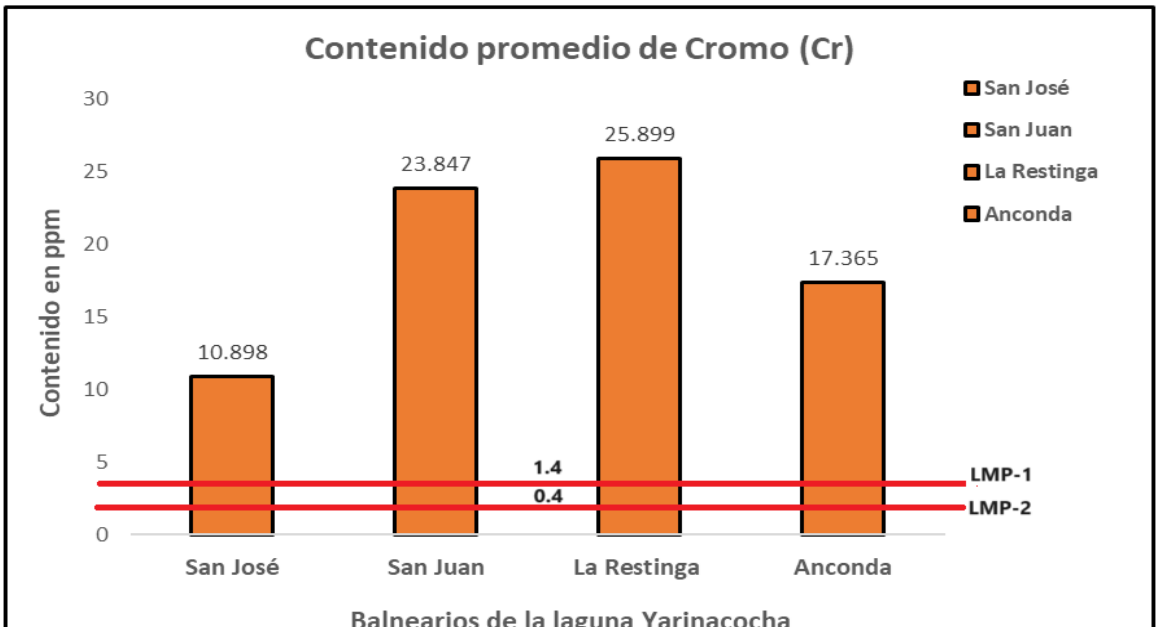


Figura 7. Comparativo entre los límites máximos permisibles y el contenido de Cromo (Cr) en los suelos de los balnearios evaluados. *LMP-1: límites máximos permisibles (ECA) para suelos con actividad industrial y comercial. *LMP-2: límites máximos permisibles.

En la figura 7 se muestra el comparativo entre los límites máximos permisibles y el contenido de Cromo (Cr) en los suelos de los balnearios evaluados. El *LMP-1 representa los límites máximos permisibles (ECA) para suelos con actividad industrial y comercial y el *LMP-2 representa los límites máximos permisibles (ECA) para suelos con fines de recreación (parques) (MINAM, 2017). En la figura 7 claramente se puede observar que el contenido promedio de Cr en los suelos de todos los balnearios evaluados sobrepasa considerablemente estos límites que son 1.4 ppm de Cr para suelos con actividad industrial y comercial y de 0.4 ppm de Cr para suelos con fines de recreación. El contenido de Cr fue el único elemento que sobrepasó estos límites permisibles.

CAPÍTULO V.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTENIDO DE METALES PESADOS EN SUELOS DE BALNEARIOS DE YARINACOCHA

Según los resultados encontrados en el presente proyecto de investigación casi todos los metales pesados evaluados (As, Ba, Hg, Cd, Pb) y el cianuro libre están por debajo de los límites máximos permisibles estipulados por el ministerio del ambiente (MINAM, 2017) en los estándares de calidad ambiental (ECA), a excepción del cromo (Cr) el cual si presentó valores que sobrepasaron considerablemente los límites máximos permisibles. Al respecto los contenidos mayores de metales pesados encontrados como el Ba, Pb y Cr pueden estar relacionados a la presencia de los residuos orgánicos e inorgánicos que están presentes en todos los balnearios evaluados, residuos como botellas plásticas, Tecnopor, latas, costales, residuos orgánicos, etc. Según Alloway (1995) la dispersión y acumulación en el suelo de los metales pesados es ocasionado por la presencia de los residuos domésticos (sólidos), que existen en todos los balnearios evaluados tal como se mencionó anteriormente. Además, existe otro factor y quizás sea el de mayor importancia en la presencia de metales pesados en los suelos de los balnearios, el cual es la contaminación de las aguas, ya que estos suelos por lo general pertenecen a zonas inundables en época de invierno donde el agua cubre estas áreas por un periodo de 3 meses aproximadamente, y esa agua contaminada arrastra los elementos y los depositan en los suelos (Azpilicueta et al., 2010; Pabón et al., 2020). El plomo (Pb) presente en los suelos evaluados, tienen su origen en los residuos de gasolina procedentes de la combustión de los motores de las

embarcaciones grandes y pequeñas que están presentes en la laguna y las cuales son vertidas directamente a las aguas (Ferrer, 2003; Claudio et al., 2013). Machado et al., (2008), menciona en su investigación que el elemento que está presente principalmente en las emisiones vehiculares es el Pb, el cual es depositado en el suelo y puede acumularse en la superficie, este podría ser otra de las razones para que puedan explicar la presencia de este elemento en los suelos de los balnearios evaluados, ya que estos lugares se encuentran cerca del parque automotor de la ciudad de Pucallpa, como a unos 15 a 20 minutos. La presencia de Bario (Ba) según la Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades (ATSDR) se debe al uso de productos en la fabricación de cerámicas, veneno para insectos, veneno para ratas y sustancias que se añaden a aceites y combustibles (ASTDR, 2024). Esto que vienen por la contaminación de las aguas y por las actividades que se realizan cerca a los balnearios.

Por otro lado, la presencia de Cromo (Cr) el cual si sobrepasa los límites máximos permisibles puede deberse a muchas causas. Para empezar, podemos hablar de las actividades agrícolas que se realizan cerca a los balnearios evaluados en la laguna de Yarinacocha, como es el caso del cultivo del maíz, plátano y algunas hortalizas que se producen durante la época seca. Es probable que estos pequeños productores utilicen productos químicos como insecticidas los cuales pueden contener varios metales pesados, tal como lo menciona Londoño et al., (2016), que metales como el arsénico (As), cobre (Cu), mercurio (Hg) y plomo (Pb) pueden estar presentes en compuestos de medicinas, desinfectantes e insecticidas. Es probable que también el Cr este presente en estos suelos por su origen natural, ya que en el estudio desarrollado por Reategui (2022), donde se evaluó el contenido de metales pesados en suelos cercanos a la Laguna de Yarinacocha, también se encontró presencia de Cr el cual también sobrepasó los límites máximos permisibles, por lo

que se puede pensar que este elemento está presente en suelos aluviales y que las aguas pueden arrastrar cualquier residuos, añadiendo eso a que también la laguna de Yarinacocha está contaminada por residuos que salen del Hospital Amazónico de Yarina. Otras de las actividades que se realizan en la laguna son el pintado de las embarcaciones en las cuales utilizan aerosoles, pintura a presión, así mismo existen también empresas que trabajan los metales construyendo embarcaciones, especialmente con aluminio, realizan trabajos de soldadura y también trabajos en madera, pintado con barniz y residuos de aserraderos. Todas estas actividades que se realizan cerca de los balnearios pueden ser los responsables de la presencia de Cr en los suelos, ya que según Delince et al., (2015), no solo la industria química está ligado a liberar Cr al ambiente si no también el uso de pesticidas, pigmentos, colorantes, telas, madera, cerámica, fotograbado, cerillas y algunos explosivos también pueden liberar Cr. En este caso todos estos productos pueden ser utilizados en los asentamientos humanos que estas cerca de los balnearios, sumado a ellos las aguas residuales que se esparcen por todo el suelo hasta llegar a la laguna también pueden ser el origen del Cr.

Finalmente, los elementos que se encontraron en menores concentraciones como el arsénico (As), mercurio (Hg), cadmio (Cd) y el cianuro libre justifican su presencia también, aunque en una menor cantidad por las actividades antropogénicas antes mencionadas. Aunque cabe resaltar que estas concentraciones pueden variar, puesto que algunas zonas se encontraron contenidos mayores, entendiendo que también la menor o mayor acumulación dependerá en el tiempo del poblamiento total de estas zonas turísticas, cuando la zona urbana se extienda en un futuro no muy lejano.

Por otro lado, tal como se mencionó anteriormente, el monitoreo de los

metales pesados en los balnearios es de vital importancia para salvaguardar la salud de las personas que acuden a estos lugares, ya que elementos como el Pb, As, Cr y Hg también pueden ingresar al organismo por contacto directo vía dérmica, ocasionando manifestaciones cutáneas en las personas, lo que representa un potencial peligro de intoxicación para los visitantes (Luordo et al., 2014). Los problemas de salud asociados a la intoxicación por Cr son: problemas respiratorios y complicaciones a los pulmones, ulceras e irritación a los intestinos y al estómago, cáncer, problemas de infertilidad y daños al aparato reproductor especialmente en los hombres (ASTDR, 2024). Así mismo Agencia para sustancias tóxicas (ASTDR, 2024), menciona que también una fuente común para que el Cr este presente en los suelos y el ambiente es la contaminación atmosférica que luego se deposita en los suelos, de igual forma por la quema de los hornos de Carbón vegetal, los cuales existen a lo largo del distrito de Yarinacocha y presentan un radio de contaminación de varios metros, tal como lo mencionan Cauper y Medina (2022) en su trabajo de investigación donde determinaron la calidad de aire en zonas donde se existen hornos de carbón vegetal, en el cual observaron que los gases de las emisiones pueden llegar a un radio de 500 metros de la zona de producción, por lo que también pueden liberar partículas de Cr procedentes de la madera, las cuales se dispersan y se depositan en los suelos, tal como lo mencionan los autores mencionados.

CONCLUSIONES

- Se logró determinar la calidad inorgánica del suelo en la zona turística de Yarinacocha, evaluando parámetros representativos de metales pesados y otros compuestos inorgánicos, conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos establecidos por la normativa peruana. Los resultados obtenidos permitieron identificar el cumplimiento o incumplimiento de los valores límite establecidos para suelos con fines recreacionales. Esta información es clave para sustentar acciones de gestión ambiental y asegurar que las actividades turísticas en la zona se desarrollen en condiciones seguras para la salud humana y el ecosistema.
- Los suelos de los balnearios San José, San Juan, La restinga y Anaconda presentan una calidad inorgánica adecuada para fines de recreación en base a los resultados de las concentraciones Cd, Pb, As, Hg, Ba y cianuro libre que no sobrepasaron los límites máximos permisibles para suelos con fines de recreación y actividad industrial, estipulados el Ministerio del Ambiente (MINAM) en los estándares de calidad ambiental (ECA). Sin embargo, el contenido de Cr fue el único elemento sobrepasó los límites máximos permisibles, existiendo contaminación por Cr en los suelos de todos los balnearios evaluados.
- Los elementos que presentaron mayores concentraciones en los suelos de los balnearios de San José, San Juan, La restinga y Anaconda fueron el Ba con 360.563, 100.752, 109.736 y 349.112 ppm respectivamente, seguido por el Cr con 10.898, 23.847, 25.899, 17.365 ppm respectivamente y por último el Pb con 18.228, 15.290, 13.326 y 17.694 ppm. Los elementos que presentaron menores concentraciones en los

suelos de los balnearios de San José, San Juan, La restinga y Anaconda fueron el Hg con contenidos menores a 0,0167, 0.0167, 0,0167 y 0.0167 respectivamente, seguido por el Cd con contenidos menores a 0.225, 0.0225, 0.225, 0.0225 ppm respectivamente, cianuro libre con contenidos menores a 0.032, 0.032, 0,032 y 0.032 respectivamente y por último el As con 1.122, 4.528, 7.292 y 0.955 ppm respectivamente.

SUGERENCIAS

- Se sugiere a las instituciones de investigación científica como Universidades, Ministerio del Ambiente (MINAM) y otros organismos ambientales realizar estudios de identificación de los residuos sólidos específicos que originan la presencia de Cr, Ba y Pb, así como también realizar proyectos de mitigación de estos residuos en el campo y en los lugares de origen (hospitales, casas, negocios etc.).
- Se sugiere a las instituciones de investigación científica como Universidades y otros organismos ambientales realizar proyectos de remediación física, química y biológica de los elementos Cr, Ba y Pb en los suelos de los balnearios San José, San Juan, La restinga y Anaconda.
- Se sugiere a las instituciones como el Ministerio del Ambiente (MINAM) y Gobierno Regional local (GOREU) realizar charlas informativas para concientizar a las personas que acuden a la laguna sobre alternativas ecológicas para la conservación del ecosistema y los peligros que pueden ocasionar los metales pesados en la salud.
- Se sugiere a la Municipalidad Distrital de Yarinacocha colocar la respectiva señalización con el aviso de contaminación por Cr en los suelos de los balnearios San José, San Juan, La restinga y Anaconda.
- Se sugiere al Gobierno Regional local (GOREU) y a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizar monitoreos continuos en los suelos y aguas de los balnearios San José, San Juan, La restinga y Anaconda.
- Se sugiere a las Universidades, al Gobierno Regional local (GOREU), a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y otros organismos ambientales y

de investigación realizar proyectos de cuantificación de metales pesados en los peces que habitan la laguna de Yarinacocha.

- Se sugiere a la Municipalidad Distrital de Yarinacocha, al Ministerio del Ambiente (MINAM) y demás instituciones pertinentes realizar el control del impacto ambiental de los grifos que trabajan cerca de la laguna Yarinacocha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia para sustancias tóxicas (ASTDR, Marzo del 2024). Resúmenes de Salud Pública - Bario (Barium). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html

Agencia para sustancias tóxicas (ASTDR, Marzo del 2024). Resúmenes de Salud Pública - Cromo (Chromium). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html

Alloway, B. J. 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic Professional. London. 2a. Edición

Alvarado, O.A. (2018). *Evaluación de parámetros inorgánicos establecidos en los estándares de calidad ambiental para suelo (D.S. N° 011 – 2017 MINAM); distrito de simón bolívar – provincia de Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Disponible en http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/520/1/T026_74734154_T.pdf

Atencia, P.V y Albornoz, F.K. (2022). *Determinación cuantitativa de cadmio (cd) y plomo (pb) disponible en suelos de uso agrícola en el Centro Poblado de San José de Yarinacocha, región Ucayali – Perú – 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5394

Azpilicueta, C., Pena, L. y Gallego, S. (2010). Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad. *Cienc. Hoy*, 20: 5 p.

Campos, F.; Flores, G.C. y Díaz, Z.E. (2015). Presencia de metales pesados en suelos de plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región Ucayali. Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4174

Cartaya, O., Reynaldo, I. y Peniche, C. (2008). Cinética de adsorción de iones cobre (II) por una mezcla de oligogalacturónidos. *Rev. Iberoam. Polímero* Vol. 9 (95): 473–479.

Castro, G. y Valdés, J. (2012). Concentración de metales pesados (Cu, Ni, Zn, Cd, Pb) en la biota y sedimentos de una playa artificial, en la bahía San Jorge 23°S, norte de Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 40 (2): 267-281. DOI: 10.3856/vol40-issue2-fulltext-3

Cauper, L.V., y Medina, S.B. (2022). *Efecto de la producción de carbón vegetal en la calidad del aire en el distrito de Manantay – Ucayali*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5266

Chandrasekaran, S., Sankaran P.G. and Venkatraman, B. (2019). Spatial and heavy metal assessment in beach sands of east coast of Tamil Nadu, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management.* 20 volum. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100324

Claudio, G.A., López, M.V., Sandoval, C.L., Santa Cruz, P.L y Ureta, Q.S. (11 noviembre del 2023). *Pucallpa: La laguna de Yarinacocha está en peligro por vertidos de basura y combustibles.* https://elcomercio.pe/corresponsales-escolares/historias/pucallpa-laguna-de-yarinacocha-en-peligro-por-vertidos-de-basura-y-combustibles-que-ponen-en-riesgo-la-biodiversidad-ucayali-noticia/?ref=ecr

Contreras Pérez, J., Mendoza, C.L. and Gómez, A. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina. *Cienc. Soc*., vol. 29 (1): 38–71.

Díaz R.O., Buzón G.F., Arado, L. (2015). Assessment of Ni, Cu, Zn and Pb levels in beach and dune sands from Havana resorts, Cuba. *Mar Pollut Bull.* 2015; 100(1): 571-576. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.08.018

EL-Bady, M.S.M., Metwalli, H.I., Melegy, A.A. and Samy, Y. (2016). Heavy metals contamination in the coastal area between Burg EL-Burullus and Baltim,

Northern Nile Delta, Egypt. International Journal of ChemTech Research, 9(12): 51-60. https://sphinxsai.com/2016/ch_vol9_no12/1/(51-60)V9N12CT.pdf

Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 26 (Supl. 1): 141-153. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008*

Fuentelsaz, C. (2004). Cálculo del tamaño de la muestra. *Matronas Prof.* 5(18):5-13.

Gay, L. (1996). *Educational Research Neu* Jersey. Estados Unidos: Prentice Hall Inc.

Gómez R. V., Velásquez, J.J. y Quintana, M. G. (2013). Lignina como adsorbente de metales pesados. *Rev. Investig. Apl*., 7 (2): 74–85. https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6881

Londoño Franco, L.F., Londoño Muñoz, P.T. y Muñoz G.F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, vol. 14 (2): 145, 2016.

Luordo, D., Forrester, D., Lorenzo, S., Encabo, F. y Guerra, A. (Manifestaciones cutáneas de las intoxicaciones por arsénico, plomo, mercurio y plata. *Más Dermatol*, 23: 4-11. https://masdermatologia.com/PDF/0147.pdf

Machado, A., García, N., García, C., Acosta, L., Córdova, A., Linares, M., Giralboth, D. y Velásquez, H. (2008). Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 24 (4) 171-182

Machado, A., García, N., García, C., Acosta, L., Córdova, A., Linares, M., Giralboth, D. y Velásquez, H. (2008). Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 24 (4) 171-182

Manassero, M.J., Da Silva, M.M., Boff, D.L., Hurtado, M.A (2013). Metales pesados en suelos de la planicie costera del río de la plata, partidos de Ensenada y Berisso. *Cienc. Suelo* (Argentina) 31(2): 253-264. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672013000200011

Marruecos, L., Nogué, S., y Nolla, J. (1993). *Toxicología clínica*. Barcelona.: Springer-Verlag Ibérica.

Martorell J.J. (2010) *Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa Sur Atlántica andaluza afectados por Contaminación difusa*. [Tesis de postgrado Universidad de Cádiz].

Matthew, A.I., Frederick, L, y Christine, C. (2022). Assessment of Heavy Metal Distributions in Sand Beaches in the Maltese Islands. Appl. Sci, 12(14): 7192. https://doi.org/10.3390/app12147192

Mendoza, P. (2011). *Evaluación de los factores contaminantes que ocasionan impacto ambiental por aguas servidas en la quebrada Yumantay.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1840

MINAM (2014). Guía para muestreo de suelos según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf

MINAM (2017). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Suelos. Anexo 1. Disponible en file:///C:/Users/User/Downloads/011-2017-minam.pdf

Nava-Ruíz, C. y Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch. Neurociencias*, 16 (3): 140–147.https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane2011/ane113f.pdf

Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1): 227-232. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf

Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria-Villa, R. A. y Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión, Entre Ciencia e Ingeniería, 14 (27): 9-18. DOI: https://doi.org/10.31908/19098367.1734

Reategui, S.J. (2022). *Determinación del contenido de metales pesados en entisoles en zonas de actividad industrial y comercial en la región Ucayali – Perú.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5844/B10_2022_UNU_AMBIENTAL_2022_T_JESSICA_SALOME_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., Gonzales, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 16(2): 66-67.

Roig, M.B. (2006). *Evaluación de las tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con Cromo.* [Tesis de pregrado, Escola Técnica Superior d' Enginyeria Industrial de Barcelona] 105 p. http://hdl.handle.net/2099.1/3153

Rojas, C. M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación*. Revista electrónica de Veterinaria*, 16(1): 1 – 4. Disponible en https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63638739004

Sanín, L. *et al*., (1998). Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Pública de México, 40(4).* DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0036-36341998000400009

Singh, P. K., & Tewari, R. K. (2003). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of Brassica juncea L. plants. *Journal of Environmental Biology*, *24*(1), 107- 112.

Smedley, P.L. y Kinniburgh, D.G.,(2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. App lied Geochemistry, 17(5), pp.517–568. DOI:10.1016/S0883-2927(02)00018-5

Trivedi, P. y Axe, L. (2000). Modeling Cd and Zn sorption to hydrous metal oxides. *Environ. Sci. Technol*., 34 (11): 2215–2223. DOI:10.1021/es991110c

Vargas, V.L. (2020). El factor cultural en la mortalidad de la especie *Coragyps atratus Bechstein* (gallinazo) en el distrito de Manantay. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4860/UNU_MAESTRIA_2021_TM_LENIN-VARGAS-MILLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vega, J.L. (2021). Aplicación de métodos fisicoquímicos y biológicos en suelos contaminados con Cadmio y Plomo. https://www.unheval.edu.pe/portal/

Vílchez, R. (2005). Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: Estudio microbiológico de las biopelículas. Universidad de Granada.

Zurera, G. et al., (1987). Lead and cadmium contamination levels in edible vegetables. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 38(5), pp.805–812. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/BF01616705

ANEXOS

ANEXO 1. Comparación de medias entre los datos de metales pesados (As, Ba, Cr, Cd, Pb, Hg) y el cianuro libre en los suelos de los balnearios evaluados, análisis de varianza de un factor (ANOVA).

- **Contenido de Arsénico (As)**

ANOVA

Contenido de As

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	82,698	3	27,566	6,344	,016
Dentro de grupos	34,763	8	4,345		
Total	117,461	11			

Contenido de As

HSD Tukey[a]

Procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Anaconda	3	,95500	
San José	3	1,12200	
San Juan	3	4,52833	4,52833
La restinga	3		7,29200
Sig.		,232	,418

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

- **Contenido de Mercurio (Hg)**

ANOVA

Contenido de Hg

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	,000	1,000
Dentro de grupos	,000	8	,000		
Total	,000	11			

Contenido de Hg

HSD Tukey[a]

Procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
San Jose	3	,01667
San Juan	3	,01667
La restinga	3	,01667
Anaconda	3	,01667
Sig.		1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

- **Contenido de Bario (Ba)**

ANOVA

Contenido de Ba

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	187169,428	3	62389,809	1,930	,203
Dentro de grupos	258620,892	8	32327,612		
Total	445790,320	11			

Contenido de Ba

HSD Tukey[a]

Procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
San Juan	3	100,75167
La restinga	3	109,73567
Anaconda	3	349,12200
San Jose	3	360,50333
Sig.		,353

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

- **Contenido de Cromo (Cr)**

ANOVA

Contenido de Cr

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	415,206	3	138,402	4,016	,051
Dentro de grupos	275,692	8	34,462		
Total	690,898	11			

Contenido de Cr

HSD Tukey[a]

Procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
San Jose	3	10,89767
Anaconda	3	17,36533
San Juan	3	23,84667
La restinga	3	25,89933
Sig.		,055

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

- **Contenido de Cadmio (Cd)**

ANOVA

Contenido de Cd

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	,000	1,000
Dentro de grupos	,278	8	,035		
Total	,278	11			

Contenido de Cd

HSD Tukey[a]

Procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
San Jose	3	,22533
San Juan	3	,22533
La restinga	3	,22533
Anaconda	3	,22533
Sig.		1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

- **Contenido de Plomo (Pb)**

ANOVA

Contenido de Pb

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	46,248	3	15,416	,341	,796
Dentro de grupos	361,211	8	45,151		
Total	407,458	11			

Contenido de Pb

HSD Tukey[a]

Procedencia	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
La restinga	3	13,32567
San Juan	3	15,29033
Anaconda	3	17,69367
San José	3	18,22800
Sig.		,809

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

- **Contenido de cianuro libre**

ANOVA

Contenido de cianuro libre

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	.	.
Dentro de grupos	,000	8	,000		
Total	,000	11			

ANEXO 2. Resultados de los análisis de suelos del laboratorio.

- **San José muestra 1**

INFORME DE ENSAYO Nº 2023-0004575

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2023-2384

Producto declarado:	SUELO
Número de Muestras:	01
Presentación:	Envase sellado / Una (01) unidad de 4kg aprox. / San José - Muestra I
Procedencia:	Muestra proporcionada por el Cliente
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	No Aplica
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	No Aplica - No Aplica
Coordenadas:	No Aplica
Punto de muestreo:	No Aplica
Fecha de recepción de la muestra:	2023-08-04
Código de Muestra:	2023-0004575
Fecha de inicio de análisis:	2023-08-04
Fecha de término de análisis:	2023-08-16
Fecha de emisión:	2023-08-22

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
Cianuro Libre (*)	0,013	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032
Arsénico	0,020	0,050	mg/kg PS (2)	< 0,050
Bario Total (15) (*)	0,120	0,300	mg/kg PS (2)	21,418
Cadmio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Cromo total (*)	0,060	0,030	mg/kg PS (2)	5,279
Mercurio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Plomo (*)	0,008	0,020	mg/kg PS (2)	4,383

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

- **San José muestra 2**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001919

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°20'13" - 74°36'11"
Punto de muestreo:	P-01 / San Jose muestra 1 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001919
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSENICO	1,067	2,667	mg/kg	1,450
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	518,531
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	13,375
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	27,984
Cianuro Libre	0,012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **San José muestra 3**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001920

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°20'13" - 74°36'11"
Punto de muestreo:	P-02 / San Jose muestra 2 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001920
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	1,867
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	541,561
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	13,669
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	22,317
Cianuro Libre	0,012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **San Juan muestra 1**

INFORME DE ENSAYO Nº 2023-0004576

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2023-2384

Producto declarado:	SUELO
Número de Muestras:	01
Presentación:	Envase sellado / Una (01) unidad de 4kg aprox. / San Juan - Muestra II
Procedencia:	Muestra proporcionada por el Cliente
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	No Aplica
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	No Aplica - No Aplica
Coordenadas:	No Aplica
Punto de muestreo:	No Aplica
Fecha de recepción de la muestra:	2023-08-04
Código de Muestra:	2023-0004576
Fecha de inicio de análisis:	2023-08-04
Fecha de término de análisis:	2023-08-16
Fecha de emisión:	2023-08-22

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
Cianuro Libre (*)	0,013	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032
Arsénico	0,020	0,050	mg/kg PS (2)	1,492
Bario Total (15) (*)	0,120	0,300	mg/kg PS (2)	76,907
Cadmio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Cromo total (*)	0,060	0,030	mg/kg PS (2)	18,804
Mercurio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Plomo (*)	0,008	0,020	mg/kg PS (2)	15,520

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

- **San Juan muestra 2**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001923

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°19'21" - 74°36'09"
Punto de muestreo:	P-05 / San Juan muestra 1 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001923
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	5,636
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	103,455
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	24,123
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	15,037
Cianuro Libre	0,012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **San Juan muestra 3**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001924

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°19'21" - 74°36'09"
Punto de muestreo:	P-06 / San Juan muestra 2 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001924
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	6,457
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	121,893
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	28,613
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	15,314
Cianuro Libre	0,012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **La restinga muestra 1**

INFORME DE ENSAYO Nº 2023-0004577

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2023-2384

Producto declarado:	SUELO
Número de Muestras:	01
Presentación:	Envase sellado / Una (01) unidad de 4kg aprox. / Restringa - Muestra III
Procedencia:	Muestra proporcionada por el Cliente
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	No Aplica
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	No Aplica - No Aplica
Coordenadas:	No Aplica
Punto de muestreo:	No Aplica
Fecha de recepción de la muestra:	2023-08-04
Código de Muestra:	2023-0004577
Fecha de inicio de análisis:	2023-08-04
Fecha de término de análisis:	2023-08-16
Fecha de emisión:	2023-08-22

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
Cianuro Libre (*)	0,013	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032
Arsénico	0,020	0,050	mg/kg PS (2)	4,089
Bario Total (15) (*)	0,120	0,300	mg/kg PS (2)	84,181
Cadmio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Cromo total (*)	0,060	0,030	mg/kg PS (2)	19,748
Mercurio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Plomo (*)	0,008	0,020	mg/kg PS (2)	9,275

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

- **La restinga muestra 2**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001921

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°20'07" - 74°33'59"
Punto de muestreo:	P-03 / La Restinga muestra 1 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001921
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	10,148
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	123,349
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	29,571
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	15,394
Cianuro Libre	0.012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **La restinga muestra 3**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001922

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°20'07" - 74°33'59"
Punto de muestreo:	P-04 / La Restinga muestra 2 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001922
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	7,639
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	121,677
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	28,379
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	15,308
Cianuro Libre	0,012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **Anaconda muestra 1**

INFORME DE ENSAYO Nº 2023-0004578

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2023-2384

Producto declarado:	SUELO
Número de Muestras:	01
Presentación:	Envase sellado / Una (01) unidad de 4kg aprox. / Anaconda - Muestra IV
Procedencia:	Muestra proporcionada por el Cliente
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	No Aplica
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	No Aplica - No Aplica
Coordenadas:	No Aplica
Punto de muestreo:	No Aplica
Fecha de recepción de la muestra:	2023-08-04
Código de Muestra:	2023-0004578
Fecha de inicio de análisis:	2023-08-04
Fecha de término de análisis:	2023-08-16
Fecha de emisión:	2023-08-22

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
Cianuro Libre (*)	0,013	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032
Arsénico	0,020	0,050	mg/kg PS (2)	1,194
Bario Total (15) (*)	0,120	0,300	mg/kg PS (2)	139,685
Cadmio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Cromo total (*)	0,060	0,030	mg/kg PS (2)	26,184
Mercurio (*)	0,004	0,010	mg/kg PS (2)	< 0,010
Plomo (*)	0,008	0,020	mg/kg PS (2)	14,834

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

- **Anaconda muestra 2**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001925

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°20'51" - 74°34'12"
Punto de muestreo:	P-07 / Anaconda muestra 1 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001925
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	1,119
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	358,741
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	11,259
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	15,922
Cianuro Libre	0.012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

- **Anaconda muestra 3**

INFORME DE ENSAYO Nº 2024-0001926

Razón social del cliente:	RAMIREZ GONZALES ANDREA HELEN	**RUC:**	10710511671
Domicilio legal del cliente:	CORONEL PORTILLO	**Cotización:**	2024-0973

Producto declarado:	Suelo
Número de Muestras:	01
Presentación:	Bolsa sellada / Una (01) unidad de 2kg aprox.
Procedencia:	Laguna Yarinacocha
Condición de la muestra:	Temperatura ambiente
Muestreado por:	El Cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	2024-02-09 - 10:00
Coordenadas:	8°20'51" - 74°34'12"
Punto de muestreo:	P-08 / Anaconda muestra 2 - profundidad: 30cm
Fecha de recepción de la muestra:	2024-02-12 - 13:43:00
Código de Muestra:	2024-0001926
Fecha de inicio de análisis:	2024-02-12
Fecha de término de análisis:	2024-02-22
Fecha de emisión:	2024-02-23

Físico Químicos				
Análisis	**L.D.M**	**L.C.M**	**Unidad**	**Resultados**
ARSÉNICO	1,067	2,667	mg/kg	0,552
BARIO	0,133	0,333	mg/kg	548,940
CADMIO	0,133	0,333	mg/kg	<0,333
CROMO	0,533	1,333	mg/kg	14,643
MERCURIO	0,008	0,020	mg/kg	<0,020
PLOMO	1,333	3,333	mg/kg	22,335
Cianuro Libre	0,012	0,032	mg/kg PS (2)	<0,032

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

ANEXO 3. Fotografías de las actividades realizadas en el estudio.



Foto 1. Colección de muestras de suelos en el balneario San José.



Foto 2. Colección de muestras en el balneario San Juan.



Foto 3. Colección de muestras en el balneario la Anaconda.



Foto 4. Colección de muestras en el balneario la Anaconda.

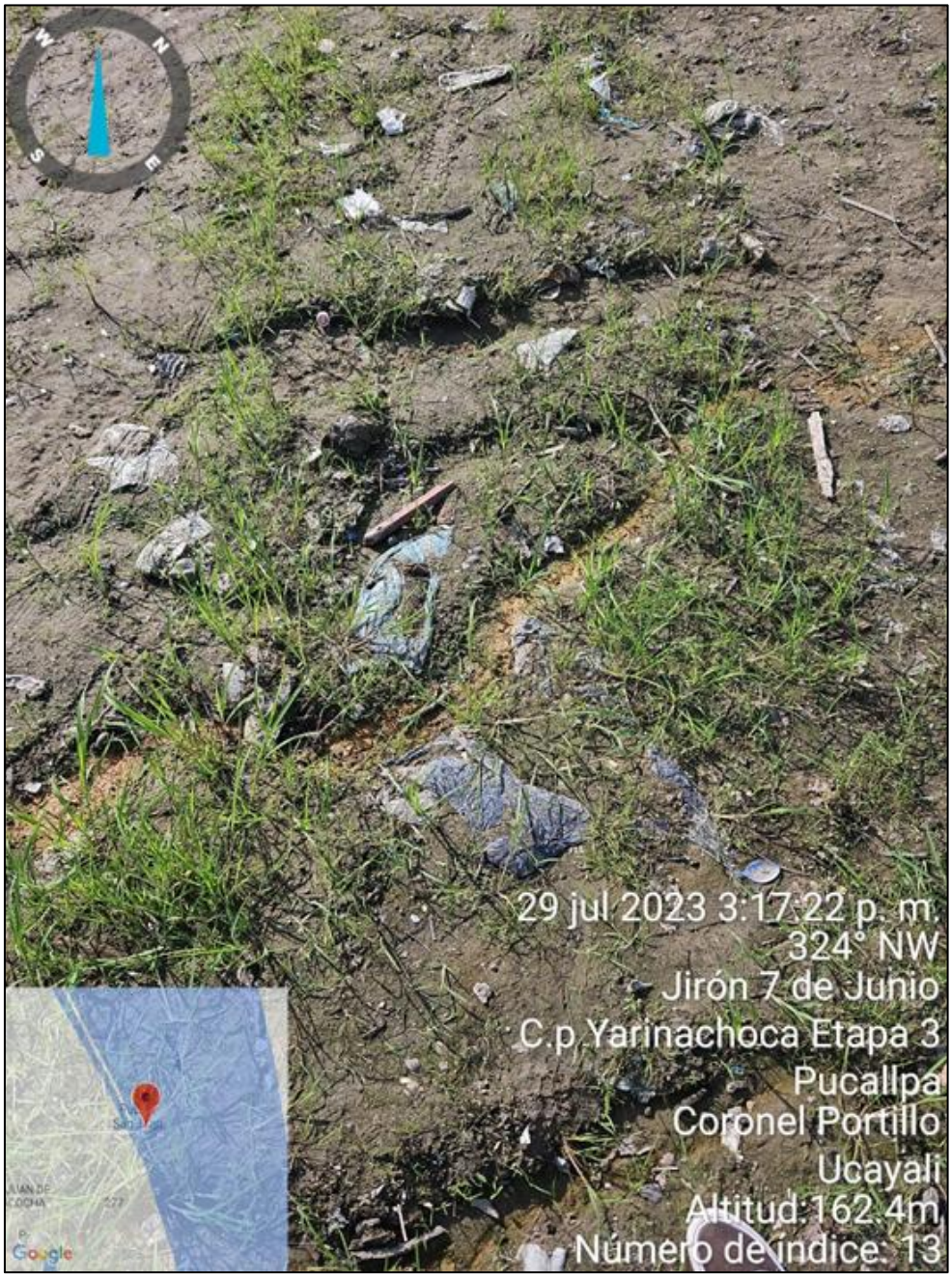


Foto 5. Presencia de residuos sólidos en los suelos de los balnearios evaluados.

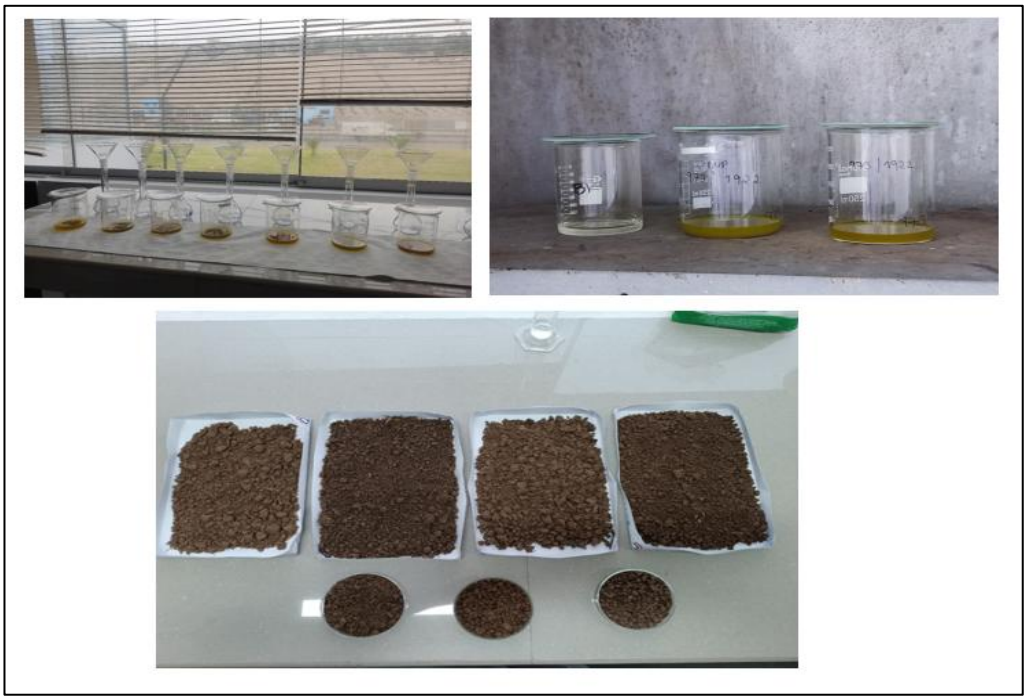


Foto 6. Digestión de muestras de suelos.



Foto 7. Lectura de muestras de suelos en el espectrofotómetro.