



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2024-FIAS-024

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“NIVEL DE CONTAMINACIÓN DE SUELO POR RESIDUOS NO DESEADOS LOCALIZADOS EN EL CAUCE DEL RIO ICA EN LA ESTACIÓN SECO, ICA”

Presentado por:

ZENDER PEÑA VALERIA

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 2%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20154575**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 14 de Febrero del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS:

**Nivel de Contaminación de suelo por residuos no deseados
localizados en el cauce del río Ica en la estación seco, Ica**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

Presentado por:

Bach. VALERIA ZENDER PEÑA

Asesor:

Dr. PEDRO CORDOVA MENDOZA

ICA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis **padres, Mercedes y Gino** por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio inquebrantable. Cada logro en esta tesis es un reflejo de la fuerza y guía que siempre han proporcionado en mi vida.

A mi querida **abuela Mercedes** por ser mi fuente constante de inspiración y motivación. Tu aliento y comprensión han sido un faro luminoso en los momentos desafiantes de este viaje académico.

A **mis amigos**, por compartir risas, brindar apoyo moral y ser compañeros leales a lo largo de este camino.

Este trabajo no solo es un logro personal, sino también un **tributo a quienes han sido pilares fundamentales en mi trayectoria**. Gracias por ser parte integral de este capítulo significativo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi **profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron** de manera significativa a la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero **agradecer a mi Tutor de Tesis Dr. Pedro Córdova Mendoza**, por su orientación y apoyo constante. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Agradezco sinceramente a mis profesores, quienes generosamente compartieron sus conocimientos y brindaron valiosas sugerencias. Mi gratitud se extiende a mis amigos y familiares por su apoyo incondicional a lo largo de este arduo proceso.

Finalmente, quiero expresar mi profundo **agradecimiento a mis padres**, esta tesis no sería posible sin su apoyo inquebrantable.

Gracias a todos los que, de una forma u otra, contribuyeron a este proyecto. Este logro no solo es mío, sino también de aquellos que creyeron en mí a lo largo de este viaje.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	15
1.2.2. Antecedentes nacionales	18
1.3. BASES TEÓRICAS.....	19
1.3.1. ¿Qué es el suelo?.....	19
1.3.2. Nivel de contaminación de suelo	19
1.3.3. Composición de suelo	20
1.3.4. La contaminación del suelo.....	22
1.3.5. Evaluación de la contaminación del suelo	22
1.3.6. Manejo de la contaminación del suelo	23
1.3.7. Cuenca hidrográfica	23
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.4.1. Problema general.....	25
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.5.1. Objetivo principal.....	25
1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	25
1.6.1. Hipótesis principal	25
1.6.2. Variables de investigación	25
1.7. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	26
1.7.1. Justificación.....	26
1.7.2. Importancia	27

1.8.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	29
1.8.1.	Contaminación del suelo	29
1.8.2.	Usos del suelo	29
1.8.3.	Residuos sólidos.....	29
1.8.4.	Botadero	29
1.8.5.	Lixiviados.....	30
1.9.	NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL SUELO	30
1.9.1.	Ley de Residuos Sólidos (Ley N°27314):.....	30
1.9.2.	Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos (Decreto Supremo N°014- 2017-MINAM).....	30
1.9.3.	Norma de Calidad Ambiental para Suelo.....	30
1.9.4.	Ordenanza Municipal N°012-2013-MPI.....	30
1.9.5.	Estándares de Calidad Ambiental (ECA-SUELO) para suelos D.S. N°011-2017-MINAM.....	31
1.9.6.	Ley General del Ambiente (Ley N°28611).....	32
II.	ESTRATEGIA METODOLOGICA	33
2.1.	ÁREA DE ESTUDIO	33
2.2.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	34
2.2.1.	Tipo, nivel y diseño de investigación.....	34
2.2.2.	“Población y muestra	35
2.2.3.	Técnicas de recolección de datos	36
2.2.4.	Instrumentos de recolección de datos	36
2.2.5.	Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados 36	
III.	RESULTADOS	38
3.1.	“DETERMINAR EL NIVEL DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y LOS RESIDUOS NO DESEADOS LOCALIZADOS EN EL CAUCE DEL RÍO ICA DURANTE LA ESTACIÓN SECA”	38
3.1.1.	Puntos de Monitoreo	38
3.1.2.	Equipos, instrumentos y métodos de análisis utilizados	39
3.1.3.	Resultados de monitoreo de suelo.....	42
3.1.4.	Prueba de Hipótesis.....	52

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO.....	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Decreto Supremo N°011-2017-MINAM.....	31
Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA-SUELO) para suelos	31
Tabla 3. Descripción y ubicación en coordenadas UTM de los puntos de monitoreo de calidad de aire.....	38
Tabla 4. Resultado del “monitoreo de la calidad de suelo”, punto ZP-01	43
Tabla 5. Resultado del monitoreo de la calidad de suelo, punto ZP-02.....	44
Tabla 6. Resultado del “monitoreo de la calidad de suelo”, punto ZP-03	45
Tabla 7. Resultado del “monitoreo de la calidad de suelo”, punto ZP-04	46
Tabla 8. Concentración de Arsénico	48
Tabla 9. Concentración del Bario	49
Tabla 10. Concentración del Plomo	50
Tabla 11. Concentración del Cromo	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio altura puente Grau, en la cuenca del rio Ica-Distrito de Ica	33
Figura 2. Área de estudio altura de la calle dos de mayo, en la “cuenca del rio Ica-Distrito de Ica”	34
Figura 3. Ilustra la ubicación precisa del lugar donde se efectuó el monitoreo de suelos	39
Figura 4. Muestra obtenida en el lugar designado, ZP-02	40
Figura 5. Temperatura obtenida en el lugar designado, ZP-02.....	40
Figura 6. Temperatura obtenida en el lugar designado, ZP-02.....	42
Figura 7. Monitoreo, concentración de arsénico en suelo del Rio Ica.....	49
Figura 8. Monitoreo, concentración de bario en suelo del Rio Ica.....	50
Figura 9. Monitoreo, concentración de plomo en suelo del Rio Ica.....	51
Figura 10. Monitoreo, concentración de plomo en suelo del Rio Ica.....	52
Figura 11. Distribución de t-Student para el monitoreo de la concentración de Plomo en cauce del Rio Ica	54

RESUMEN

Objetivo, fue determinar el nivel de contaminación del suelo causado por la presencia de residuos no deseados localizados en el cauce del río Ica durante la estación seca.

Material y Métodos Se realizaron monitoreos de suelos en cuatro puntos designados (ZP-01, ZP-02, ZP-03, ZP-04) a lo largo del río Ica durante la estación seca. Las muestras compuestas se recolectaron in situ, abarcando un área de estudio de 23 metros de ancho por 30 metros de largo en cada punto de muestreo. Las coordenadas UTM se registraron para una ubicación precisa. Equipos como cámaras fotográficas, GPS y herramientas estándar de calidad ambiental para suelo se utilizaron en la investigación.

Se aplicaron técnicas específicas para medir parámetros como temperatura, pH y concentraciones de metales pesado. **Resultados**, Los análisis revelaron concentraciones de metales pesados, incluyendo arsénico, bario, plomo y cromo, en los suelos del río Ica. A pesar de que estas concentraciones son significativamente altas, se observa que todas ellas están por “debajo del límite establecido por el Estándar de Calidad Ambiental” (ECA) para el Plomo, que es de 800. Aunque se detectaron niveles detectables, estos generalmente se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA). **Discusión**, A pesar de las concentraciones detectables, la presencia controlada de metales pesados sugiere que la contaminación del suelo en la región del río Ica durante la estación seca se mantiene en niveles gestionables. Sin embargo, se destaca la importancia de la gestión ambiental continua para preservar la calidad del suelo. **Conclusión**, Los resultados indican que, aunque hay presencia de metales pesados, la situación actual no es alarmante y está bajo control. Se recomienda un programa de monitoreo continuo para evaluar la evolución de la calidad del suelo con el tiempo y implementar estrategias de gestión ambiental para mantener un entorno sano y sostenible en la región del río Ica.

Palabras Claves: *Contaminación de suelos, Residuos no deseados; Metales pesados; Salud humana; Educación ambiental*

SUMMARY

Objective was to determine the level of soil contamination caused by the presence of unwanted waste located in the Ica River bed during the dry season. **Material and Methods** Soil monitoring was carried out at four designated points (ZP-01, ZP-02, ZP-03, ZP-04) along the Ica River during the dry season. Composite samples were collected in situ, covering a study area 23 meters wide by 30 meters long at each sampling point. UTM coordinates were recorded for precise location. Equipment such as cameras, GPS and standard soil environmental quality tools were used in the investigation. Specific techniques were applied to measure parameters such as temperature, pH and concentrations of heavy metals. **Results**, the analyzes revealed concentrations of heavy metals, including arsenic, barium, lead and chromium, in the soils of the Ica River. Although these concentrations are significantly high, it is observed that all of them are “below the limit established by the Environmental Quality Standard” (ECA) for Lead, which is 800. Although detectable levels were detected, these are generally remained below the limits established by the Environmental Quality Standard (ECA). **Discussion**, Despite the detectable concentrations, the controlled presence of heavy metals suggests that soil contamination in the Ica River region during the dry season remains at manageable levels. However, the importance of continuous environmental management to preserve soil quality is highlighted. **Conclusion**, the results indicate that, although there is a presence of heavy metals, the current situation is not alarming and is under control. A continuous monitoring program is recommended to evaluate the evolution of soil quality over time and implement environmental management strategies to maintain a healthy and sustainable environment in the Ica River region.

Keywords: *Soil contamination, Unwanted waste; Heavy metals; Human health; Environmental education.*

I. INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental ha adquirido una relevancia significativa en las últimas décadas debido al impacto negativo que ha generado en los ecosistemas y la salud humana. Entre los diversos factores que contribuyen a esta problemática, la contaminación del suelo se destaca como un desafío crítico que requiere atención inmediata. En este contexto, el presente estudio se enfoca en la evaluación del nivel de contaminación del suelo por residuos no deseados en el cauce del río Ica, específicamente en la estación seca. Esta investigación busca analizar en profundidad la presencia y distribución de estos residuos, así como comprender sus posibles consecuencias para el medio ambiente y la comunidad local.

La cuenca del río Ica ha sido históricamente una fuente vital de recursos para la región, desempeñando un papel esencial en la agricultura, el abastecimiento de agua y la biodiversidad. Sin embargo, en los últimos años, se ha observado un aumento en la acumulación de residuos no deseados en el cauce del río, lo que ha suscitado preocupación sobre los potenciales efectos perjudiciales para el entorno natural y la población circundante. Es imperativo abordar esta cuestión de manera sistemática y científica, con el objetivo de generar información precisa que oriente las estrategias de gestión ambiental y proporcione una base sólida para la toma de decisiones informadas.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el nivel de contaminación del suelo en el cauce del río Ica durante la estación seca, causado por la acumulación de residuos no deseados. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

Identificar y categorizar los tipos de residuos presentes en el cauce del río Ica.

Cuantificar la concentración y distribución espacial de los residuos en el suelo circundante.

Analizar las posibles vías de contaminación y los factores que contribuyen a la acumulación de residuos.

Evaluar los posibles impactos ambientales y riesgos para la salud asociados con la contaminación del suelo.

La metodología de investigación se basará en un enfoque multidisciplinario que combinará técnicas de muestreo, análisis químico y evaluación de datos geoespaciales. Se realizarán muestreos sistemáticos a lo largo del cauce del río Ica en la estación seca, recopilando muestras de suelo en diferentes ubicaciones. Estas muestras se someterán a análisis químicos para determinar la presencia y concentración de residuos específicos. Además, se utilizarán herramientas de cartografía y sistemas de información geográfica (SIG) para mapear la distribución espacial de la contaminación del suelo. Los resultados de este estudio proporcionarán información valiosa para entender la magnitud del problema y orientar las futuras acciones de mitigación.

El presente trabajo se organizará en distintas secciones para facilitar la comprensión y presentación de los resultados. El Capítulo 1 establecerá el marco teórico y conceptual, analizando las teorías relacionadas con la contaminación del suelo y su impacto en los ecosistemas acuáticos y terrestres. El Capítulo 2 describirá la metodología utilizada para la recopilación y análisis de datos, detallando los procedimientos de muestreo, las técnicas analíticas y la interpretación de los resultados. El Capítulo 3 presentará los resultados. Capítulo 4 discutirá los hallazgos obtenidos, haciendo énfasis en la distribución espacial de los residuos y sus implicaciones ambientales. El Capítulo 5 se presentarán las conclusiones finales del estudio. El Capítulo 6 recomendaciones para la gestión y mitigación de la contaminación del suelo en el cauce del río Ica.

1.1. Situación problemática

El manejo inadecuado de los residuos sólidos se ha erigido como una problemática de alcance global, particularmente acuciante en las urbes de considerables dimensiones. Esta problemática incide de manera significativa en la degradación de la calidad del suelo. La disposición definitiva de los desechos municipales en vertederos, independientemente de su carácter legal, emerge como una fuente generadora de contaminación que introduce al suelo diversos agentes contaminantes, entre los que se cuentan los metales pesados y los compuestos orgánicos de baja biodegradabilidad, entre otros [1]. En la mayoría de las naciones industrializadas, se encuentran en vigor rigurosas normativas que supervisan tanto la eliminación como el proceso de reciclaje de los desechos, tanto sólidos como líquidos [1]. Sin embargo, en algunos países persiste la realidad en la que el manejo y la disposición definitiva de los residuos sólidos aún conllevan un peligro latente tanto para el entorno ambiental como para la preservación de la salud humana. Entre los desafíos presentes, se destacan los productos químicos de origen doméstico, especialmente aquellos empleados en cantidades considerables como detergentes y artículos destinados al cuidado personal, los cuales, finalmente, también forman parte de los desechos sanitarios [2]. De acuerdo con los datos del Banco Mundial, a nivel global se produce una cantidad estimada de 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos urbanos. Aproximadamente el 67% de estos desechos son administrados de manera segura, mientras que el porcentaje restante conlleva repercusiones negativas tanto en términos de la relación con el entorno como en la generación de riesgos ambientales directamente vinculados a los componentes fundamentales del medio ambiente, tales como el suelo, el aire y el agua. [3].

Según el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAN), en el año 2017 se constató que, en promedio, cada ciudadano peruano genera más de 0.5 kilogramos diarios de desechos. En conjunto, el volumen estimado de desechos producido en el país alcanza las 18 mil toneladas. Sin embargo, el 50% de estos residuos sólidos no se gestionan de manera adecuada. Como resultado de esta situación, nos enfrentamos

al problema de tener ciudades, calles, ríos, playas y cauces fluviales repletos de desechos sólidos, representando una consecuencia perjudicial para el entorno [4].

A pesar de ser uno de los países más abundantes en recursos naturales en América Latina, el Perú muestra una de las reservas de recursos del suelo más escasas en la región. Esta situación se origina debido a la acumulación persistente de desechos sólidos que, una vez depositados en el suelo, se convierten en una parte integrante del mismo. A lo largo del tiempo, estos desechos experimentan procesos degradativos que varían de acuerdo con la composición del material. En el caso de los elementos en forma líquida o gaseosa, éstos son susceptibles de ser transportados a través del agua y el aire, contribuyendo así a la dispersión de sus componentes en el entorno [5].

En la ciudad de Ica, en los últimos años, ha emergido un serio desafío en relación con la polución y la contaminación, originado por los residuos orgánicos e inorgánicos generados por la actividad humana, lo que se conoce como contaminación antropogénica. Estos desperdicios son depositados en el lecho del río Ica y, a medida que se descomponen y generan lixiviados, provocan la contaminación del suelo. Se ha evidenciado la acumulación de considerables volúmenes de desechos sólidos en lugares críticos a lo largo del lecho del río Ica, el cual constituye el río más significativo del departamento de Ica. Para esta investigación, se han identificado puntos especialmente problemáticos ubicados bajo estructuras como el Puente Socorro, Puente Puno, Puente Grau y Puente Cutervo. Estos puntos son de especial interés debido a la concentración de residuos y su impacto potencial en el entorno.

1.2. Antecedentes del problema

Se han llevado a cabo varios estudios que abordan la problemática de la contaminación del suelo a causa de los residuos sólidos. Entre las investigaciones más destacadas, mencionamos

1.2.1. Antecedentes Internacionales

En 2019, *Galindo* [6], en Colombia, se llevó a cabo un estudio de carácter descriptivo-explicativo con el propósito de evaluar la condición del suelo utilizado para la disposición de residuos sólidos urbanos. Este análisis se realizó empleando pruebas fisicoquímicas. El enfoque de recolección de datos se basó en la utilización de encuestas y en la consulta de bases de datos confiables.

En 2017, *Olayiwola et al.* [7], se llevó a cabo en Nigeria un artículo científico con el propósito de investigar la contaminación del suelo en los vertederos de Awotan y Ajakanga, además de un área de referencia en Idi-Ose, donde también se evaluaron los niveles de metales pesados. La técnica utilizada para recopilar información fue la toma de muestras de suelo. Como resultado, se llegó a la conclusión de que se registró un aumento en la concentración de metales pesados (como Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo y Zinc) en los suelos de los vertederos en comparación con los suelos de los sitios de referencia. Estas concentraciones elevadas de metales pesados son absorbidas y acumuladas por las plantas que crecen en estas áreas.

En 2020, *Mekonnen et al.* [8], en Etiopía, se realizó un estudio científico con el propósito de evaluar el impacto de un vertedero de desechos sólidos en los suelos circundantes y la calidad del agua en el río Tepi. La metodología empleada para recopilar información incluyó la observación y el análisis de muestras. Los resultados revelaron que el pH del suelo se situaba por encima de 8, indicando un carácter básico. Se encontraron concentraciones elevadas de metales pesados como cadmio, zinc, plomo y cobre en los suelos, superando los límites establecidos por las regulaciones del país.

Además, las muestras de lixiviados extraídas del vertedero mostraron una mayor concentración de metales pesados, como plomo, cadmio, manganeso, níquel y cobre. Es importante destacar que la entrada de

estos lixiviados al ambiente se encuentra en proximidad directa con las aguas del río. Estos resultados apuntan a la existencia de una influencia negativa del vertedero en la calidad del suelo circundante y en el agua del río Tepi.

En 2019, *Vongdala et al.* [9], realizaron una investigación en Vietnam con el objetivo de analizar la contaminación del suelo, agua y plantas causada por los residuos sólidos y la presencia de metales pesados como cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y zinc. Este análisis se realizó de acuerdo con los Estándares Ambientales Nacionales de Laos (ANES), los Estándares Holandeses sobre Contaminantes (DPS) y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La técnica de recolección de datos utilizada se basó en la toma de muestras y análisis estadísticos.

En conclusión, los resultados mostraron una grave contaminación del agua, los suelos y las plantas que crecían en el vertedero. Se observó que, con la excepción del níquel (Ni), los niveles de contaminación por cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) superaban los estándares establecidos por los Estándares Ambientales Nacionales de Laos, la OMS y los Estándares Holandeses sobre Contaminantes. Estos hallazgos resaltan la severidad de la contaminación presente en el entorno analizado, con implicaciones significativas para la salud humana y el ecosistema circundante.

En 2016, *Adamcová et al.* [10], llevaron a cabo un estudio científico en la República Checa con el propósito de evaluar la ecotoxicidad del suelo en un vertedero. Utilizaron análisis químicos de muestras como técnica para recolectar datos. Los resultados condujeron a las siguientes conclusiones: en algunas muestras, los metales pesados como el cromo (Cr), el cobre (Cu) y el níquel (Ni) excedieron los valores de umbral. La muestra 2 presentó los valores más altos para Cr, Cu y Ni entre todas las muestras analizadas, y estos valores para Cr y Ni fueron varias veces más altos que en otras muestras. Luego de la muestra 2, las segundas concentraciones más altas de Cr, Cu y Ni se encontraron en las muestras

6 y 7 (especialmente para Cr y Ni). Ambas muestras superaron los límites establecidos, aunque sus valores medidos no fueron tan elevados como en el caso de la muestra 2.

A una concentración del 25% del suelo analizado, se observaron valores más bajos en la capacidad de germinación en ciertas muestras, específicamente de la 3 a la 8. No obstante, en general, la capacidad de germinación de las semillas varió entre el 86% y el 137% en las ocho muestras de suelo analizadas. Estos resultados sugieren la existencia de niveles significativos de contaminación y ecotoxicidad en el vertedero estudiado, con impactos negativos en la germinación de las semillas y, por ende, en la salud del ecosistema circundante.

En 2017, *Ishchenko* [11], se realizó un estudio científico en Ucrania con el objetivo de analizar la contaminación del suelo en los vertederos sanitarios. La metodología empleada para recopilar información consistió en la toma de muestras y su posterior análisis. Los resultados llevaron a las siguientes conclusiones: los análisis realizados demostraron que no se excedieron los límites permitidos. Los niveles más altos registrados estuvieron alrededor de un 0,5 del límite (para elementos como cromo y plomo), mientras que las concentraciones de cadmio y níquel resultaron ser insignificantes.

Además, se observó que las concentraciones de metales pesados en el suelo del área de estudio eran más bajas en comparación con los suelos cercanos a otros vertederos en la región de Vinnytsia. Se destacó también que las formas móviles de los metales pesados presentaban solo una fracción pequeña de su contenido total en los suelos cercanos a los vertederos sanitarios. Estos hallazgos indican que, en este contexto particular, los niveles de contaminación en los vertederos sanitarios estudiados no superaban los límites legales establecidos y que las concentraciones de metales pesados en el suelo eran relativamente menores en comparación con otras áreas cercanas a vertederos en la misma región.

1.2.2. Antecedentes nacionales

En 2019, *Díaz* [12], en Cajamarca, se llevó a cabo un estudio descriptivo con un diseño no experimental con el propósito de evaluar la contaminación del suelo afectado por los lixiviados provenientes del botadero municipal en el Distrito de San Pablo. El objetivo central fue determinar los niveles de concentración de plomo, cadmio y cromo en el suelo que se veía afectado por dichos lixiviados. La metodología de recopilación de datos involucró la toma de muestras, el uso de listas de cotejo y guías.

Las conclusiones obtenidas fueron las siguientes: En el punto de muestreo P1, se observaron concentraciones de cadmio de 18,752 mg/kg, seguido por el plomo con 16,25 mg/kg. En el punto P2, se identificaron concentraciones de 15,126 mg/kg de cadmio y 12,037 mg/kg de plomo. Por último, en el punto P3, se encontró una concentración de plomo de 11,123 mg/kg. Estos resultados indican la presencia de niveles significativos de cadmio y plomo en el suelo afectado por los lixiviados del botadero municipal, lo que sugiere una potencial amenaza para la salud humana y el medio ambiente en esa área. [12].

En 2016, *Falcón* [13], se realizó un proyecto de investigación en Trujillo con un diseño experimental con el propósito de evaluar el impacto de los residuos sólidos municipales y la presencia de metales pesados en el botadero a cielo abierto "Roma", localizado en el distrito de Casa Grande.

En 2019, *Guerra y Ferradas* [14], se realizó una investigación en Trujillo con el propósito de "establecer la relación entre el impacto de la disposición final de los residuos sólidos municipales y la calidad del suelo en el botadero San Idelfonso". El objetivo fue llevar a cabo un muestreo de suelos con el fin de determinar la presencia de metales pesados y luego comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Para recolectar datos, utilizaron la técnica de toma de

muestras, y como base de datos, hicieron uso de la guía de muestreo de suelos proporcionada por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

En 2020, *Ticona y Apaza* [15], se llevó a cabo un estudio científico en Puno con el propósito de evaluar el efecto ocasionado por la eliminación de los residuos sólidos urbanos (RSU) en el suelo. La técnica utilizada para recopilar datos comprendió mediciones realizadas en campo y análisis efectuados en laboratorio. Como resultado de esta investigación, se llegó a la conclusión de que se observa un aumento significativo en ciertos componentes del suelo, incluyendo la salinidad (Mg^{++} , Na^+ , P, K) y la conductividad eléctrica. Estos hallazgos señalan un impacto substancial en el suelo causado por la disposición de los RSU, lo que podría tener implicaciones tanto para el entorno ambiental como para la sostenibilidad del ecosistema.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. ¿Qué es el suelo?

Según, Diaz manifiesta que “Capa superior de la superficie sólida del planeta, formada por meteorización de las rocas en la que están o pueden estar enraizadas las plantas y que constituye un medio ecológico particular para ciertos tipos de seres vivos”[16].

1.3.2. Nivel de contaminación de suelo

Es la cantidad y la naturaleza de sustancias contaminantes presentes en el suelo. La contaminación del suelo puede ser causada por una variedad de agentes contaminantes, que incluyen productos químicos industriales, residuos sólidos, vertidos de productos químicos tóxicos, pesticidas, metales pesados, entre otros.

El nivel de contaminación de suelo, es esencial evaluar la presencia y la concentración de estos contaminantes en el suelo. Las mediciones y análisis se realizan para determinar qué sustancias están presentes, en qué

cantidades y si sus niveles superan los estándares aceptados o representan un riesgo para la salud humana, la vida silvestre y el medio ambiente.

1.3.3. Composición de suelo

Weil y Brady contribuyen en los suelos son un sistema complejo formado por una variedad de componentes, incluyendo minerales, materia orgánica, aire y agua. La proporción de cada componente varía según el tipo de suelo y las condiciones ambientales[17].

Minerales

Los minerales constituyen la mayor parte de la composición de los suelos. Estos minerales se derivan de la descomposición de las rocas y se clasifican en tres grupos principales: arena, limo y arcilla.

La arena es el componente más grueso de los suelos, con granos de tamaño superior a 2 mm. Está compuesta principalmente por cuarzo, feldespato y mica.

El limo tiene granos de tamaño entre 0,05 y 2 mm. Está compuesto principalmente por arcillas, óxidos de hierro y óxidos de aluminio.

La arcilla tiene granos de tamaño inferior a 0,05 mm. Está compuesta principalmente por arcillas, óxidos de hierro y óxidos de aluminio.

La textura de un suelo se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que lo componen. La textura de los suelos tiene un impacto importante en sus propiedades físicas y químicas[17].

Materia orgánica

La materia orgánica es el segundo componente más importante de los suelos. Se compone de restos de plantas y animales en descomposición y proporciona nutrientes esenciales para las plantas.

La materia orgánica mejora la capacidad de retención de agua y nutrientes de los suelos, lo que los hace más fértiles. También ayuda a proteger los suelos de la erosión y a mejorar su estructura[17].

Aire y agua

El aire y el agua también son componentes importantes de los suelos. El aire proporciona oxígeno para la respiración de las raíces de las plantas y otros organismos. El agua es necesaria para el crecimiento de las plantas y la descomposición de la materia orgánica.

La cantidad de aire y agua presentes en un suelo depende de su textura, estructura y contenido de materia orgánica[17].

Influencia de los factores ambientales

La composición de los suelos está influenciada por una variedad de factores ambientales, incluyendo el clima, la vegetación, el relieve y la actividad humana.

El clima es el factor ambiental que tiene el mayor impacto en la composición de los suelos. El clima determina la velocidad de descomposición de las rocas y la materia orgánica.

La vegetación también tiene un impacto importante en la composición de los suelos. Las plantas contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y a la retención de agua en los suelos.

El relieve también influye en la composición de los suelos. Los suelos de las zonas montañosas suelen ser más ricos en materia orgánica que los suelos de las zonas planas.

La actividad humana también puede tener un impacto significativo en la composición de los suelos. La agricultura, la silvicultura y la urbanización pueden alterar la composición mineral, orgánica y estructural de los suelos[17].

Aportes científicos

El estudio de la composición de los suelos es un campo de investigación activo. Los científicos están trabajando para comprender mejor cómo los factores ambientales influyen en la composición de los suelos y cómo la composición de los suelos afecta al medio ambiente.

Los avances en el estudio de la composición de los suelos pueden ayudar a mejorar la gestión de los suelos y proteger su calidad[17].

1.3.4. La contaminación del suelo

Hartemink condice que, “es la presencia de sustancias químicas o biológicas en el suelo en concentraciones superiores a las que se encuentran naturalmente. Estas sustancias pueden tener un impacto negativo en la salud humana, la vida silvestre y el medio ambiente”[18].

La contaminación del suelo puede ser causada por una variedad de fuentes, incluyendo:

Actividades industriales: Las actividades industriales, como la minería, la fabricación y la producción de energía, pueden liberar una variedad de contaminantes al suelo, incluyendo metales pesados, compuestos orgánicos volátiles (COV) y productos químicos peligrosos[18].

Actividades agrícolas: Las actividades agrícolas, como el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, pueden contaminar el suelo con estos productos químicos[18].

Actividades domésticas: Las actividades domésticas, como la eliminación de residuos sólidos y la descarga de aguas residuales, también pueden contribuir a la contaminación del suelo[18].

1.3.5. Evaluación de la contaminación del suelo

La evaluación de la contaminación del suelo es un proceso complejo que requiere el uso de una variedad de métodos. Los métodos más comunes para evaluar la contaminación del suelo incluyen:

Análisis de laboratorio: El análisis de laboratorio se utiliza para identificar y cuantificar los contaminantes presentes en el suelo[18].

Muestreo del suelo: El muestreo del suelo se utiliza para recolectar muestras representativas del suelo para su análisis[18].

Interpretación de los datos: La interpretación de los datos es un proceso que utiliza los resultados del análisis de laboratorio y el muestreo del suelo para determinar la extensión y el impacto de la contaminación del suelo[18].

1.3.6. Manejo de la contaminación del suelo

El manejo de la contaminación del suelo es un proceso complejo que requiere la participación de una variedad de actores, incluyendo gobiernos, empresas y organizaciones no gubernamentales. Las estrategias de manejo de la contaminación del suelo incluyen:

Prevención: La prevención es la mejor manera de abordar la contaminación del suelo. Se puede lograr mediante el uso de prácticas de manejo sostenible en las actividades industriales, agrícolas y domésticas.

Remediación: La remediación es el proceso de limpieza de la contaminación del suelo. Las técnicas de remediación incluyen la excavación y el transporte del suelo contaminado, la estabilización de los contaminantes en el suelo y la descontaminación del suelo.

Educación y sensibilización: La educación y la sensibilización son importantes para ayudar a las personas a comprender los problemas de la contaminación del suelo y a tomar medidas para prevenirla

1.3.7. Cuenca hidrográfica

Esteban, [19], una cuenca hidrográfica es un territorio geográfico definido por los límites naturales de las vertientes o áreas de drenaje de un sistema fluvial. En esta región, las aguas de lluvia y de deshielo convergen hacia un punto de acumulación central, como un río o un lago. Esta acumulación de agua luego fluye en dirección a la salida de la

cuenca, que puede ser un punto de desembocadura en el mar, en otro cuerpo de agua o incluso un punto de evaporación.

El enfoque de la cuenca hidrográfica es esencial para entender las complejas interacciones entre los elementos físicos y biológicos que conforman el entorno. Además, este enfoque integra la relación vital entre los componentes naturales y las actividades humanas. Las cuencas hidrográficas son sistemas donde las comunidades interactúan con el medio ambiente, utilizando el agua y los recursos naturales para sus necesidades socioeconómicas, culturales y recreativas[19].

Este enfoque holístico permite comprender cómo las acciones humanas, como la agricultura, la industria y la urbanización, influyen en la calidad del agua y del suelo, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Al mismo tiempo, proporciona una visión global de cómo la identidad cultural y socioeconómica de las poblaciones que residen en la cuenca está intrínsecamente ligada a la forma en que utilizan y gestionan los recursos naturales y el agua[19].

1.4. Formulación del problema

En la ciudad de Ica, la presencia de residuos no deseados depositados en el cauce del río Ica durante la estación seca ha generado una creciente preocupación en términos de contaminación del suelo y sus consecuencias ambientales y de salud pública. La acumulación de estos residuos no deseados, resultado de prácticas inadecuadas de eliminación y gestión de desechos, plantea interrogantes significativas sobre la magnitud del impacto en la calidad del suelo y los potenciales efectos adversos en el entorno circundante. Aunque existe cierta conciencia de este problema, aún falta una comprensión profunda de la extensión real de la contaminación del suelo y los niveles de concentración de contaminantes específicos, como metales pesados u otros componentes nocivos. Esta situación plantea la necesidad imperante de investigar y evaluar rigurosamente el nivel de contaminación del suelo causado por los residuos no deseados en el cauce del río Ica, en el período de estación seca. Esta investigación

busca identificar la presencia y concentración de contaminantes, comprender las fuentes de los residuos no deseados y sus efectos en el suelo, y proporcionar un conocimiento basado en evidencia para respaldar medidas de gestión y mitigación que permitan salvaguardar la salud ambiental y el bienestar de la comunidad local en Ica.

1.4.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de contaminación del suelo causado por la presencia de residuos no deseados localizados en el cauce del río Ica durante la estación seca?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo principal

Determinar el nivel de contaminación del suelo causado por la presencia de residuos no deseados localizados en el cauce del río Ica durante la estación seca

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis principal

Nivel de contaminación del suelo generado por el aumento significativo de residuos no deseados localizados en el cauce del río Ica durante la estación seca

1.6.2. Variables de investigación

Variable independiente

Contaminación de suelo: –se refiere al proceso por el cual se introducen sustancias o agentes químicos, físicos o biológicos en el suelo, en cantidades que superan los niveles naturales o los que el suelo puede manejar de manera segura. Esta introducción de contaminantes puede tener origen humano, como resultado de actividades industriales, agrícolas, mineras o de eliminación de residuos, así como también puede derivar de causas naturales. La contaminación del suelo altera las

propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, lo que puede tener consecuencias negativas para la salud humana, la biodiversidad y la calidad del agua subterránea y superficial.

Variable independiente

Residuos no deseados. son aquellos materiales, sustancias o productos que han perdido su utilidad, valor o función original y son considerados no aptos para su uso continuado o seguro en un contexto específico. Estos residuos carecen de una aplicación práctica o significativa dentro de un sistema o entorno determinado y, por lo tanto, se consideran excedentes, obsoletos o no aprovechables. Su disposición inadecuada puede tener impactos negativos en el medio ambiente, la salud humana y los recursos naturales, lo que subraya la importancia de la gestión adecuada de los residuos no deseados para minimizar su impacto y promover prácticas de sostenibilidad.

Variable interviniente

Cauce del río. – Un cauce de río es el espacio natural por el cual fluye el agua de un río, arroyo o corriente. Es el lecho por donde el agua se desplaza de manera continua o intermitente, y puede estar definido por sus orillas, bancos y profundidad. El cauce del río juega un papel fundamental en el transporte y flujo del agua, así como en la formación y configuración del paisaje circundante. Además, puede ser influenciado por factores geológicos, topográficos y climáticos, y puede variar en tamaño y forma a lo largo del tiempo debido a procesos naturales y actividades humanas.

1.7. Justificación e Importancia

1.7.1. Justificación

La presente investigación adquiere su justificación debido a la preocupante problemática de la contaminación del suelo en el lecho del río Ica, originada por la acumulación de residuos sólidos. Este fenómeno

ha alcanzado niveles alarmantes y se ha convertido en un grave desafío ambiental para la ciudad. La raíz de este problema radica en la gestión deficiente de los desechos sólidos y la falta de una firme voluntad política por parte de la municipalidad distrital de Ica. Además, se suma la carencia de una conciencia ambiental arraigada entre los habitantes locales, la insuficiente sensibilización de las autoridades encargadas y la ejecución laxa de la Ordenanza Municipal N°012-2013-MPI.

La combinación de todas estas circunstancias crea una situación propicia para la emergencia de un riesgo significativo de contaminación, causado por los residuos sólidos. Los impactos negativos derivados de esta problemática abarcan una amplia gama de consecuencias, como la contaminación del suelo, la degradación del paisaje, la propagación de organismos vectores de enfermedades, el aumento de enfermedades, la generación de lixiviados y, en última instancia, el perjuicio directo al suelo, que resulta en su contaminación.

La urgencia de esta investigación radica en la necesidad de comprender en profundidad las causas y los efectos de la contaminación del suelo en el lecho del río Ica, y en identificar estrategias efectivas para abordar esta problemática. La trascendencia de esta investigación no solo se limita a la preservación del entorno local, sino que también tiene implicaciones en la salud pública y en la calidad de vida de los habitantes de la región.

1.7.2. Importancia

La investigación en curso sobre la contaminación del suelo en el lecho del río Ica y su relación con la acumulación de residuos sólidos posee una significativa relevancia en varias vertientes. En primer lugar, el impacto ambiental resultante de la contaminación del suelo repercute directamente en el equilibrio del ecosistema, afectando la calidad del agua, la salud de la flora y fauna locales, y comprometiendo la biodiversidad de la zona.

Asimismo, el factor de la salud pública emerge como un punto crucial. La incorrecta gestión de los residuos sólidos conlleva la propagación de enfermedades transmitidas por vectores y la contaminación del suministro de agua potable, generando problemas de salud que incrementan la carga sobre los sistemas de atención médica y afectando la calidad de vida de los habitantes locales.

La sostenibilidad del entorno se ve amenazada por la acumulación de residuos sólidos y la consiguiente contaminación del suelo. Este fenómeno incide en la disponibilidad de terrenos aptos para la agricultura, así como en la calidad y disponibilidad de recursos hídricos y la capacidad de los ecosistemas para brindar servicios ecológicos esenciales.

Una dimensión crucial radica en la generación de conciencia y cambio en la comunidad. Los resultados de la investigación pueden aumentar la percepción pública sobre los riesgos asociados con la gestión deficiente de los residuos sólidos, impulsando una transformación en las prácticas de disposición y promoviendo actitudes más responsables hacia la gestión sostenible de los desechos.

En términos de intervenciones y políticas, los hallazgos de esta investigación pueden proporcionar información vital para el diseño y la implementación de políticas ambientales efectivas y programas de gestión de residuos. Los datos recopilados pueden orientar la adopción de prácticas más apropiadas y la implementación de estrategias de mitigación adecuadas.

Finalmente, esta investigación contribuye al cuerpo de conocimiento existente al aportar nueva información sobre la gestión de residuos sólidos y sus consecuencias ambientales. Esta base de conocimientos puede ser de utilidad tanto para futuras investigaciones como para abordar problemáticas similares en otras regiones, fortaleciendo la

comprensión global sobre la gestión sostenible de los residuos y su impacto en el entorno.

1.8. Definiciones conceptuales

1.8.1. Contaminación del suelo

En [2] se refiere a la presencia de un químico o sustancia que se encuentre en una concentración más alta de lo normal en el suelo y genere algún efecto adverso sobre cualquier organismo al que no están destinados.

1.8.2. Usos del suelo

De acuerdo con el MINAM [20] categoriza los siguientes usos de suelo:

- **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados.
- **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios de recreación y de esparcimiento.
- **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- **Suelo industrial/extractivo:** La actividad principal desarrollada en este suelo es la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales.

1.8.3. Residuos sólidos

En [21] nos indica que los residuos sólidos son aquellos que son generados en aquellas actividades en donde los materiales carecen de valor alguno por el propietario, por tal motivo son desechados, y luego recogidos para la disposición final.

1.8.4. Botadero

En MINAM lo define como la acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que

generan riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la Ley y carecen de autorización [22].

1.8.5. Lixiviados

Es todo líquido producido principalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura que atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes [23].

1.9. Norma de calidad ambiental para el suelo

Las normativas peruanas que son relevantes para la investigación:

1.9.1. Ley de Residuos Sólidos (Ley N°27314):

Regula la generación, manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos, estableciendo medidas para evitar la contaminación del suelo y del agua [24].

1.9.2. Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos (Decreto Supremo N°014-2017-MINAM)

Detalla los procedimientos y requisitos para la gestión integral de los residuos sólidos, incluyendo aspectos relacionados con la disposición final y la prevención de la contaminación del suelo [25].

1.9.3. Norma de Calidad Ambiental para Suelo

Establece los estándares y límites máximos permisibles para la calidad del suelo en función de diferentes usos y parámetros, lo que podría ser relevante para evaluar la contaminación del suelo en el área de estudio [26].

1.9.4. Ordenanza Municipal N°012-2013-MPI

Puede ser relevante si se trata de una normativa local en la ciudad de Ica que regule la gestión de residuos sólidos y la prevención de la contaminación del suelo [27].

1.9.5. Estándares de Calidad Ambiental (ECA-SUELO) para suelos D.S. N°011-2017-MINAM

Tabla 1 Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Decreto Supremo N°011-2017-MINAM

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F ó ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

La norma Legal asociada, utilizada para la comparación de los resultados del análisis de los parámetros de suelo es lo siguiente, Tabla 2:

Tabla 2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA-SUELO) para suelos

Usos de Suelos	Profundidad de muestreo
Suelo Agrícola	0 – 30 cm (1)
	30 – 60 cm
Suelo Residencial / Parques	0 – 10 cm (2)
	10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial / Industrial / Extractivo	10 – 30 cm (3)

1. Profundidad de aradura
2. Capa de contacto oral o dérmico de contaminantes
3. Profundidad máxima alcanzada por niños

1.9.6. Ley General del Ambiente (Ley N°28611)

Establece el marco legal para la gestión ambiental en el Perú, incluyendo disposiciones sobre la prevención y control de la contaminación del suelo y la gestión de residuos sólidos [\[28\]](#).

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Área de estudio

La investigación se “llevó a cabo en Ica, ciudad del centro sur del Perú, capital del departamento de Ica”. “Este departamento está ubicado en el centro oeste del país, limitando al norte con Lima, al este con Huancavelica y Ayacucho, al sur con Arequipa y al oeste con el Océano Pacífico. Con 21 327 km² es el sexto departamento menos extenso y se fundó el 30 de enero de 1866”[29]. Su territorio es casi por completo parte del desierto costero del Perú y conforma el llamado gran tablazo de Ica. La ciudad de Ica, incluye 5 distritos urbanos, es la decimoprimer ciudad más poblada del Perú y albergaba una población de más de 300000 habitantes”[29]. “Actualmente se destaca por su amplia producción agroexportadora situada en el estrecho valle que forma el río Ica, entre el Gran Tablazo de Ica y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes”[29].

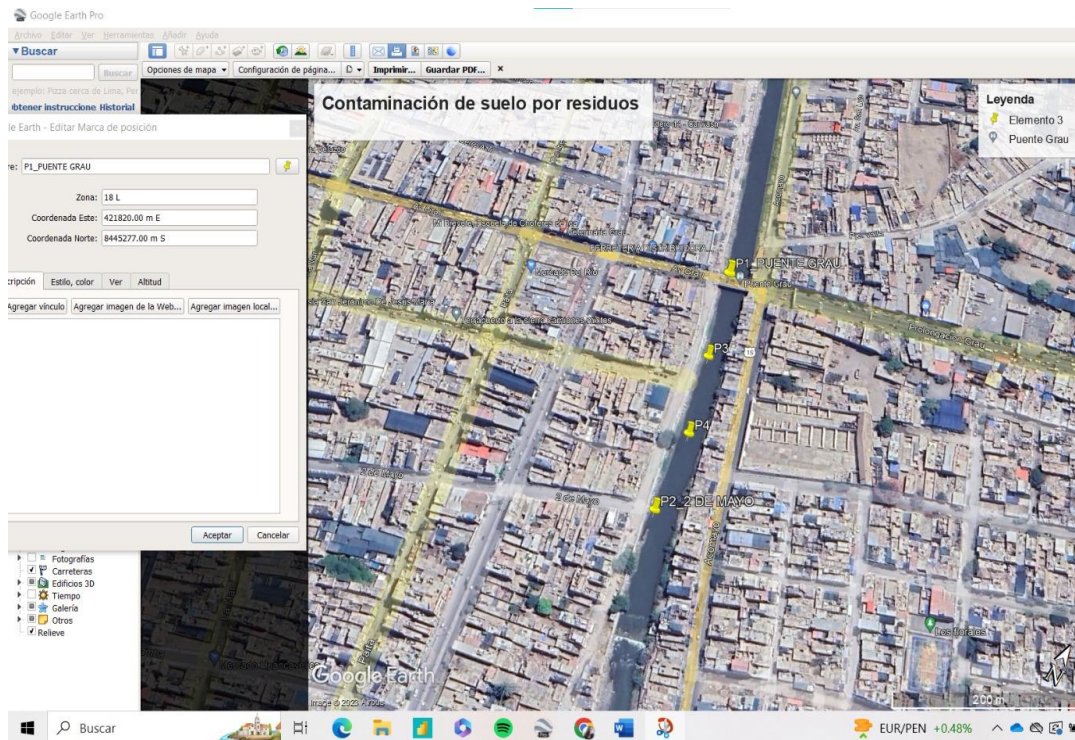


Figura 1. Área de estudio altura puente Grau, en la cuenca del río Ica-Distrito de Ica

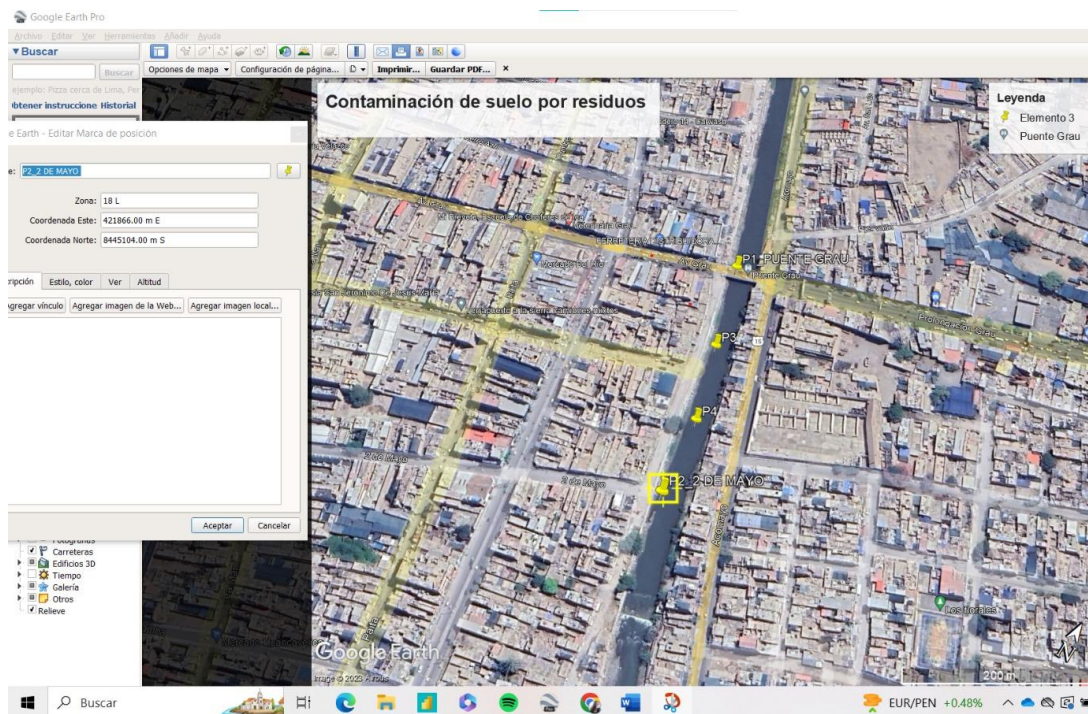


Figura 2. Área de estudio altura de la calle dos de mayo, en la “cuenca del río Ica-Distrito de Ica”

2.2. Metodología de investigación

2.2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de investigación

[37] Este estudio adopta un enfoque cuantitativo y básico, siendo de naturaleza observacional, prospectivo y transversal. Se argumenta que la metodología cuantitativa se sustenta en teorías previamente aceptadas por la comunidad científica, a partir de las cuales se formulan hipótesis sobre las relaciones anticipadas entre las variables examinadas. Estas hipótesis constituyen elementos clave del problema de investigación.

Nivel de investigación

Se caracteriza como una investigación descriptiva. En este enfoque, se busca describir detalladamente la situación actual de contaminación del suelo en el área de estudio, centrándose en la presencia de residuos no

deseados en el cauce del río durante la estación seca [30]. La investigación se orientará hacia la recopilación de datos, análisis de muestras de suelo, con el propósito de proporcionar una visión clara y detallada de la magnitud y características de la contaminación de suelo

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental y transversal, donde se recopilarán datos en un momento específico para evaluar el nivel de contaminación del suelo causado por residuos no deseados en el cauce del río Ica durante la estación seca. Se seleccionará una muestra representativa de áreas a lo largo del río para la recolección de muestras de suelo y análisis de residuos no deseados, así como para medir concentraciones de contaminantes como metales pesados en el suelo y posiblemente en el agua[30].

Los datos se analizarán estadísticamente para describir los niveles de contaminación y se interpretarán en relación con estándares de calidad del suelo y posibles impactos ambientales y de salud. Las conclusiones y recomendaciones estarán respaldadas por los resultados obtenidos y tendrán en cuenta posibles medidas de gestión y mitigación[30].

2.2.2. “Población y muestra

Población

En [31] indica que la población es el conjunto de objetos, sujetos o unidades que comparten la característica que se estudia y a la que se pueden generalizar los hallazgos encontrados en la muestra para luego analizarlos mediante la observación. Es por ello que en la presente investigación se tomará como población el suelo de los puntos críticos ubicados en el río Ica.

Muestra

Se tomarán cuatro muestras pertenecientes al suelo del río Ica en los cuatro puntos determinados como puntos críticos que se encuentran ubicados en:

- P1: Cerro azul
- P2 Puente Grau
- P3 Cajamarca
- P4: Dos de Mayo

2.2.3. Técnicas de recolección de datos

- Se utilizarán como técnicas la observación, toma de muestras y el análisis de la información legal y normativa.
- Se emplearon herramientas como cámaras fotográficas, guías de observación, el "Estándar de Calidad Ambiental para Suelo", sistemas de posicionamiento global (GPS) y otros dispositivos pertinentes.

2.2.4. Instrumentos de recolección de datos

Muestreo de Suelo: Se utilizó equipos y técnicas de muestreo para recoger muestras representativas del suelo en diferentes puntos a lo largo del cauce del río Ica durante la estación seca.

Análisis Químicos: Aplicación de métodos de laboratorio de los que se realizó los análisis químicos en las muestras de suelo. Esto puede incluir la identificación y cuantificación de residuos no deseados y contaminantes como metales pesados [32].

2.2.5. Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados

La técnica de procesamiento de datos que se utilizó en la investigación es fundamental para la obtención de los resultados finales. Una vez que se recopilaron los datos de los instrumentos de recolección, estos fueron

procesados mediante la técnica estadística de t-student que permitió obtener conclusiones y resultados significativos.

La interpretación de los resultados al aplicar el test t de Student para validar la hipótesis de contaminación del suelo por residuos no deseados en el cauce del río Ica durante la estación seca es crucial para entender la significancia de las diferencias encontradas. La aplicación del test t de Student reveló diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de contaminantes entre las áreas muestreadas a lo largo del cauce del río Ica durante la estación seca. Los resultados indican que existe una variación significativa en las medias de los niveles de residuos no deseados, respaldando la hipótesis de que el cauce del río Ica se encuentra afectado por contaminación del suelo.

III. RESULTADOS

3.1. “Determinar el nivel de contaminación del suelo y los residuos no deseados localizados en el cauce del río Ica durante la estación seca”

3.1.1. Puntos de Monitoreo

La selección de las ubicaciones de los puntos de monitoreo de suelos se basó en estudios previos realizados antes de la actual investigación, donde se verificó y confirmó la idoneidad de dichas ubicaciones. Este proceso aseguró una selección deliberada y fundamentada de los sitios de monitoreo previo a la ejecución de la recolección de datos.

Se realizó la monitorización del suelo mediante la obtención de muestras compuestas en una zona de estudio que comprendió dimensiones de 23 metros de ancho por 30 metros de longitud. Este proceso se replicó en los puntos de monitoreo VZP-01, ZP-02, ZP-03 y ZP-04, realizando las muestras in situ en el lecho del río Ica. La Tabla 3 proporciona las coordenadas UTM correspondientes, y la Figura 3 ilustra la ubicación precisa del lugar donde se efectuó el monitoreo de suelos.

Tabla 3 Descripción y ubicación en coordenadas UTM de los puntos de monitoreo de calidad de aire

Estaciones de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS zona 18L)		Descripción
	Este	Norte	
ZP-01			ALTURA DE LA CALLE CERRO AZUL
ZP-02	421823	8445283	RIO ICA, INTERSECCION CON EL PUENTE GRAU
ZP-03			ALTURA DE LA CALLE CAJAMARCA

ZP-04

421826

8445286

ALTURA DE LA CALLE DOS
DE MAYO

“Coordenadas UTM en el WGS-84, zona 18L”

Fuente: Información de monitoreo ambiental de calidad de suelo



Figura 3 Ilustra la ubicación precisa del lugar donde se efectuó el monitoreo de suelos

3.1.2. Equipos, instrumentos y métodos de análisis utilizados

Los residuos no deseados pueden contaminar el suelo de diversas maneras. Como es el caso de metales pesados pueden liberarse de los residuos industriales y agrícolas, y los productos químicos orgánicos volátiles (COV) pueden liberarse de los residuos domésticos. Con el propósito de identificar la presencia y concentración de dichos contaminantes en el suelo, se emplearon los siguientes equipos y métodos de análisis:

Equipos In-Situ

Muestreador de suelo: Se utilizó un muestreador de suelo de tipo pistón para recolectar muestras de suelo a profundidades de 0-10 cm.

Balanza analítica: Se utilizó una balanza analítica para pesar las muestras de suelo recolectadas.

Métodos de análisis In-Situ

Muestreo de suelo: La recolección de muestras de suelo se llevó a cabo en cuatro ubicaciones distintas a lo largo del cauce del río Ica durante la estación seca. En cada ubicación, se obtuvieron tres muestras de suelo, tomando en consideración las profundidades de 0-30 cm.



Figura 4 Muestra obtenida en el lugar designado, ZP-02

Instrumentos utilizados

Temperatura: La medición de la temperatura del suelo en una muestra obtenida en el lecho del río Ica durante la estación seca se llevó a cabo mediante el uso de un termómetro de suelo específicamente diseñado.



Figura 5 Temperatura obtenida en el lugar designado, ZP-02

Se seleccionó un termómetro diseñado para medir temperaturas en entornos terrestres y capaz de penetrar en el suelo de manera efectiva. La toma de muestra se realizó de manera representativa en el área de interés, garantizando que el termómetro se insertara en la muestra a la

profundidad deseada, y se obtuvieron datos a pocos centímetros bajo la superficie del suelo

Se permitió que la lectura del termómetro se estabilizara en la temperatura de la muestra seleccionada antes de proceder con la lectura. Luego, se procedió a registrar la temperatura de la muestra seleccionada, incluyendo la hora exacta de la medición y la profundidad a la que se tomó dicha muestra. Este enfoque proporciona una base detallada para comprender las condiciones térmicas del suelo en el lecho del río Ica durante la estación seca

pH: La determinación del pH de una muestra de suelo recogida en el lecho del río Ica durante la estación seca se realizó empleando un medidor de pH previamente calibrado antes de su utilización. La recolección de la muestra se realizó mediante una barrena de suelo, seleccionando áreas representativas del lecho del río Ica y tomando muestras a diversas profundidades. Posteriormente, la muestra de suelo se mezcló con agua destilada en proporciones apropiadas para generar una suspensión acuosa que facilitara la medición del pH.

El electrodo del medidor de pH se sumergió en la suspensión de suelo y agua, asegurando su completa inmersión y asegurándose de que el electrodo no entre en contacto directo con el recipiente del suelo para evitar posibles interferencias. Se permitió que el medidor de pH alcanzara la estabilidad, un proceso que demandó algunos minutos. La lectura de pH se registró una vez que se logró la estabilización. Después de cada medición, se llevó a cabo una limpieza minuciosa del electrodo con agua destilada, seguida de un cuidadoso secado, procedimientos esenciales para mantener la precisión de las mediciones.

Cada lectura de pH fue registrada junto con información adicional relevante, como la profundidad de la muestra y la ubicación específica en el lecho del río, enriqueciendo de este modo el conjunto de datos con detalles contextualizadores.



Figura 6. Temperatura obtenida en el lugar designado, ZP-02

3.1.3. Resultados de monitoreo de suelo

Se efectuaron anotaciones y documentación exhaustivas con el propósito de contextualizar y comprender de manera precisa los datos recopilados. Se consignaron la fecha y la hora exacta de cada toma de datos, aspecto esencial para considerar posibles variaciones temporales. Las coordenadas GPS precisas de cada punto de muestreo fueron registradas meticulosamente, brindando, de esta manera, detalles precisos sobre la ubicación geográfica de las muestras. La profundidad a la que se extrajo cada muestra fue documentada con atención, reconociendo la influencia potencial de esta variación en los resultados y su importancia para la interpretación de los datos.

Asimismo, se registraron las condiciones climáticas durante la recolección de muestras, abarcando la temperatura del aire y el pH,

reconociendo la eventual influencia de estos factores en los resultados obtenidos. Las características del suelo, tales como la textura (arena) y el color (gris claro), fueron detalladamente descritas, y se hace referencia específica a los datos correspondientes en las Tablas 4, 5, 6 y 7.

Tabla 4 Resultado del “monitoreo de la calidad de suelo”, punto ZP-01

Parámetros	Unidad	Profundidad	Resultados	“Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”
	Código: ZP-01			Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
pH	Und. pH	---	7.5	---
Temperatura	°C	---	18.5	---
“Metales”				
“Arsénico”	mg/kg	30 cm	2.25	140
“Bario”			160.5	2000
“Cadmio”			< 029	22
“Plomo”			221.8	800
“Cromo”			3.91	1000
“Mercurio”			< 0.04	24

En la tabla 4, la detección y cuantificación de metales pesados en el suelo, tales como arsénico, bario, cadmio, plomo y mercurio, constituyen parámetros fundamentales para la evaluación de la calidad ambiental y la salud del ecosistema. Estos metales son reconocidos por sus efectos tóxicos y su posible impacto en la salud humana y la fauna silvestre.

El punto identificado como Código: ZP-01 fue registrado en conformidad con la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo [33].

Los resultados del monitoreo de la calidad del suelo indican concentraciones específicas de metales pesados, y es importante analizar estos valores a la luz de la normativa establecida.

Tabla 5 Resultado del monitoreo de la calidad de suelo, punto ZP-02

Parámetros	Unidad	Profundidad	Resultados	“Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”
				Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
				Código: ZP-02
				Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
pH	Und. pH	---	7.4	---
Temperatura	°C	---	18.6	---
“Metales”				
“Arsénico”	mg/kg	30 cm	2.21	140
“Bario”			157.6	2000
“Cadmio”			< 024	22
“Plomo”			223.9	800
“Cromo”			3.87	1000
“Mercurio”			< 0.03	24

También es importante, tener en cuenta la gravedad del riesgo para la salud asociado con los metales pesados puede depender de varios factores, incluyendo la concentración, la duración de la exposición y la toxicidad intrínseca de cada metal. Se considera una lista en el orden

general de la gravedad percibida de estos metales para la salud humana, de mayor a menor riesgo:

- “Plomo (Pb)”
- “Mercurio (Hg)”
- “Cadmio (Cd)”
- “Arsénico (As)”
- “Cromo (Cr)”
- “Bario (Ba)”

Tabla 6 Resultado del “monitoreo de la calidad de suelo”, punto ZP-03

Parámetros	Unidad	Profundidad	Resultados	“Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”
	Código: ZP-03			Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
pH	Und. pH	---	7.4	---
Temperatura	°C	---	18.6	---
“Metales”				
“Arsénico”	mg/kg	30 cm	2.27	140
“Bario”			162.4	2000
“Cadmio”			< 025	22
“Plomo”			231.7	800
“Cromo”			3.91	1000
Mercurio			< 0.03	24

Es esencial resaltar que la gravedad del riesgo puede cambiar en función de la cantidad y la duración de la exposición a la concentración del metal.

“Las concentraciones particulares de estos metales en el suelo”, así como las condiciones locales y la presencia de otras sustancias, también afectarán la evaluación del riesgo.

La interpretación precisa requiere un análisis detallado de los resultados y, en caso de preocupación, se recomienda consultar con expertos en salud ambiental.

Tabla 7 Resultado del “monitoreo de la calidad de suelo”, punto ZP-04

Parámetros	Unidad	Profundidad	Resultados	“Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”
	Código: ZP-04			Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
pH	Und. pH	---	7.4	---
Temperatura	°C	---	18.6	---
“Metales”				
“Arsénico”	mg/kg	30 cm	2.23	140
“Bario”			159.8	2000
“Cadmio”			< 023	22
“Plomo”			227.1	800
“Cromo”			3.89	1000
“Mercurio”			< 0.025	24

El análisis de la “contaminación por metales en los suelos de ríos” es crucial por varias razones como se muestran en la Tabla 4, 5, 6 y 7, ya que proporciona información valiosa sobre la salud ambiental y humana. Los ríos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas, y la

contaminación provocada por metales puede generar efectos a largo plazo en la calidad del agua, la biodiversidad y la salud humana.

Los suelos de los ríos son hábitats importantes para una variedad de organismos acuáticos, y la contaminación por metales puede afectar negativamente a estos ecosistemas. Los metales pesados, como plomo, mercurio y cadmio, poseen toxicidad para la vida acuática y pueden bioacumularse en los organismos a lo largo de la cadena alimentaria, afectando a especies clave y alterando el equilibrio natural.

Además, las poblaciones que dependen del agua de los ríos para consumo, riego o actividades recreativas pueden enfrentar riesgos significativos si los niveles de metales pesados superan los límites seguros. La ingestión de agua contaminada o de alimentos cultivados en suelos contaminados puede resultar en problemas de salud, como enfermedades gastrointestinales, daño neurológico, problemas reproductivos y, en casos extremos, cáncer.

El análisis de suelos de ríos para “detectar la presencia de metales pesados” es esencial para la gestión y mitigación de la contaminación. Facilita la identificación de fuentes particulares de contaminación, la evaluación de la magnitud del problema y la implementación de medidas correctivas destinadas a disminuir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Además, el monitoreo continuo es fundamental para evaluar el impacto a lo largo del tiempo y adaptar las estrategias de gestión según sea necesario.

Por lo tanto, el análisis de suelos de ríos para detectar la contaminación por metales es una herramienta fundamental para la preservación de ecosistemas acuáticos saludables, La salvaguarda de la salud humana y el fomento del desarrollo sostenible de las comunidades que dependen de estos recursos hídricos.

Concentración de Arsénico

La presencia de arsénico como metal en los ríos es un asunto de considerable importancia tanto en el ámbito ambiental como en la salud pública. El arsénico, siendo un metaloide presente de forma natural en la corteza terrestre, también puede introducirse en los cuerpos de agua a través de actividades humanas, como la minería, la agricultura y la liberación de desechos industriales. La existencia de niveles elevados de arsénico puede acarrear consecuencias significativas para los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

Desde el punto de vista de la salud humana, la exposición a concentraciones elevadas de arsénico en el agua de consumo puede tener consecuencias graves. El arsénico es conocido por ser carcinogénico, y la exposición crónica está relacionada con enfermedades como el cáncer de piel, pulmón y vejiga.

La concentración de arsénico en un río debe interpretarse en función de los estándares y límites establecidos por las autoridades regulatorias. Si las concentraciones superan los límites seguros, es esencial identificar las fuentes de contaminación y tomar medidas correctivas. La supervisión continua resulta fundamental para evaluar la eficacia de las medidas de mitigación y asegurar la protección a largo plazo tanto de la salud humana como del entorno acuático. Consulte la Tabla 8 y la Figura 7 para más detalles.

Tabla 8 Concentración de Arsénico

“ZP-01”	“ZP-02”	“ZP-03”	“ZP-04”	Arsénico
2.25	2.21	2.25	2.23	140

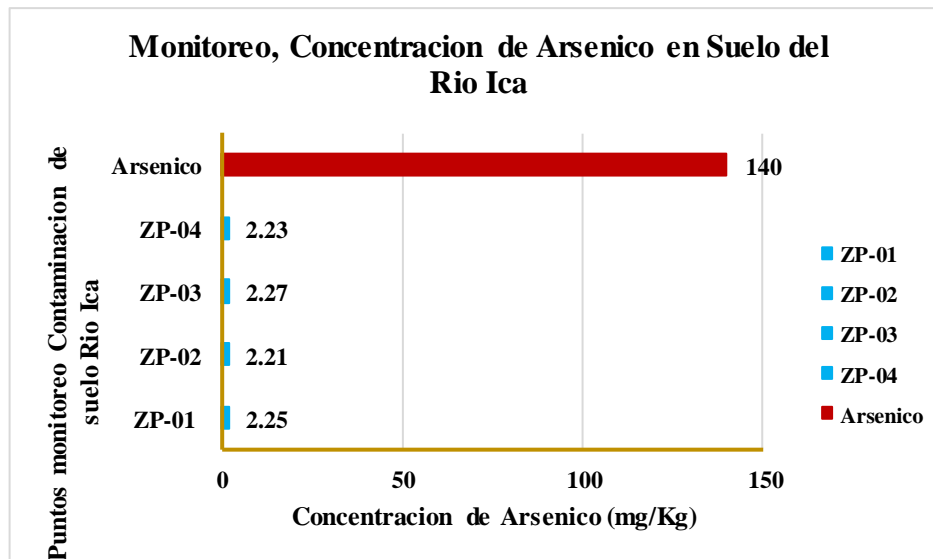


Figura 7. Monitoreo, concentración de arsénico en suelo del Rio Ica

Concentración de Bario

La concentración de bario en los ríos es un parámetro de considerable importancia que merece atención, dado que puede tener implicaciones tanto para los ecosistemas acuáticos como para la salud humana. El Bario, siendo un metal alcalinotérreo presente de forma natural en la corteza terrestre, suele ser menos tóxico en comparación con otros metales pesados. No obstante, su presencia en niveles elevados puede tener consecuencias tanto ambientales como sanitarias.

Desde el punto de vista ambiental, el bario puede afectar a los organismos acuáticos y al ecosistema fluvial en su conjunto. A pesar de ser considerado menos tóxico que otros metales, las concentraciones elevadas de bario pueden ocasionar daños a los organismos acuáticos, especialmente aquellos que son más sensibles a las variaciones en la calidad del agua. La supervisión continua y la adopción de prácticas sostenibles son imperativas para gestionar de manera adecuada la presencia de bario y garantizar la salud a largo plazo de los ecosistemas fluviales y las poblaciones humanas asociadas. Consulte la Tabla 9 y la Figura 8 para obtener más detalle

Tabla 9 Concentración del Bario

“ZP-01”	“ZP-02”	“ZP-03”	“ZP-04”	Bario
---------	---------	---------	---------	-------

160.5	157.6	162.4	159.8	2000
-------	-------	-------	-------	------

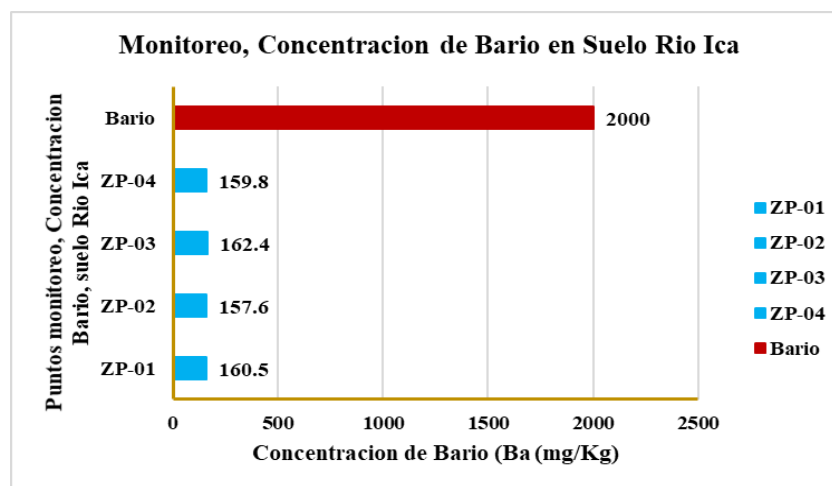


Figura 8. Monitoreo, concentración de bario en suelo del Rio Ica

Concentración de Plomo

“La concentración de plomo en los ríos” es un tema de gran relevancia, dado que el plomo es un metal tóxico que puede tener impactos significativos “tanto en el medio ambiente acuático como en la salud humana”. La presencia de plomo en los cuerpos de agua puede originarse por diversas fuentes, entre las cuales se incluyen actividades industriales, vertidos urbanos y, en algunos casos, la erosión de suelos contaminados.

En cuanto a la salud humana, la exposición al plomo es motivo de preocupación significativa. La ingestión de agua contaminada con plomo y la ingestión de peces contaminados son vías potenciales de exposición. El plomo es especialmente perjudicial para los niños, ya que puede afectar su desarrollo cognitivo y neurológico. Además, la exposición a largo plazo al plomo puede tener efectos adversos en adultos, incluyendo problemas cardiovasculares y renales. Ver Tabla 10 y Fig. 9.

Tabla 10 Concentración del Plomo

“ZP-01”	“ZP-02”	“ZP-03”	“ZP-04”	Plomo
---------	---------	---------	---------	-------

221.8	223.9	231.7	227.1	800
-------	-------	-------	-------	-----

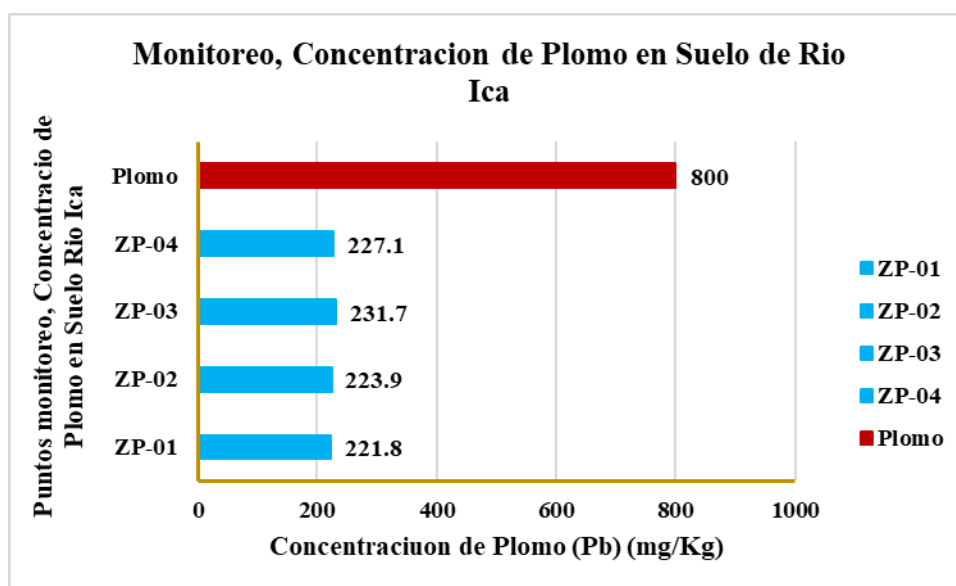


Figura 9. Monitoreo, concentración de plomo en suelo del Rio Ica

Concentración de Cromo

“La concentración de cromo” en los ríos es un parámetro importante a considerar debido a los posibles impactos tanto en el medio ambiente acuático como en la “salud humana”. El cromo es un metal que puede manifestarse en diversas formas, siendo el cromo hexavalente y trivalente las más comunes. Su presencia en el agua puede ser atribuible a procesos naturales, aunque también puede derivar de actividades humanas, como la liberación de efluentes industriales y la escorrentía de zonas urbanas.

En lo que respecta a la salud humana, la presencia de cromo en el agua potable puede ser motivo de preocupación. Aunque el cromo trivalente es esencial en pequeñas cantidades para el metabolismo humano, el cromo hexavalente puede ser carcinogénico y estar asociado con problemas de salud, como irritación gastrointestinal y daño pulmonar.

Tabla 11. Concentración del Cromo

“ZP-01”	“ZP-02”	“ZP-03”	“ZP-04”	Cromo
---------	---------	---------	---------	-------

3.91	3.87	3.91	3.89	1000
------	------	------	------	------

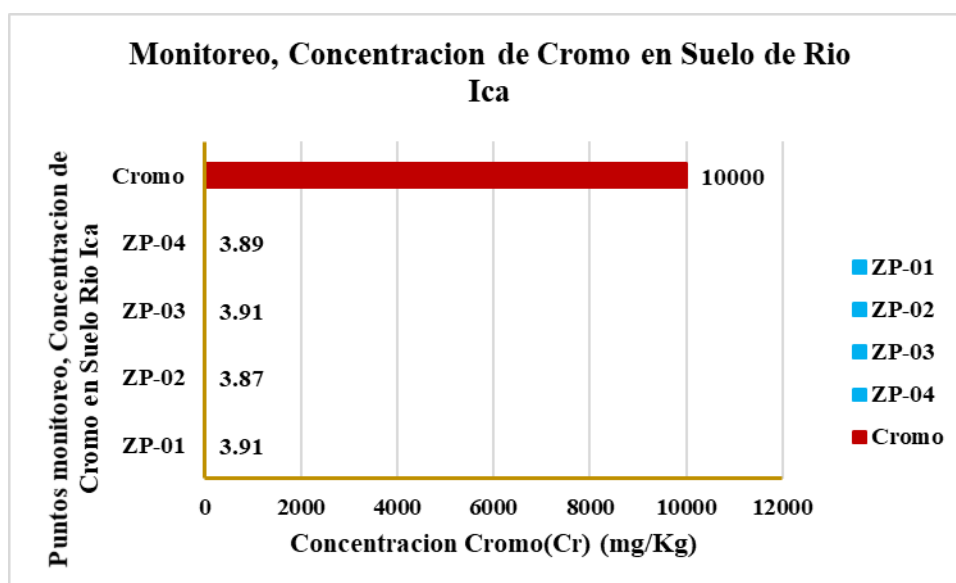


Figura 10. Monitoreo, concentración de plomo en suelo del Río Ica

El monitoreo continuo es esencial para evaluar la eficacia de las medidas de mitigación y para garantizar la seguridad a largo plazo del agua y la salud de las comunidades locales. Tabla 11 y Fig.10.

3.1.4. Prueba de Hipótesis

La formulación y validación de la hipótesis sólida son fundamentales en cualquier estudio científico, y en este contexto particular, La hipótesis sugiere una conexión entre la “contaminación del suelo por residuos no deseados y la presencia de metales pesados en el cauce del río Ica durante la estación seca”. Es crucial que la investigación y el análisis de datos se lleven a cabo de manera rigurosa para confirmar o refutar la hipótesis de manera concluyente.

H₀: No hay diferencia significativa en el nivel de “contaminación del suelo en función de la presencia de residuos no deseados” en el cauce del río Ica durante la estación seca. ($\mu > 800$ mg/Kg).

Ha: Existe una diferencia significativa en el nivel de “contaminación del suelo asociada a la presencia de residuos no deseados” en el cauce del río Ica durante la estación seca. ($\mu < 800$ mg/Kg).

1. La hipótesis fue formulada en los puntos de muestreo: ZP-01, ZP-02, ZP-03 y ZP-04, para la concentración de Plomo

Se tomó en cuenta el nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se calculó el "estadístico de prueba" mediante estadísticas descriptivas.

Numero aleatorios		Columna 1
221.8	Media	226.125
223.9	Error típico	2.15421099245
227.1	Mediana	225.5
231.7	Desviación estándar	4.30842198490
	“Varianza de la muestra”	18.5624999999
	“Coeficiente de asimetría”	0.68591676153
	“Rango”	9.9
	“Mínimo”	221.8
	“Máximo”	231.7
	“Suma”	904.5
	“Cuenta”	4
	“Nivel de confianza (95%)”	6.855660813729

Se definió la regla de decisión

$$\mu = 800$$

$$\alpha = 0.05$$

$$n = 4$$

$$gl = 3$$

Se resuelve el t-Student experimental

$$t_{\text{Experimental}} = -5.0898$$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.3530$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 3$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-5.0898) < t_{\text{Teórico}} (-2.3530)$ entonces se **RECHAZA**

H_0

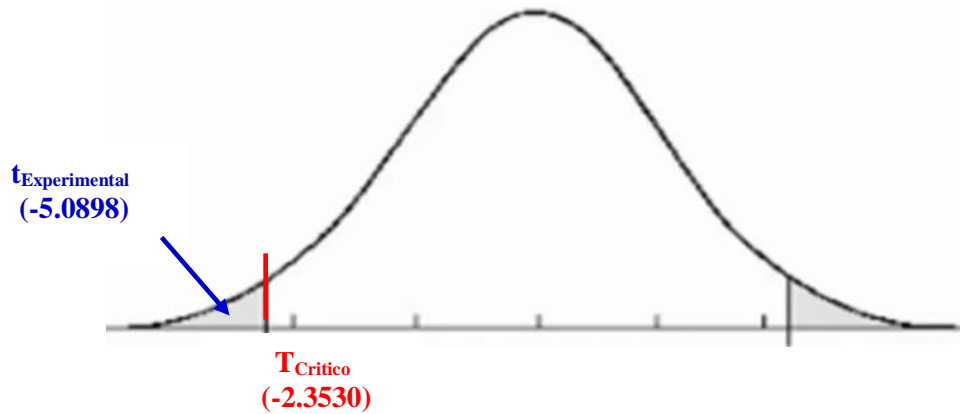


Figura 11. Distribución de t-Student para el monitoreo de la concentración de Plomo en cauce del Rio Ica

Se afirma, que:

Los análisis realizados sobre las “concentraciones de metales en los puntos de monitoreo” (ZP-01, ZP-02, ZP-03, ZP-04) revelaron que el Plomo exhibe la concentración más alta en cuanto a los demás metales, sus valores en cada punto son como sigue 221.8, 223.9, 231.7 y 227.1, respectivamente. A pesar de que estas concentraciones son significativamente altas, se observa que todas ellas están por “debajo del límite establecido por el Estándar de Calidad Ambiental” (ECA) para el Plomo, que es de 800.

En este escenario, la interpretación sugiere que, aunque el “Plomo está presente” en concentraciones altas en el suelo de la región del río Ica durante la estación seca, no supera el límite establecido por las normativas ambientales. Por lo tanto, basándonos en estos resultados específicos para el Plomo y su comparación con el ECA, existe suficiente evidencia para descartar la hipótesis nula. En otras palabras, se identifica una discrepancia significativa en el grado de

“contaminación del suelo” vinculada a la existencia de “residuos no deseados” en el lecho del río Ica durante la estación seca en relación con la concentración de plomo. Por ende, se respalda la hipótesis alternativa.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

“Discusión de resultados en el nivel de contaminación del suelo y los residuos no deseados en el cauce del río Ica durante la estación seca”

En este estudio, el propósito primordial fue evaluar el grado de “contaminación del suelo y la presencia de residuos no deseados” en el curso del río Ica durante la temporada seca. Los análisis de “metales pesados, concretamente arsénico, bario, plomo y cromo”, proporcionaron información relevante que justifica un análisis detenido.

Arsénico:

“Los resultados del análisis de arsénico en los puntos de observación” (ZP-01, ZP-02, ZP-03, ZP-04) indican concentraciones de 2.25, 2.21, 2.25 y 2.23, respectivamente, con un límite establecido por el “Estándar de Calidad Ambiental” (ECA) de 140. Estas concentraciones, aunque detectables, se mantienen considerablemente por debajo del límite establecido, sugiriendo una presencia controlada de arsénico en la zona de estudio.

Bario:

En cuanto al Bario, las concentraciones observadas (160.5, 157.6, 162.4, 159.8) también se sitúan por debajo del límite de 2000 establecido por el (ECA) para este metal. *Díaz* indica que esto sugiere que, a pesar de la presencia de residuos no deseados, la concentración de bario en el suelo del lecho del río Ica no sobrepasa los niveles que se consideran riesgosos para la salud ambiental. Sin embargo, plantea una posible amenaza para la salud humana a lo largo del tiempo y para el entorno ambiental en esa área específica [12].

Plomo:

El plomo, otro metal de interés, presenta concentraciones (221.8, 223.9, 231.7, 227.1) que, aunque son elevadas, se mantienen por debajo del límite de 800 establecido por el (ECA). Según, *Olayiwola et al.* esto puede atribuirse a diversas fuentes de contaminación presentes en la región, pero la concentración en sí misma no sugiere un riesgo inmediato para la salud ambiental según las normativas [7].

Cromo:

Finalmente, el cromo, con concentraciones (3.91, 3.87, 3.91, 3.89), Se encuentra igualmente por debajo del límite establecido por el (ECA) de 1000. Para, *Vongdala et al.* estos resultados indican que, aunque presente, el cromo no alcanza niveles que podrían considerarse críticos para la calidad del suelo, resaltada por la presencia de estos metales, subraya la contaminación en la zona examinada, destacando la importancia de tener en cuenta cualquier impacto tanto en la” salud humana como en el ecosistema circundante” [9].

En cuanto a la aceptación de la hipótesis alterna, los resultados del análisis estadístico revelaron un valor $t_{\text{experimental}}$ de -5.0898, que es significativamente menor que el $t_{\text{teórico o crítico}}$ con un valor de 2.353. Este resultado sugiere con confianza que existe una diferencia significativa en los “niveles de contaminación del suelo” asociada a la presencia de residuos no deseados durante la estación seca.

V. CONCLUSIONES

Los análisis de “metales pesados, como arsénico, bario, plomo y cromo, revelaron concentraciones en el suelo” de la región del río Ica durante la estación seca. A pesar de la detección de niveles detectables de estos metales, las concentraciones generalmente se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por el “Estándar de Calidad Ambiental” (ECA), señalando una presencia controlada y no alarmante de estos contaminantes.

A pesar de la presencia de residuos no deseados en el cauce del río Ica, los resultados no indican una correlación directa con niveles críticos de “contaminación del suelo”. Esto sugiere la posibilidad de procesos de mitigación natural o de que los residuos no deseados no estén contribuyendo significativamente a la contaminación del suelo en esta área específica.

La aplicación de análisis estadísticos respalda la aceptación de la hipótesis alterna, indicando una diferencia significativa en los “niveles de contaminación del suelo” asociada a la presencia de residuos no deseados. Este descubrimiento resalta la importancia de tener en cuenta diversos factores en la “evaluación de la calidad del suelo” y destaca la relevancia de la gestión ambiental en la región del río Ica.

Aunque los resultados actuales proporcionan una visión detallada de la situación presente, se sugiere la aplicación de estrategias de gestión ambiental para vigilar y preservar la “calidad del suelo” a lo largo del tiempo.. Además, se identifican oportunidades para futuras investigaciones que exploren otros factores ambientales y sus posibles contribuciones a la calidad del suelo en la región.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere la implementación de un programa de monitoreo continuo de la “calidad del suelo” en la región del río Ica, especialmente durante la estación seca. Este programa de monitoreo debe abarcar análisis periódicos de “metales pesados y otros contaminantes” pertinentes para evaluar la evolución de la calidad del suelo a lo largo del tiempo.

Dada la presencia de residuos no deseados en el cauce del río Ica, se insta a implementar estrategias de gestión eficaces para reducir la acumulación de residuos y prevenir posibles impactos en la calidad del suelo. Esto podría incluir campañas de concientización, medidas de limpieza y regulaciones más estrictas en la disposición de desechos.

Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales que aborden otros factores ambientales que podrían influir en la “calidad del suelo en la región”. Estudios sobre la hidrología local, las características geológicas y el análisis de las actividades industriales puede ofrecer una comprensión más completa de los procesos que influyen en la “calidad del suelo”.

Implementar programas de educación ambiental dirigidos a la comunidad local, enfocados en la importancia de la preservación del suelo y la adopción de prácticas sostenibles. La concientización y participación comunitaria son fundamentales para mantener un entorno saludable y sostenible.

Fomentar la colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y la comunidad local para desarrollar estrategias integrales de gestión ambiental. La colaboración puede fortalecer la capacidad de respuesta ante posibles amenazas a la calidad del suelo y promover un enfoque conjunto hacia la preservación ambiental.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] National Archives and Records Administration, «Federal Register: 51 Fed. Reg. 3463», vol. 51, n.º 18, 1986.
- [2] M. Rodríguez Eugenio, Natalia; McLaughlin y D. Pennock, *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. 2019.
- [3] Banco Mundial, *What a Waste 2.0*. 2018.
- [4] MINAN, «NUEVA LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, D.L. N.º1278», 2017. .
- [5] W. Díaz, «Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú», *Rev. del Inst. Investig. la Fac. Ing. Geológica, Minera, Metal. y Geográfica*, vol. 19, n.º 38, pp. 103-110, 2016.
- [6] Y. N. V. Galindo, «Diagnóstico de las propiedades fisicoquímicas en suelos usados para la disposición de residuos sólidos urbanos en el lote Camellón De Las Camelias en el Municipio de San Martín, Meta», 2019.
- [7] H. Olayiwola, A. Lukuman, K. Adewuyi, y M. Azeez, «Heavy Metal Contents in Soil and Plants at Dumpsites: A Case Study of Awotan and Ajakanga Dumpsite Ibadan, Oyo State, Nigeria», *J. Environ. Earth Sci.*, n.º March, 2018.
- [8] B. Mekonnen, A. Haddis, y W. Zeine, «Assessment of the Effect of Solid Waste Dump Site on Surrounding Soil and River Water Quality in Tepi Town, Southwest Ethiopia», *J. Environ. Public Health*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/5157046.
- [9] N. Vongdala, H. D. Tran, T. D. Xuan, R. Teschke, y T. D. Khanh, «Heavy metal accumulation in water, soil, and plants of municipal solid waste landfill in Vientiane, Laos», *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, n.º 1, pp. 1-13, 2019, doi: 10.3390/ijerph16010022.
- [10] D. Adamcová, M. D. Vaverková, S. Bartoň, Z. Havlíček, y E. Břoušková, «Soil contamination in landfills: A case study of a landfill in Czech Republic», *Solid*

- Earth*, vol. 7, n.º 1, pp. 239-247, 2016, doi: 10.5194/se-7-239-2016.
- [11] V. Ishchenko, «Soil contamination by heavy metal mobile forms near landfills», *Int. J. Environ. Waste Manag.*, vol. 20, n.º 1, pp. 66-74, 2017, doi: 10.1504/IJEW.2017.086030.
- [12] B. W. Díaz Fonseca, «Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero Municipal del Distrito de San Pablo - 2018», 2019.
- [13] M. C. K. Falcón Núñez, «Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande», *Univ. Priv. del Norte*, p. 116 Pag., 2016.
- [14] Y. J. Guerra González y L. A. Ferradas Herrera, «“DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y LA CALIDAD DEL SUELO DEL BOTADERO SAN IDELFONSO - LAREDO”», *Ucv*, pp. 0-116, 2019.
- [15] L. Ticona y C. Apaza, «Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani - Puno», *ÑAWPARISUN - Rev. Investig. Científica*, vol. 2, n.º 4, pp. 29-36, 2020.
- [16] B. Díaz, «Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero Municipal del Distrito de San Pablo - 2018», Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- [17] R. Weil y N. Brady, *the Nature and Properties of Soils*, FifTeenth. PEARSON, 2017.
- [18] A. Hartemink, «On global soil science and regional solutions», *Geoderma Reg.*, vol. 5, pp. 1-3, 2015, doi: 10.1016/j.geodrs.2015.02.001.
- [19] J. L. Esteban Jimenez, «Crecimiento Poblacional y Cambio de Uso de Suelo y su Impacto en los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Ica , Provincia y Departamento de Ica», Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2022.
- [20] MINAM, «Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados aprobado con DECRETO SUPREMO N° 012-2017-MINAM el 2-12-2017.», *El Peru.*, vol. 2017, n.º 8, pp. 15-21, 2017.
- [21] J. Jaramillo, «Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales», *Cent. Panamericano Ing. Sanit. y Ciencias del Ambient.*, p. 287, 2002.

- [22] L. A. Lopez Torres, «Manejo y Tratamiento Adecuado de Desechos Solidos de Santa Rosa de Copan (Estudio Economico Social y Ambiental)», 2008.
- [23] OEFA, «Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal Provincial», *Cumplimiento los Munic. Prov. a Niv. Nac.*, pp. 1-100, 2014.
- [24] L. G. de R. S. N°27314, «Ley N°27314. Ley General de Residuos Sólidos». Congreso de la República, Lima - Perú, p. 10, 2000, [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/161 \(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/161%20(1).pdf).
- [25] DECRETO SUPREMO N°014-2017-MINAM, «Aprueban el Reglamento del Decreto Supremo N° 014-2017 Decreto Legislativo de Aprueba la ley Integral de Residuos Sólidos», *El Peruano*. MINAM, Lima - Perú, p. 32, 2017, [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/>.
- [26] MINAM, «DS N° 002-2008-MINAM: Aprueban los Estandares Nacionales de la Calidad Ambiental del Agua», *El Peruano*. Ministerio del Ambiente, Lima - Perú, p. 6, 2008, [En línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>.
- [27] Municipalidad provincial de Ica, «Ordenanza Municipal N°010-2014». Municipalidad provincial de Ica, Ica, p. 33, 2014.
- [28] Ministerio del Ambiente (MINAM), «Ley General del Ambiente - Ley N°28611; Ley Marco del Sistema Nacional de Gestion Ambiental - Ley N°28245; Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestion Ambiental Decreto Supremo N°008.2005-PCM», *Norma Ambiente*. MINAM, Lima - Perú, pp. 1-168, 2005, [En línea]. Disponible en: [file:///D:/00_Mis_Proyecto Tesis_FIAS-UNICA-2023/Tesis18_2023_FIAS_Naraza Morales Kelly Yessenia/Norma/ley-general-del-ambiente.pdf](file:///D:/00_Mis_Proyecto_Tesis_FIAS-UNICA-2023/Tesis18_2023_FIAS_Naraza%20Morales%20Kelly%20Yessenia/Norma/ley-general-del-ambiente.pdf).
- [29] Real Decreto No 1428, «Tránsito vehicular», *Wikipwdia*, 2003. [https://es.wikipedia.org/wiki/Tránsito_vehicular](https://es.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A1nsito_vehicular).
- [30] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.

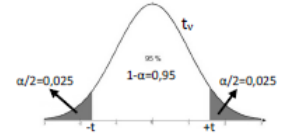
- [31] C. A. Monje Álvarez, «Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica.», *Univ. Surcolombiana*, pp. 1-216, 2011.
- [32] D.S. N°074-2001-PCM, «Decreto Supremo N ° 074-2001-PCM: Reglamento De Estandares Nacionales De Calidad Ambiental del AIRE», *Norma Ambiente*. Presidente de la Republica, Lima, Peru, pp. 1-16, 2001, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS-074-2001-PCM.pdf>.
- [33] Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo», *El Peruano*. pp. 1-4, 2017, [En línea]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12893/DS_011-2017-MINAM.pdf?v=1530656729.

ANEXO

ANEXO I: Distribución t de Student

Distribución t de Student

Contiene los valores de t tales que $\frac{\alpha}{2} = P(t_v \geq t)$, donde v son los Grados de Libertad



	$\alpha/2$												
	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,475
1	636,619	318,309	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158	0,079
2	31,599	22,327	9,925	6,965	4,303	2,920	1,886	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142	0,071
3	12,924	10,215	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137	0,068
4	8,610	7,173	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134	0,067
5	6,869	5,893	4,032	3,365	2,571	2,015	1,476	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132	0,066
6	5,959	5,208	3,707	3,143	2,447	1,943	1,440	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131	0,065
7	5,408	4,785	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130	0,065
8	5,041	4,501	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130	0,065
9	4,781	4,297	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129	0,064
10	4,587	4,144	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129	0,064
11	4,437	4,025	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129	0,064
12	4,318	3,930	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128	0,064
13	4,221	3,852	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128	0,064
14	4,140	3,787	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128	0,064
15	4,073	3,733	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128	0,064
16	4,015	3,686	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128	0,064
17	3,965	3,646	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128	0,064
18	3,922	3,610	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127	0,064
19	3,883	3,579	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127	0,064
20	3,850	3,552	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127	0,063
21	3,819	3,527	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127	0,063
22	3,792	3,505	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127	0,063
23	3,768	3,485	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127	0,063
24	3,745	3,467	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127	0,063
25	3,725	3,450	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
26	3,707	3,435	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
27	3,690	3,421	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
28	3,674	3,408	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
29	3,659	3,396	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
30	3,646	3,385	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
31	3,633	3,375	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309	0,853	0,682	0,530	0,256	0,127	0,063
32	3,622	3,365	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
33	3,611	3,356	2,733	2,445	2,035	1,692	1,308	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
34	3,601	3,348	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
35	3,591	3,340	2,724	2,438	2,030	1,690	1,306	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
α	0,001	0,002	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95