



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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



EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

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

"ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SUELO DEL RÍO ICA EN EL AÑO 2022"

Presentado por:

EURIBE KÚ CARLOS ALBERTO

Del **DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL.**

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 7%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 08 de agosto de 2025.

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO



Mario Gustavo Reyes Mejía
Dr. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN GESTION AMBIENTAL



TESIS

Análisis Físicoquímico y Microbiológico del Suelo
del Río Ica en el Año 2022

Línea de Investigación: Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente

CARLOS ALBERTO EURIBE KÚ

Ica – Perú

2025

DEDICATORIA

A mis progenitores, por guiarme en el camino hacia la superación personal.

A todos mis familiares, por motivarme constantemente a mejorar y alcanzar con éxito mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los docentes por su valioso consejo sobre la relevancia de nuestra carrera profesional, así como por ser excelentes educadores que han logrado brindarme una formación profesional de alta calidad. También extendiendo mi gratitud a todas las personas que, de diversas maneras, han contribuido al cumplimiento de mis objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|------------------------------------------------------------------|------|
| Portada | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice | iv |
| Índice de Tablas | vii |
| Índice de Figuras | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Marco Teórico | 12 |
| 1.1.1 Antecedentes | 12 |
| 1.1.1.1 Antecedentes internacionales | 12 |
| 1.1.1.2 Antecedentes nacionales | 13 |
| 1.1.2 Bases Teóricas | 14 |
| 1.1.2.1 Parámetros geomorfológicos en el río Ica | 14 |
| 1.1.2.2 Grado de ramificación | 15 |
| 1.1.2.3 Concepto de suelo | 16 |
| 1.1.2.4 Fertilidad del suelo | 16 |
| 1.1.2.5 Fertilidad natural | 16 |
| 1.1.2.6 Fertilidad adquirida | 17 |
| 1.1.2.7 Fertilidad actual | 18 |
| 1.1.2.8 pH del suelo | 18 |
| 1.1.2.9 Capacidad de intercambio catiónico (CIC) | 18 |
| 1.1.2.10 Calidad microbiológica | 18 |
| 1.1.2.11 Coliformes totales | 19 |
| 1.1.2.12 Materia orgánica | 21 |
| 1.1.2.13 Análisis Microbiológico Coliformes Fecales | 25 |
| 1.1.2.14 Estructura del suelo | 25 |
| 1.1.2.15 Diagnóstico de suelos | 26 |
| 1.1.2.16 Sectores de referencia | 26 |
| 1.1.2.17 Elementos claves para solicitar en un análisis de suelo | 27 |
| 1.1.3 Marco Conceptual | 28 |
| 1.2 Planteamiento del Problema | 30 |
| 1.2.1. Situación Problemática | 30 |
| 1.2.2 Formulación del Problema | 30 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| a) Problema General | 30 |
| b) Problema Específicos | 30 |
| 1.2.3 Delimitación del Problema | 31 |
| 1.2.4 Justificación e Importancia de la Investigación | 31 |
| 1.3 Objetivos | 33 |
| 1.3.1 Objetivo General | 33 |
| 1.3.2 Objetivo Específicos | 33 |
| 1.4 Hipótesis y variables | 34 |
| 1.4.1 Hipótesis | 34 |
| 1.4.2 Variables | 34 |
| II. Estrategia Metodológica. | 25 |
| 2.1. Tipo, Nivel y Diseño de la investigación | 35 |
| 2.2 Población y Muestra | 35 |
| 2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección | 36 |
| 2.5. Técnicas de Procedimiento, Análisis e Interpretación de Resultados | 36 |
| III. Resultados. | 36 |
| 3.1 Naturaleza de las sales solubles | 40 |
| 3.2 Ubicación de los puntos de monitoreo | 38 |
| IV. Discusión. | 45 |
| V. Conclusiones. | 46 |
| VI. Recomendaciones. | 47 |
| VII. Referencias bibliográficas. | 47 |
| VIII. Anexos. | 48 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Numero de bifurcaciones del Rio Ica | 15 |
| Tabla 2. Declividades parciales y relación tiempo/declividad en el curso del rio Ica | 15 |
| Tabla 3. Perfil longitudinal del Rio Ica | 16 |
| Tabla 4. Valores promedio de pH | 18 |
| Tabla 5. Clasificación de los niveles de calcio, magnesio y potasio | 18 |
| Tabla 6. Niveles de sodio expresados en cmol/kg-1 | 19 |
| Tabla 7. Categoría de la materia orgánica (MOS) | 21 |
| Tabla 8. Criterios de evaluación de la salinidad del suelo | 22 |
| Tabla 9. Niveles de fosforo en el suelo | 24 |
| Tabla 10. Clasificación de las partículas del suelo | 27 |
| Tabla 11. Escala de valores de pH | 28 |
| Tabla 12. Conductividad eléctrica | 28 |
| Tabla 13. Composición de la corteza terrestre, según Clark (en %) | 38 |
| Tabla 14. Coeficiente de energía, según Fersman | 39 |
| Tabla 15. Grados de solubilidad y los efectos tóxicos de sales | 40 |
| Tabla 16. M1 (Bocatoma) Suelo natural | 41 |
| Tabla 17. M2 (Puente Socorro) Suelo natural | 41 |
| Tabla 18. M3 (Puente Grau) Suelo natural | 42 |
| Tabla 19. M3 (Puente Cutervo) Suelo natural | 43 |
| Tabla 20. M5 (Puente Los Maestros) Suelo natural | 43 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------|----|
| Figura 1. Rio Ica | 36 |
| Figura 2. Naturaleza de las sales solubles | 38 |
| Figura 3. Bocatoma | 41 |
| Figura 4. Puente Socorro | 42 |
| Figura 5. Puente Grau | 42 |
| Figura 6. Puente Cutervo | 43 |
| Figura 7. Puente Cutervo | 44 |
| Figura 8. Puente Cutervo | 44 |

RESUMEN

El propósito de la investigación fue analizar el uso actual del suelo y la calidad hidrogeomorfológica del río Ica, situado en la provincia de Ica, Perú. Para estimar los usos del suelo, se aplicó el método de clasificación supervisada a las imágenes de Sentinel 2A. Los resultados promedio en partes por millón (ppm) indicaron que la cobertura del suelo en la microcuenca Ica se distribuye de la siguiente manera: 123.07 de cloruros (Cl⁻), 59.76 de sulfatos (SO₄), 318 de sales solubles totales y 45.30 de carbonato. Además, la calidad hidrogeomorfológica del río Ica se clasifica en un rango que va de Buena a Deficiente, evidenciando un mayor impacto antrópico en las secciones media y baja del río. Se concluye que el uso del suelo tiene un efecto significativo en la calidad hidrogeomorfológica, influenciado por actividades agropecuarias, urbanas y la extracción de materiales de construcción en el cauce del río, lo que contribuye a la degradación del sistema fluvial.

Palabras claves: Análisis fisicoquímico, Microbiológico, suelo, río.

ABSTRACT

The purpose of the research was to analyze the current land use and hydrogeomorphological quality of the Ica River, located in the province of Ica, Peru. To estimate the land uses, the supervised classification method was applied to Sentinel 2A images. The average results in parts per million (ppm) indicated that the soil cover in the Ica micro-basin is distributed as follows: 123.07 chlorides (Cl⁻), 59.76 sulfates (SO₄), 318 total soluble salts and 45.30 carbonate. In addition, the hydrogeomorphological quality of the Ica River is classified in a range from Good to Poor, evidencing a greater anthropic impact in the middle and lower sections of the river. It is concluded that land use has a significant effect on hydrogeomorphological quality, influenced by agricultural and urban activities and the extraction of construction materials in the riverbed, which contributes to the degradation of the river system.

Keywords: Physicochemical analysis, Microbiological, soil, river.

I.- INTRODUCCIÓN

Las actividades realizadas por el ser humano constituyen las principales causas de las transformaciones en el medio ambiente, así como del crecimiento de las áreas urbanas y agrícolas. Estas actividades son responsables de los cambios en el uso del suelo. Como resultado, se generan problemas significativos como la desertificación, la degradación de la tierra, la pérdida de vegetación y biodiversidad, así como alteraciones en la hidrología de las cuencas y en los medios de vida de las comunidades. El deterioro de las cuencas hidrográficas continúa en aumento, reflejando una tendencia de degradación ambiental provocada por las actividades antrópicas. En los cauces y en las cabeceras de las cuencas, se alteran de manera drástica las funciones hidrogeomorfológicas, ecológicas y bioclimáticas, las cuales impactan tanto directa como indirectamente en los sistemas fluviales.

Las actividades desarrolladas por el ser humano, especialmente aquellas vinculadas al crecimiento poblacional, la industrialización y la intensificación de la agricultura, han pasado a ser los factores predominantes en la transformación del entorno natural. El avance continuo de las áreas urbanizadas y la expansión de las fronteras agrícolas responden a una creciente demanda de recursos, espacio habitable e infraestructura, lo cual implica una presión directa sobre los ecosistemas y el uso del suelo. Estas modificaciones no se producen de forma aislada, sino que conforman un proceso complejo y acumulativo que afecta tanto a la estructura como al funcionamiento de los sistemas ecológicos.

Entre las consecuencias más significativas de estas alteraciones se encuentran fenómenos como la desertificación —es decir, la pérdida progresiva de la capacidad productiva de los suelos en zonas áridas y semiáridas— y la degradación generalizada de la tierra, que implica la disminución de su fertilidad y estabilidad. A esto se suma la reducción de la cobertura vegetal, lo cual compromete gravemente los equilibrios biológicos y favorece la pérdida de biodiversidad. Los impactos también se extienden a la dinámica hídrica, afectando el ciclo del agua en las cuencas hidrográficas, alterando flujos superficiales y subterráneos, e incluso influyendo en la frecuencia y magnitud de eventos extremos como inundaciones y sequías.

Todo este conjunto de transformaciones no solo incide en la salud del medio ambiente, sino que también repercute directamente en los medios de vida de las comunidades humanas que dependen de estos recursos naturales para su sustento. Así, la relación entre las actividades antrópicas y los cambios ambientales se vuelve un asunto central en el análisis del desarrollo sostenible y en la formulación de políticas públicas orientadas a la conservación de los ecosistemas y la resiliencia social frente al deterioro ambiental.

La degradación de las cuencas hidrográficas presenta una tendencia creciente, impulsada principalmente por la acción continua e intensiva de las actividades humanas. El uso inadecuado del suelo, la deforestación, la urbanización descontrolada y las prácticas agrícolas insostenibles han contribuido de manera significativa al deterioro progresivo de estos sistemas. Tanto en los tramos superiores como en los cauces principales de las cuencas, se observan alteraciones sustanciales en los procesos hidrogeomorfológicos, que incluyen modificaciones en la dinámica del agua, la erosión del suelo y la sedimentación.

Estas intervenciones también afectan las funciones ecológicas de las cuencas, como la regulación del microclima, la filtración y recarga de aguas subterráneas, así como la conservación de hábitats naturales esenciales para la biodiversidad. Las consecuencias se manifiestan tanto en el comportamiento físico de los ríos y arroyos como en la estabilidad de los ecosistemas que dependen de ellos. Además, se generan desequilibrios bioclimáticos que pueden intensificar los efectos del cambio climático a escala local y regional, alterando ciclos hidrológicos y patrones de precipitación.

En conjunto, estas transformaciones comprometen la integridad funcional de los sistemas fluviales y reducen su capacidad para proveer servicios ecosistémicos clave, como el abastecimiento de agua, el control de inundaciones y la regulación térmica. El impacto resultante no solo es ambiental, sino también social y económico, afectando directamente a las poblaciones asentadas en las cuencas y a sus actividades productivas.

El Río Ica, que nace en Huancavelica y desemboca en el océano Pacífico, atraviesa la provincia de Ica y pasa por la ciudad, donde se presenta el principal problema. Este río solo transporta agua durante las lluvias en la sierra, permaneciendo seco el resto del año. Además, en ciertos tramos, la población lo utiliza como vertedero, convirtiéndolo en un foco de infección debido a la acumulación de materia orgánica, inorgánica y elementos químicos nocivos para la salud.

El objetivo de esta investigación es determinar si existe una relación entre los contaminantes presentes en el suelo del Río Ica y las enfermedades que afectan a las poblaciones que habitan sus riberas. Se busca así proponer soluciones a esta problemática. Este estudio tiene como finalidad conocer el uso actual del suelo y evaluar la calidad hidrogeomorfológica del río Ica en el departamento de Ica (Perú), con el propósito de sugerir acciones para la restauración ambiental del ecosistema fluvial.

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1 Antecedentes

1.1.1.1 Antecedentes Internacionales

Quiceno y colaboradores [1] llevaron a cabo un estudio cuyo propósito es examinar el impacto de los drenajes ácidos y neutros provenientes de minas de carbón en la actividad y diversidad de las comunidades microbianas del suelo. Esto se realizó a través de la cuantificación de diversas enzimas, tales como β -glucosidasa, ureasa, fosfatasa ácida y alcalina, deshidrogenasa y celulolítica, así como la identificación de 45 géneros bacterianos mediante una librería de clones. Los hallazgos fueron contrastados con los parámetros fisicoquímicos de los suelos afectados, utilizando un análisis de correspondencia canónica y una red biológica de los ciclos biogeoquímicos. Se observó que, en los suelos impactados por los drenajes ácidos y neutros, la actividad de las enzimas β -glucosidasa, ureasa y fosfatasa (tanto ácida como alcalina) mostró una disminución significativa, mientras que la actividad de las enzimas deshidrogenasas y celulolíticas experimentó un aumento. Asimismo, se determinó que los nutrientes (carbono y nitrógeno), así como los metales (Mn, Fe, Pb, Cd y Mg) y los sulfuros, fueron las variables fisicoquímicas que más influyeron en las comunidades bacterianas del suelo. Los metales y los sulfuros juegan un papel crucial en la adaptación de la población microbiana en entornos mineros; sin embargo, la aplicación de enmienda orgánica reduce su impacto sobre la comunidad al mantener el ciclo de nutrientes.

La investigación llevada a cabo por Pérez et al. [2] tuvo como finalidad evaluar y comparar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo en cultivos de Banano (*Musa paradisiaca* Cavendish) y Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jac) Damasson 007, en la Provincia de los Ríos-Quevedo, Ecuador. Se realizó un análisis físico-químico en AGROBIO-LAB y un análisis microbiológico en el CEB de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Los parámetros analizados incluyeron P, S, K, Ca, Mg, clase textural, pH, materia orgánica y UFC/g de suelo seco de bacterias y hongos, en tres lotes diferentes para cada cultivo. Las muestras fueron recolectadas en la hacienda Ruth, situada en el cantón Valencia-Los Ríos, y se utilizó el método de diluciones con tres repeticiones por microorganismo, expresadas en UFC/g de suelo seco. Los resultados indicaron que los suelos de ambos cultivos presentan propiedades similares en términos de pH (LAc), textura (Fco, Fco-Arc-Li) y niveles de P. Sin embargo, el cultivo de palma africana mostró una mayor cantidad de materia orgánica y S, mientras que el cultivo de banano presentó niveles superiores de P, K, Ca y Mg. Además, en cuanto a la relación de UFC/g de suelo seco, se evidenció que el cultivo de banano tiene valores más altos que el de palma africana.

De acuerdo con Bošnjak et al. [15] en su investigación “Application of biomass ash on grasslands” refiere que el incremento sostenido en el uso de biomasa como fuente energética renovable ha generado, como subproducto inevitable del proceso de combustión, un volumen creciente de cenizas. Este residuo sólido, que anteriormente se destinaba casi exclusivamente a su disposición final en vertederos, ha comenzado a adquirir una relevancia creciente dentro del ámbito agrícola, donde se exploran nuevas formas de reutilización sostenible. Esta tendencia se enmarca en un enfoque de economía circular que busca minimizar los desechos y valorizar los subproductos mediante su integración en sistemas productivos. El aprovechamiento de las cenizas de biomasa en la agricultura se fundamenta en su contenido mineral, ya que estas contienen concentraciones variables pero significativas de macronutrientes y micronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal, tales como calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg), fósforo (P) y hierro (Fe). Además, muchas de estas cenizas presentan un valor de neutralización química considerable, lo que les permite actuar como agentes enmiendantes del suelo, especialmente en terrenos ácidos, contribuyendo a la corrección del pH y mejorando la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Sin embargo, la viabilidad de su uso agrícola no depende únicamente de su potencial nutritivo, sino también de una evaluación rigurosa de su composición química. Es crucial considerar la posible presencia de metales pesados, elementos traza y otros contaminantes que, en concentraciones elevadas, podrían representar un riesgo para la salud del suelo, de los cultivos y de los consumidores. Por ello, su aplicación debe realizarse de manera controlada, bajo criterios técnicos que consideren tanto las propiedades del suelo como las necesidades del cultivo, y respetando límites normativos establecidos para evitar impactos negativos a largo plazo. La incorporación de ceniza de biomasa en sistemas forrajeros, particularmente en pastizales o tierras de cultivo destinadas a la producción de forraje, ha demostrado efectos positivos cuando se aplica en dosis moderadas, que pueden oscilar entre 6 y 22 toneladas por hectárea. Estudios de campo han evidenciado un incremento en la biomasa producida, una mayor proporción de leguminosas en la composición vegetal y una mejora en la calidad nutricional del forraje, lo cual se traduce en beneficios tanto agronómicos como zootécnicos. En resumen, el uso agrícola de las cenizas derivadas de la biomasa no solo representa una alternativa ambientalmente responsable frente a su disposición en vertederos, sino que también ofrece una herramienta eficaz para la mejora de suelos y el incremento de la productividad agropecuaria. No obstante, su implementación requiere una evaluación técnica integral que considere las condiciones edafoclimáticas locales, la composición de la ceniza y su manejo adecuado para maximizar sus beneficios y mitigar posibles riesgos ambientales.

Según Rubio et al. [16] la cohesión estructural del suelo, particularmente la estabilidad de los agregados (EA), constituye un parámetro fundamental en la determinación de su resistencia a procesos de degradación física como la erosión hídrica y la compactación.

Esta propiedad, de carácter dinámico, regula en gran medida la capacidad del suelo para mantener su estructura frente a las perturbaciones mecánicas y climáticas, siendo un indicador crucial de su salud y funcionalidad a largo plazo, en este contexto, el presente estudio tuvo como propósito central analizar cómo las propiedades físicas y químicas del suelo inciden en la estabilidad estructural de los agregados en su secuencia del orden Mollisol, caracterizados por su alta fertilidad natural y predominancia en regiones agrícolas de alta productividad. Para ello, se recurrió al método experimental desarrollado por Le Bissonnais, el cual permite cuantificar distintos mecanismos de desestabilización estructural bajo condiciones controladas de laboratorio. Se seleccionó un conjunto representativo de 16 perfiles de suelo con variaciones significativas en sus características físico-químicas, con el fin de abarcar un amplio espectro de condiciones edáficas presentes en el paisaje agrícola evaluado. El análisis estadístico de los resultados permitió identificar que ciertos atributos, como el contenido de arena, la concentración de magnesio (Mg) intercambiable y el nivel de carbono orgánico (CO), explicaban en conjunto una proporción considerable de la variabilidad observada en la estabilidad de los agregados. Los suelos con mayor contenido de carbono orgánico mostraron, en general, una mayor capacidad para preservar su estructura ante la acción del agua, lo que resalta la importancia de las prácticas agronómicas que promueven el incremento del C en el suelo, como las rotaciones diversificadas de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la reducción del laboreo intensivo. Sin embargo, se detectó que la respuesta de la EA no fue uniforme frente a todos los mecanismos evaluados (como la disgregación por rápido humedecimiento o por dispersión química), presentando una tendencia decreciente en la eficacia de estabilización en ciertos casos, lo cual sugiere la existencia de límites funcionales en la capacidad del carbono para compensar otros factores estructuralmente limitantes. En suma, los hallazgos de este trabajo evidencian que la estabilidad de los agregados no depende de un solo factor, sino del equilibrio entre múltiples propiedades edáficas que interactúan entre sí. A partir de esta comprensión, se destaca la necesidad de diseñar estrategias de manejo del suelo integradas, que consideren tanto la mejora del contenido de materia orgánica como la adecuada gestión de la textura y la química del suelo, para así preservar la integridad estructural y la productividad de los sistemas agroecosistémicos basados en Mollisoles.

1.1.1.2 Antecedentes Nacionales

Casas y Galván (2019) llevaron a cabo un estudio sobre la eficacia de las enmiendas orgánicas en la rehabilitación de suelos salinos. Este estudio se desarrolló en varias etapas: primero, se realizó la caracterización de los suelos salinos; luego, se diseñaron y construyeron parcelas experimentales; a continuación, se caracterizaron las enmiendas orgánicas aplicadas; y finalmente, se analizaron los resultados obtenidos mediante el Diseño Experimental

de Mezclas, utilizando el software Statistica. Los resultados del estudio revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los parámetros evaluados, que incluyen CE, pH, MO, P, K, CaCO_3 , CIC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ y PSI. Se observó que el pH del suelo alcanzó un rango normal (6.5 – 7.5), el PSI se redujo a 0.55%, el CaCO_3 se mantuvo dentro del rango normal (<20%), la CIC aumentó hasta 29.92 Cmol/Kg, el Ca^{2+} llegó a 20.40 Cmol/Kg, el Mg^{2+} se incrementó a 4.39 Cmol/Kg, el Na^+ a 0.35 Cmol/Kg, y finalmente, la MO, P y K mostraron un aumento significativo en el suelo. A pesar de que la CE aumentó en todos los tratamientos, lo cual era inesperado, el Diseño de Mezclas permitió determinar que al combinar 25% de humus y 75% de guano, el nivel de CE podría reducirse a valores normales.

Barboza en el año 2018, el propósito de la investigación fue analizar el uso actual del suelo y la calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio, situado entre las provincias de Chachapoyas y Rodríguez de Mendoza en el Departamento de Amazonas, Perú. Para estimar los usos del suelo, se empleó el método de clasificación supervisada aplicado a las imágenes de Sentinel 2A, mientras que la evaluación de la calidad del sistema fluvial se llevó a cabo mediante la implementación del índice hidrogeomorfológico (IHG) en cada sector funcional. Los hallazgos indicaron que la cobertura del suelo en la microcuenca San Antonio se distribuye de la siguiente manera: 44.50 % corresponde a cultivos, 36.09 % a bosques, 11.24 % a pastos, 7.56 % a herbazales y arbustales, y 0.61 % a áreas urbanas y cuerpos de agua. Además, la calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio se clasifica en un rango que va de Muy Buena a Deficiente, con un mayor impacto antrópico observado en el tramo medio y bajo del río. Se concluye que el uso del suelo tiene un efecto significativo en la calidad hidrogeomorfológica, influenciado por actividades agropecuarias, urbanización y la extracción de materiales de construcción en el cauce del río, lo que contribuye a la degradación del sistema fluvial.

1.1.2 Bases Teóricas

1.1.2.1 Parámetros geomorfológicos en el río Ica

Se centran en los índices morfométricos de la cuenca, los cuales buscan establecer vínculos entre el comportamiento del régimen hidrológico y las características geomorfológicas presentes. Se han determinado los siguientes parámetros para la cuenca del río.

1.1.2.2 Superficie de la cuenca

Area total de la cuenca

Se refiere a la extensión del terreno cuyas precipitaciones son canalizadas a través del sistema de cauces del Río Ica y sus afluentes.

$$A = 7,845 \text{ Km}^2$$

Area de la cuenca de recepción

Es la zona donde se registra la mayor cantidad promedio de precipitación, abarcando desde la estación de aforo de la Hacienda Huamani hasta sus fuentes.

$A_c = 1,896 \text{ Km}^2$

Area de la cuenca húmeda

Superficie que incluye las regiones donde la precipitación media anual supera los 200 mm.

$A_h = 1,843 \text{ Km}^2$.

Perímetro

Se refiere a la longitud de los bordes de la cuenca, lo cual influye en su forma y en el tiempo de concentración de las aguas.

$P = 465 \text{ Km}$.

Forma de la cuenca

La configuración de la cuenca influye en la distribución de las descargas hídricas a lo largo del río Ica y es un factor determinante en las características de las crecidas. Además, afecta el tiempo de concentración del agua.

Coefficiente de compacidad o índice de gravelius

Este índice es superior a uno, lo que indica que la forma de la cuenca es alargada y sinuosa. Las crecidas resultan de las precipitaciones en la parte alta de la cuenca, concentrándose las aguas en la sección baja, lo que puede ocasionar desbordes e inundaciones.

$I_c = 1.47$

Sistema de drenaje

El sistema de drenaje está formado por el cauce principal del río, y se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

1.1.2.2 Grado de ramificación

Para su determinación, se analizó la cantidad de bifurcaciones presentes en los afluentes del río Ica, considerando un enfoque ascendente desde la divisoria hasta el cauce principal. Se estableció que la cuenca presenta un grado de ramificación de Quinto Orden, lo que sugiere que el sistema de drenaje es poco desarrollado.

TABLA I
NUMERO DE BIFURCACIONES DEL RIO ICA

| Cotas | Áreas parciales (Km²) | (i) | Áreas de-bajo de actitud | (i) | Áreas sobre la altitud | (i) |
|--------------|-----------------------------------------|------------|---------------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| 0 | 4097.00 | 52.00 | 0.00 | 0-00 | 7845.00 | 100.00 |
| 0 – 1000 | 1038.00 | 13.23 | 4097-00 | 52.22 | 3768.00 | 47.78 |
| 1000 – 2000 | 1128.00 | 14.38 | 5235.00 | 65.46 | 2710.00 | 34.54 |
| 2000 – 3000 | 983.00 | 12.53 | 6263.00 | 79.83 | 1582.00 | 20.17 |
| 3000 – 4000 | 599.00 | 7.64 | 7246.00 | 92.36 | 599.00 | 7.64 |
| 4000 - 4450 | | | 7845.00 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: El autor

TABLA II
DECLIVIDADES PARCIALES Y RELACIÓN TIEMPO Y LA DECLIVIDAD EN EL CURSO DEL RIO ICA

| Cotas | Diferencia de nivel | Longitud tramo (Km) | Distancias acumuladas (Km) | S | T |
|--------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| 0 – 1000 | 1000.00 | 152.00 | 152.00 | 0.01 | 12.33 |
| 1000 – 2000 | 1000.00 | 23.00 | 175.00 | 0.04 | 4.88 |
| 2000 – 3000 | 1000.00 | 12.00 | 187.00 | 0-08 | 3.45 |
| 3000 – 4000 | 1000.00 | 21.00 | 208.00 | 0.05 | 6.58 |
| 4000 - 4400 | 400.00 | 16.00 | 224.00 | 0.01 | 6.32 |

Fuente: El autor

TABLA III
PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO ICA

| Cotas | Longitud parcial (Km) | Diferencia de nivel (Km) | Pendiente parcial (%) |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 0 – 1000 | 152.00 | 1000.00 | 0.66 |
| 1000 – 2000 | 23.00 | 1000.00 | 4.35 |
| 2000 – 3000 | 12.00 | 1000.00 | 8.33 |
| 3000 – 4000 | 21.00 | 1000.00 | 4.76 |
| 4000 - 4400 | 16.00 | 400.00 | 2.50 |

Fuente: El autor

1.1.2.3 Concepto de suelo

El suelo constituye un elemento fundamental del entorno en el que se manifiesta la vida; es susceptible a la degradación, y su recuperación es un proceso prolongado que puede llevar desde miles hasta cientos de miles de años. Debido a su limitada extensión, se clasifica como un recurso natural no renovable. Además, el suelo es la base de los ecosistemas terrestres, proporcionando el sustento no solo a la vegetación que permite la existencia de vida en el planeta, sino que también es esencial para la producción alimentaria a nivel global.

1.1.2.4 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo se entiende como su condición en relación con la habilidad que tiene para proporcionar elementos fundamentales para el desarrollo de las plantas, sin que existan concentraciones tóxicas de ningún componente. Las demandas de elementos esenciales y la tolerancia a sustancias nocivas varían según el tipo de planta, lo que implica que el nivel de fertilidad no puede ser evaluado únicamente en función del suelo, sino que también debe considerarse en relación con el cultivo específico. En otras palabras, suelos que pueden parecer infértiles para un tipo de cultivo pueden resultar altamente productivos al ser utilizados para otro tipo de plantas.

La fertilidad del suelo es una característica que surge de la interacción entre sus propiedades físicas (capacidad para ofrecer condiciones estructurales adecuadas para el soporte y crecimiento de los cultivos), químicas (capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios en cantidades adecuadas y equilibradas) y biológicas (relacionadas con los procesos biológicos del suelo y sus organismos). Esta cualidad se traduce en la capacidad de ofrecer las condiciones requeridas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

1.1.2.5 Fertilidad natural

Se comprende que la fertilidad de los suelos vírgenes se caracteriza por un equilibrio dinámico entre el suelo y la vegetación que sustenta, proporcionando agua y nutrientes fundamentales para su crecimiento y desarrollo.

1.1.2.6 Fertilidad adquirida

Este concepto se relaciona con los suelos que han sido cultivados o que han experimentado algún tipo de intervención por parte del ser humano. La aplicación de fertilizantes, enmiendas o prácticas agrícolas puede alterar la fertilidad natural del suelo.

1.1.2.7 Fertilidad actual

Se refiere al nivel de fertilidad que presenta el suelo en un momento específico, pudiendo ser este nivel de origen natural o resultado de intervenciones humanas.

1.1.2.8 pH del suelo

El pH constituye una característica química del suelo que influye significativamente en el desarrollo de los organismos vivos, incluyendo microorganismos y plantas. La medición del pH se relaciona con la concentración de iones de hidrógeno activos (H^+) presentes en la interfaz líquida del suelo, resultado de la interacción entre los componentes sólidos y líquidos. La cantidad de iones de hidrógeno es crucial para los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el suelo.

La acidez del suelo se origina en la pérdida de bases en áreas con alta pluviosidad, debido a la disolución de estas, que se filtran y se eliminan por lixiviación en cantidades significativas. Las zonas del suelo que anteriormente estaban ocupadas por las bases son sustituidas por iones de hidrógeno, lo que provoca una disminución del pH y puede generar toxicidad en las plantas.

El desarrollo de las plantas en suelos ácidos o alcalinos afecta la solubilidad de ciertos nutrientes; algunos se vuelven altamente insolubles a pH elevados, mientras que otros son menos accesibles a pH bajos. La disponibilidad óptima de la mayoría de los nutrientes se encuentra en un rango de pH de 6,5 a 7,5.

Los valores de pH que favorecen la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes para las plantas, y por ende para el crecimiento de los cultivos, se sitúan entre 6,5 y 7,5 (Vásquez et al., 2002). Esto se debe a que el pH es un factor determinante en las propiedades del suelo, ya que regula las características químicas del mismo, determina la disponibilidad de cationes para las plantas e influye en la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que es inferior en suelos ácidos en comparación con los básicos.

TABLA IV
VALORES PROMEDIO DE PH

| pH, relacion suelo, agua 1:25 | |
|-------------------------------|-------------|
| Categoría | Valor de pH |
| Fuertemente acido | <5.0 |
| Moderadamente acido | 5.1 – 6.5 |
| Neutro | 6.6 – 6.5 |
| Medianamente alcalino | 7.4 – 8.5 |
| Fuertemente alcalino | 8.5 |

Fuente: L. Fernández y N. Rojas. 2006

1.1.2.9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En el sistema internacional de unidades, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se mide en centimoles de carga positiva por kilogramo de suelo, expresándose como

cmol (+) kg⁻¹ o cmolc kg⁻¹. Anteriormente, se utilizaba la unidad meq/100g, la cual sigue siendo bastante común. El valor numérico es equivalente en ambas unidades.

Los cationes más relevantes en los procesos de intercambio catiónico, debido a las cantidades que intervienen, son Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺ (considerados como bases del suelo), así como NH₄⁺. En suelos ácidos, a partir de ciertos niveles de pH, el Al³⁺ adquiere una importancia significativa en el complejo de intercambio catiónico, contribuyendo junto con el H⁺ a la acidez intercambiable del suelo (Jaramillo, 2002).

Los coloides del suelo, en su mayoría arcillas y materia orgánica, presentan cargas negativas en su superficie, lo que les permite adsorber cationes, ya sean nutrientes o contaminantes. Estos cationes pueden ser reemplazados por cantidades equivalentes de otros cationes, las cuales se expresan en meq/100g de suelo y dependen de la cantidad de coloides presentes.

TABLA V.
CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO

| Cmol. Kg⁻¹ | | | |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Clase | Ca | Mg | K |
| Muy baja | < 2 | < 0.5 | <02 |
| Baja | 02 – 5 | 0.5 – 13 | 02 – 03 |
| Media | 5 – 10 | 13 – 3.0 | 0.3 – 0.6 |
| Alta | 10> | >3.0 | > 0.6 |

Fuente: L. Fernández y N. Rojas. 2006

TABLA VI
NIVELES DE SODIO EXPRESADOS EN cmol/kg⁻¹

| Clase | Na Cmol Kg⁻¹ |
|--------------|--------------------------------|
| Muy bajo | <0.3 |
| Bajo | 03 – 06 |
| Normal | 0.6 – 1.0 |
| Alto | 1.0 > 1.5 |
| Muy Alto | 1.5 |

Fuente: FAO, 2012

1.1.2.10 Calidad microbiológica

La calidad microbiológica se refiere a la presencia de microorganismos que indican un manejo inadecuado o contaminación, lo que aumenta el riesgo de encontrar microorganismos patógenos en alimentos, aire, agua o suelo. En el caso de los productos perecederos, estos microorganismos pueden señalar condiciones inapropiadas de tiempo y temperatura durante su almacenamiento. Por lo tanto, los microorganismos indicadores

son valiosos para evaluar la efectividad de los procesos de limpieza y desinfección, asegurando así el control de las condiciones higiénicas. Los aspectos biológicos han cobrado una relevancia creciente en el análisis de los sistemas acuáticos, dado que las variables físicas y químicas no reflejan con exactitud la calidad del agua, proporcionando solo una visión parcial de la misma. Se han propuesto peces, algas, protozoos y otros organismos para evaluar la calidad del agua; sin embargo, los macroinvertebrados son el grupo más utilizado como indicador del estado ambiental de ríos y quebradas, debido a su alta sensibilidad a los cambios en su entorno y su vulnerabilidad a las perturbaciones causadas por actividades humanas.

Diversos organismos patógenos de transmisión fecal-oral pueden encontrarse en agua cruda, incluyendo bacterias como *Salmonella* sp, *Shigella* sp, y coliformes termotolerantes y totales, que han sido detectados en fuentes de agua potable. La evaluación de la calidad microbiológica del agua destinada al consumo implica el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. La ausencia de *E. coli* en el agua de consumo es fundamental, ya que su presencia es una evidencia concluyente de contaminación fecal reciente. [10]

El análisis de la presencia de bacterias Coliformes Termotolerantes puede ser una opción viable en diversas situaciones. Aunque *E. coli* es un indicador valioso, presenta ciertas limitaciones. Los virus y protozoos entéricos muestran una mayor resistencia a los procesos de desinfección; por lo tanto, la ausencia de *E. coli* no garantiza la inexistencia de estos organismos. En determinadas circunstancias, puede ser conveniente incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, especialmente cuando se tiene conocimiento de que el agua de origen utilizada está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si se registra una alta incidencia de enfermedades virales y parasitarias en la población.

1.1.2.11 Coliformes totales

Los coliformes totales se utilizan como un indicador de contaminación fecal. En situaciones donde los cuerpos de agua presentan un alto grado de contaminación, se procede a la determinación de coliformes fecales mediante un ensayo realizado a una temperatura elevada (44°C). La cuantificación de estos indicadores bacterianos se efectúa a través de dos métodos alternativos: la técnica de fermentación en tubos múltiples (Número más Probable, NMP) y el filtrado por membrana (FM). Estos microorganismos pertenecen a la familia de las Enterobacterias e incluyen diversos géneros como *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia* y *Klebsiella*. La presencia de este parámetro bacteriológico en un cuerpo de agua indica que ha sido o está siendo contaminado por materia orgánica de origen fecal, ya sea de origen humano o animal. Según Sierra (2021, pág. 315), Oblitas y Torres (2016) definen a estos organismos como todas las bacterias Gram negativas en

forma bacilar que fermentan la lactosa a temperaturas de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un periodo de 24 horas. Estas bacterias pueden ser aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasas negativas, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. La prueba más relevante para la determinación de coliformes es la hidrólisis de la lactosa, donde el rompimiento de este disacárido es catalizado por la enzima β-D-galactosidasa. Para la detección de la β-D-galactosidasa se emplean medios cromogénicos como el Agar Chromocult para coliformes. En la actualidad, no se recomienda su uso para evaluar la calidad del agua, dado que muchos de estos microorganismos pueden encontrarse de manera natural en aguas, suelos o vegetación. Para la determinación de coliformes totales, se puede estudiar su presencia y cuantificar su concentración mediante la determinación del NMP y la filtración por membrana. La prueba presuntiva tiene como objetivo evidenciar la fermentación de la lactosa con producción de gas tras la incubación a 36 °C. La prueba confirmatoria se realiza posteriormente.

En el sistema internacional de unidades, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se mide en centimoles de carga positiva por kilogramo de suelo, expresándose como cmol (+) kg⁻¹ o cmolc kg⁻¹. Anteriormente, se utilizaba la unidad meq/100g, la cual sigue siendo bastante común. El valor numérico es equivalente en ambas unidades.

Los cationes más relevantes en los procesos de intercambio catiónico, debido a las cantidades que intervienen, son Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺ (considerados como bases del suelo), así como NH₄⁺ en suelos ácidos. A partir de ciertos niveles de pH, el Al³⁺ adquiere una importancia significativa en el complejo de intercambio catiónico del suelo, contribuyendo junto con el H⁺ a la acidez intercambiable.

Los coloides del suelo, principalmente las arcillas y la materia orgánica, presentan cargas negativas en su superficie, lo que les permite adsorber cationes, ya sean nutrientes o contaminantes. Estos cationes pueden ser reemplazados por cantidades equivalentes de otros cationes, las cuales se expresan en meq/100g de suelo y dependen de la cantidad de coloides presentes.

1.1.2.12 Materia orgánica

La materia orgánica se define como la acumulación de residuos de origen vegetal y animal, así como de células microbianas que se encuentran en el suelo en un estado de descomposición. Este proceso es fundamental, ya que proporciona la energía necesaria para el metabolismo y la actividad de los microorganismos del suelo, además de servir como sustrato para el suministro de nutrientes esenciales para las plantas.

La materia orgánica del suelo (MOS) es un indicador influenciado por factores bióticos, como la abundancia, producción y tipos de especies vegetales, así como por la produc-

ción microbiana. También está sujeta a controles ambientales, tales como la temperatura, el contenido de agua y la textura del suelo. La dinámica y conservación de la MOS son cruciales, ya que contribuyen a mejorar la estructura y porosidad del suelo, su fertilidad y, en consecuencia, la producción agrícola.

En la actualidad, la materia orgánica desempeña un papel fundamental en la fertilidad de los suelos, gracias a sus propiedades químicas, físicas y biológicas, lo que la convierte en un componente esencial del sistema edáfico. La aplicación de materia orgánica tiene como objetivo principal mejorar la estructura y las características químicas de los suelos, promoviendo de manera significativa la diversidad y actividad microbiana presente en ellos.

TABLA VII
CATEGORÍA DE LA MATERIA ORGÁNICA (MOS)

| Materia orgánica (%) por el método Walkley - Black | |
|-----------------------------------------------------------|------------------|
| % M. O. | Categoría |
| <0,9 | Muy bajo |
| 1.0 – 1.9 | Bajo |
| 2.0 -2.5 | Normal |
| 3.0 2.6 – 3.5 | Alto |
| >3.5. | Muy alto |

Fuente: M. Rioja 2007

1.1.2.13 Salinidad del suelo

La salinidad del suelo representa uno de los factores abióticos más significativos que afectan el rendimiento de los cultivos, pudiendo reducirlo hasta en un 50%. Este fenómeno tiene un impacto considerable en la agricultura, ya que el aumento de sales en el suelo obstaculiza la capacidad de las raíces para absorber agua, lo que resulta en un deterioro progresivo del crecimiento y la producción de las plantas. Los efectos adversos de la salinidad en los cultivos se originan principalmente en un desbalance osmótico, así como en la toxicidad, la oxidación y, en última instancia, la muerte celular.

Según lo expuesto por Mata et al., [14], la salinidad en los suelos interfiere con el crecimiento óptimo de la mayoría de los cultivos, constituyendo así uno de los desafíos más graves que enfrenta la agricultura contemporánea. Este fenómeno genera efectos perjudiciales en el suelo, como la disminución de la actividad biológica y la reducción en la disponibilidad de nutrientes, lo que limita el desarrollo adecuado de los cultivos.

TABLA VIII.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO

Criterios para evaluar la salinidad de un suelo, con base en su conductividad, relación suelo, agua 1:2.5

| Categoría del suelo | Valor (mmhos/cm o ds/m) |
|----------------------------|--------------------------------|
| No salino | 0 – 2.0 |
| Poco salino | 2.1 – 4.0 |
| Moderadamente salino | 4.1 – 8.0 |
| Muy salino | 8.1 – 16.0 |
| Extremadamente salino | > 16.0 |

Fuente: L. Fernández y N. Rojas N° 2006

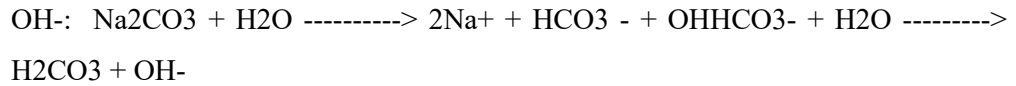
1. Sales solubles

Las sales pueden presentarse en el suelo de diversas maneras: como cristales precipitados, disueltas en una solución o bien retenidas y adsorbidas en el complejo de intercambio. La cantidad de sales en cualquiera de estas tres situaciones varía constantemente debido a los cambios en la humedad del suelo, lo que provoca que las sales se desplacen de una posición a otra. Durante el período seco, se observa un aumento en la cristalización, una disminución de las sales en solución (aunque la concentración de la solución aumenta) y un incremento de las sales adsorbidas. Por el contrario, en el período húmedo, el comportamiento es opuesto. En lo que respecta a su composición, estas sales resultan de la combinación de unos pocos elementos químicos, principalmente: O, Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, N. Estos elementos, esenciales para la formación de las sales, son bastante comunes en la corteza terrestre.

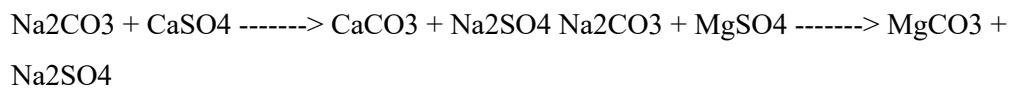
2.- Sulfatos

El sulfato sódico es común en suelos salinos. Sus eflorescencias poseen un sabor salado y jabonoso. La solubilidad de este compuesto se ve significativamente influenciada por la temperatura, lo que provoca que se concentre en la superficie del suelo. Durante los períodos cálidos, asciende a la superficie, formando parte de las eflorescencias, un rasgo característico de los suelos salinos. En contraste, durante los períodos húmedos, que en nuestro clima coinciden con el frío, se disuelve en menor medida que otras sales. Es considerablemente menos tóxico que el sulfato magnésico. Este último es una sal común en suelos salinos, muy soluble y altamente tóxica. Por otro lado, el sulfato potásico es relativamente escaso en estos suelos, por lo que no suele ser un factor determinante en la salinización en condiciones naturales, aunque puede ocasionar problemas cuando se utiliza incorrectamente en fertilizantes, especialmente en invernaderos. Junto con el KCl, se considera una de las sales menos

tóxicas. En cuanto a los carbonatos y bicarbonatos, los carbonatos y bicarbonatos sódicos tienen una alta solubilidad, aunque esta varía con la temperatura. Su presencia en suelos en cantidades significativas indica condiciones de alcalinidad ($\text{pH} > 9$) debido a la formación de.



La existencia de otras sales solubles en la solución del suelo restringe la formación de carbonato y bicarbonato sódico, lo que provoca que estas sales sean comunes cuando la salinidad total es baja, dado que pueden ocurrir reacciones como:



En situaciones donde el CaCO_3 y el MgCO_3 presentan baja solubilidad y precipitan, las reacciones tienden a desplazarse hacia la derecha. La presencia de NaCl también reduce la solubilidad del carbonato y bicarbonato sódico debido al efecto del ion común. La elevada alcalinidad generada crea condiciones desfavorables para el crecimiento de los cultivos, pudiendo ocasionar efectos negativos incluso a concentraciones bajas (0,05-0,1 %). El bicarbonato sódico tiene una alcalinidad inferior a la del carbonato, ya que el ácido carbónico mitiga parcialmente el efecto alcalino. Además, su solubilidad es menor que la del carbonato.

2. Cloruros en el suelo

El cloro se presenta en la naturaleza principalmente en forma de anión cloruro (Cl^-). Su concentración promedio en la litosfera es de 500 mg por kilogramo. En el suelo, el contenido de cloruro varía considerablemente, oscilando entre 50 y 3.000 kg Cl^-/a , dependiendo de las sales presentes, siendo el cloruro sódico el más común, seguido en menor medida por el cloruro cálcico y magnésico. En suelos cercanos al mar, con un nivel freático bajo, así como en aquellos situados cerca de yacimientos salinos o que han sido tratados con aguas salinas, es común que se superen estos niveles. La contribución de las aguas de riego, junto con la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, también influye en la presencia de cloruros. La mayoría de estos compuestos regresan al mar, arrastrados por el agua, debido a su alta solubilidad y su capacidad para unirse al complejo coloidal. Solo una pequeña fracción puede insolubilizarse en forma de cloruros de plata, mercurio, cobre o plomo. En términos generales, el contenido de cloruros en los suelos no es elevado debido a su alta movilidad. No obstante, como se ha mencionado, pueden presentarse casos de toxicidad, especialmente en áreas donde la evaporación supera la lixiviación y no se producen lavados de este anión.

TABLA IX
NIVELES DE FOSFORO EN EL SUELO

| Fosforo en suelo por el método de Bray II | |
|-------------------------------------------|--------|
| Rangos | Ppm P |
| Bajo | <15 |
| Medio | 15– 50 |
| Alto | >50 |

Fuente: J. Sheifa 1993

1.1.2.13 Análisis Microbiológico Coliformes Fecales

No todos los coliformes provienen de fuentes fecales, lo que ha llevado a la necesidad de desarrollar métodos de análisis que permitan diferenciarlos y utilizarlos como indicadores de contaminación. Así, se clasifican los coliformes totales, que abarcan todo el grupo, y los coliformes fecales, que son aquellos de origen intestinal.

Desde la perspectiva de la salud pública, esta distinción es crucial, ya que proporciona un alto grado de certeza sobre la procedencia fecal de la contaminación en el agua. Los coliformes fecales se definen como aquellos que fermentan la lactosa a temperaturas de 44,5 a 45,5 °C, un análisis que permite excluir a *Enterobacter*, dado que esta no se desarrolla a dicha temperatura. Al aplicar este criterio, se espera que en el medio de cultivo predominan *Escherichia coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. Un resultado positivo en la prueba de coliformes fecales sugiere un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea *E. coli*.

Los coliformes son una familia de bacterias que se hallan comúnmente en plantas, suelos y animales, incluidos los seres humanos. La detección de estas bacterias en el suministro de agua indica que podría estar contaminado con aguas residuales u otros desechos en descomposición. Por lo general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor concentración en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo, lo que sugiere contaminación fecal de origen humano o animal. Aunque la *Escherichia coli* de origen animal y humano es idéntica, algunos estudios han señalado que las bacterias del género *Rodococcus* están asociadas exclusivamente a la contaminación fecal de origen animal.

1.1.2.14 Fertilidad física de los suelos

Las características físicas de los suelos influyen considerablemente en la capacidad de diversos usos que el ser humano les otorga. La condición física de un suelo influye en su rigidez y resistencia, en la facilidad con la que las raíces pueden penetrar, así como en la aireación, la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes.

Textura del suelo

La textura del suelo se define como la proporción relativa de las diferentes clases de tamaño de partículas (o fracciones de suelo) presentes en un volumen específico de suelo, y se clasifica como una categoría textural. Esta característica es fundamental para la agricultura, ya que influye en el comportamiento del suelo en aspectos como el drenaje, la aireación, la capacidad de retención de agua y la facilidad para su laboreo.

Porosidad del suelo

La porosidad del suelo se determina a través de la relación entre el volumen de los poros y el volumen total del suelo, expresada en forma de porcentaje. En términos generales, los poros abarcan las fisuras que se forman debido a la sequedad, los espacios existentes entre partículas y agregados, así como los vacíos generados por las raíces y los organismos animales.

1-1.2.14 Estructura del suelo

Calvache (2009) indicó que la manera en que las partículas primarias que componen el suelo (arena, limo y arcilla) se agrupan entre sí, formando agregados o terrones (minerales, materia orgánica y poros), da lugar a la estructura del suelo. Las configuraciones granular, prismática y de bloques son las más beneficiosas para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, la realización excesiva de labores agrícolas, como araduras, rastreos y en condiciones de humedad, así como la disminución de la materia orgánica, el impacto de las gotas de lluvia, la compactación por maquinaria y el pastoreo, provoca un deterioro acelerado de esta estructura. Esto conlleva a una reducción en la aireación y dificulta la infiltración y percolación del agua en el suelo.

Densidad aparente

Según Enciso et al. (2007), la densidad aparente se define como el peso del suelo seco por cada unidad de volumen de suelo. Esta característica está vinculada a la porosidad (espacio poroso) y a la compactación, y se emplea para determinar el contenido volumétrico de agua a partir del contenido gravimétrico de agua. Normalmente, este parámetro se expresa en gramos por centímetro cúbico de suelo:

$$da = \frac{Pa}{Va}$$
$$Densidad\ aparente = \frac{\text{peso de suelo seco}}{\text{volumen de suelo}}$$

Jordán (2005) indica que la densidad aparente varía entre 1 g/cc en suelos bien estructurados y 1,8 g/cc en suelos compactados. Aquellos suelos que se encuentran por debajo o por encima de estos valores no se consideran dentro del rango establecido.

Los suelos con baja densidad aparente son característicos de suelos porosos, bien aireados, que presentan un buen drenaje y permiten una adecuada penetración de las raíces, favoreciendo así su desarrollo. Por otro lado, los suelos con alta densidad aparente son típicos de aquellos que son compactos y poco porosos, lo que resulta en una aireación deficiente y una lenta infiltración del agua. Esta situación puede dar lugar a problemas como anegamiento y anoxia, dificultando que las raíces se extiendan y penetren en busca de agua y nutrientes esenciales. En tales condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas se ve obstaculizado o retrasado de manera constante.

1.1.2.14 Diagnóstico de suelos

El análisis de suelos consiste en un conjunto de técnicas y procedimientos destinados a identificar sus propiedades físicas y químicas, lo cual es fundamental para el cultivo. En las condiciones ecológicas de las regiones tropicales, los suelos experimentan un ciclo continuo en sus procesos, a diferencia de lo que sucede en áreas de latitudes intermedias, como las regiones templadas, donde la actividad biológica se ve considerablemente disminuida debido a las bajas temperaturas. La actividad fisicoquímica y biológica de los suelos está principalmente influenciada por la humedad y la temperatura, siendo esta última elevada y constante a lo largo del año en las latitudes tropicales.

1.1.2.16 Sectores de referencia

Para implementar las medidas necesarias y restaurar o mantener la fertilidad del suelo en un sistema de explotación agrícola o ganadera, es fundamental recurrir a la tecnología de los sectores pertinentes. Estos sectores se determinan a partir de una "pequeña región natural", que en gran medida coincide con las regiones geográficas de los suelos, definidas según su génesis en los estudios de regionalización geográfica de los suelos. A través de la información obtenida de los sondeos con barrena o puntos de mapeo, se van identificando las distintas variaciones de los suelos. Con el mapa de suelos elaborado, se procede a tomar los perfiles de los suelos y sus muestras correspondientes. Simultáneamente, se lleva a cabo lo que se conoce como muestreo agroquímico, que consiste en la recolección de muestras de la capa superficial del terreno (0-20 cm) de toda el área en estudio.

Este proceso se realiza de manera gradual, dividiendo el terreno (utilizando el plano topográfico) en parcelas elementales que son objeto de muestreo. Todas las muestras son enviadas a un laboratorio para los análisis pertinentes. La tecnología de los sectores de referencia combina el estudio de las características y evolución de las propiedades del suelo con su manejo, utilizando técnicas avanzadas como la implementación de Sistemas de Información Geográfica.

1.1.2.17 Elementos claves para solicitar en un análisis de suelo

1) Análisis físico

TABLA X
CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO

| Fracción de suelo | Sistema del Depto. Agricultura de EE. UU | Sistema internacional |
|-------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| | Diámetros límites (mm) | Diámetros límites (mm) |
| Arena muy gruesa | 2.0 - 1.0 | |
| Arena gruesa | 1.0 - 0.5 | 2 - 0.2 |
| Arena media | 0.5 - 0.25 | |
| Arena fina | 0.25 - 0.1 | 2 - 0.2 |
| Arena muy fina | 0.1 - 0,05 | |
| Limos | 0.05 - 0.002 | 0.02 - 0.002 |
| arcillas | menos de 0.002 | menos de 0.002 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, el análisis del suelo revela una composición de 35% de arcilla, 45% de arena y 20% de limo. La interpretación de estas características sugiere que se trata de un suelo franco arenoso, con una permeabilidad y drenaje regulares, así como una fertilidad media. No obstante, al desglosar el porcentaje de arena, observamos que este contiene un 80% de arena fina y un 20% de arena gruesa. Esta información nos lleva a concluir que se trata de un suelo con un drenaje deficiente, baja permeabilidad y fertilidad media. Por lo tanto, el análisis granulométrico resulta fundamental para la correcta interpretación y clasificación de los diferentes tipos de suelo.

2.- Análisis químico

a) pH del suelo

El pH es un factor que facilita la predicción de la disponibilidad, solubilidad y movilidad de los minerales en el suelo. El rango óptimo de pH para la mayoría de los macronutrientes, en términos de su disponibilidad en el suelo, se sitúa entre 6,5 y 7.

TABLA XI
ESCALA DE VALORES DE PH

| Categoría | Rangos de pH |
|-----------------------|--------------|
| Muy fuertemente ácida | 4.0 - 4.5 |
| Fuertemente ácida | 4.5 - 5.5 |
| Ácida | 5.5 - 6.5 |
| Ligeramente ácida | 6.5 - 6.8 |
| Prácticamente neutra | 6.8 - 7.2 |
| Ligeramente alcalina | 7.2 - 7.5 |
| Alcalina | 7.5 - 8.5 |
| Fuertemente alcalina | 8.5 - 9.0 |

Fuente: El autor

b) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) se utiliza para determinar la concentración total de sales presentes en una solución de suelo. Su unidad de medida es dS/m.

TABLA XII.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

| CE dS/m | Categoría |
|---------|-------------------------|
| < 2 | Suelo normal, no salino |
| 2- 4 | Suelo levemente salino |
| 4 - 8 | Suelo salino |
| > 8 | Suelo altamente salino |

Fuente: El autor

1.1.3 Marco Conceptual

Análisis:

El análisis consiste en un examen exhaustivo de un tema, objeto o situación con el propósito de entender sus fundamentos, bases y razones de su aparición, creación o causas iniciales.

Análisis experimental:

En contraste con el caso anterior, este enfoque se basa en la observación directa. Un experimento implica la reproducción de un fenómeno natural en un entorno de laboratorio, bajo condiciones controladas.

Análisis químico:

A través de técnicas de laboratorio y equipos especializados, el análisis químico busca comprender la materia a partir de sus partículas fundamentales, así como las reacciones que ocurren o pueden ocurrir entre ellas.

Bacterias coliformes totales:

Estas bacterias pertenecen al grupo "Coliforme", son Gram negativas, de forma bacilar, no esporuladas, y pueden ser aerobias o anaerobias facultativas. Algunas son de vida libre, mientras que otras son propias del tracto digestivo. Se caracterizan por fermentar la lactosa, produciendo ácido y gas a temperaturas de 34 a 37°C en un plazo máximo de 48 horas. Se utilizan como indicadores de la calidad higiénica del agua.

Coliforme total

El coliforme total se refiere a un conjunto de bacterias que se encuentran en nuestro entorno, de las cuales la mayoría no representan un riesgo para la salud humana.

Coliformes fecales

Los coliformes fecales constituyen un subgrupo dentro de las bacterias coliformes totales. Estas bacterias están vinculadas a la materia fecal de los organismos de sangre caliente y tienen la capacidad de proliferar a temperaturas elevadas, especialmente cuando se incuban a 44°C.

Contaminación del suelo:

La contaminación del suelo se refiere a los cambios que alteran la composición de la superficie terrestre o del suelo, causando su deterioro. Este tipo de contaminación puede empobrecer la tierra, incluso llegar a eliminar su fertilidad, lo que impide el crecimiento de vegetación y la existencia de diversas formas de vida. Por lo tanto, la contaminación del suelo tiene consecuencias negativas que amenazan tanto a los ecosistemas como a la salud de sus habitantes. Existen diferentes tipos y ejemplos de contaminación del suelo, siendo estos los principales.

Los contaminantes pueden presentarse en formas líquidas, sólidas o gaseosas, y tienden a provocar reacciones químicas que son impredecibles o difíciles de controlar, lo que afecta la estabilidad necesaria para el desarrollo de la vida. Entre estos contaminantes se encuentran el petróleo, los pesticidas y agroquímicos, los desechos industriales y la basura, así como sustancias radiactivas o metales pesados, que son consecuencia de las actividades industriales y energéticas del ser humano.

Contaminación por sustancias químicas

Este tipo de contaminación es parte de la contaminación antrópica, que ocurre cuando se introducen productos químicos sintéticos en el medio ambiente. Ejemplos de esto son los pesticidas, los hidrocarburos y los solventes. Estas sustancias tienen un impacto negativo en el

medio ambiente, contaminando no solo el suelo, sino también el aire y el agua, lo que contribuye al desequilibrio ecológico de la región.

Remediación.

La remediación se refiere al tratamiento o conjunto de acciones destinadas a restaurar la calidad del subsuelo contaminado, incluyendo suelos y aguas subterráneas asociadas. Para llevar a cabo proyectos de remediación, es fundamental realizar una caracterización exhaustiva del subsuelo, así como ensayos piloto apropiados.

Suelo:

El suelo constituye la capa más superficial de la corteza terrestre, compuesta principalmente por residuos de roca resultantes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, además de materia orgánica generada por la actividad biológica en la superficie. Los suelos se forman a través de la descomposición de la roca y la acumulación de diversos materiales a lo largo de los siglos, en un proceso que involucra múltiples factores físicos, químicos y biológicos, resultando en una estratificación bien diferenciada, similar a las capas de un pastel, que se puede observar en los puntos de falla o fractura de la corteza terrestre.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Situación Problemática

Los ríos, en términos generales, son depresiones naturales que permiten el flujo de agua proveniente de precipitaciones, deshielos, entre otros. El río Ica se destaca como uno de los pocos que atraviesa la ciudad, lo que ha propiciado que alrededor de un centenar de familias habiten en sus márgenes. Sin embargo, la contaminación del suelo del río Ica se presenta como un problema latente, dado que durante gran parte del año su cauce permanece seco. Además, se ha convertido en un vertedero a cielo abierto de diversos tipos de basura, lo que genera contaminación del aire, agua y suelo. Esta situación impacta directamente en la salud de los residentes cercanos, provocando enfermedades en la piel, problemas visuales, afecciones respiratorias, digestivas y circulatorias. Es importante señalar que los más afectados son los niños, quienes están en mayor riesgo de absorber contaminantes. En ciertas áreas, el río se utiliza como un basurero, lo que deteriora la estética de la ciudad y contribuye a la emisión de olores desagradables provenientes de los desechos orgánicos que se vierten en su cauce. La falta de conciencia ambiental entre los habitantes ha llevado a que los residuos orgánicos, inorgánicos y tóxicos sean desechados en el río de manera indiscriminada y sin tratamiento previo. Como resultado, la contaminación del suelo del cauce es evidente, ya que este absorbe los contaminantes vertidos.

Ante esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del suelo del río Ica en el año 2022, con el fin de identificar los contaminantes presentes y, a partir de ello, proponer soluciones efectivas para su tratamiento.

1.2.2 Formulación del problema

1.2.2.1 Problema general

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo del río Ica en el año 2022?

1.2.2.2 Problemas específicos

Problemas específicos 1

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del suelo del río Ica en el año 2022?

Problemas específicos 2

¿Cuáles serán las características microbiológicas del suelo del río Ica en el año 2022?

Problemas específicos 3

¿Cuál será la variabilidad de las características microbiológicas y fisicoquímicas del suelo del río Ica durante su recorrido por la provincia en el año 2022?

1.2.3 Delimitación del problema

1.2.3.1 Delimitación espacial

El estudio se desarrollará en el tramo del río Ica correspondiente a los distritos de los Molinos, Tinguíña, Parcona e Ica, de la provincia de Ica – Perú.

1.2.3.2 Delimitación temporal

El muestreo se desarrollará en los meses de julio a agosto del año 2022 y el análisis en el mes de septiembre.

1.2.3.4 Delimitación social

Este estudio tiene como objetivo elevar la calidad de vida de los habitantes de la ribera del Río Ica. Al identificar los contaminantes presentes en el suelo del río, se podrán implementar medidas correctivas que beneficien a la comunidad.

1.2.4 Justificación e importancia

1.2.4.1 Justificación

1.2.4.1.1 Justificación teórica

La investigación propuesta tiene como objetivo determinar, a través de los parámetros establecidos y los conceptos de medio ambiente y contaminación, si el suelo del río Ica presenta contaminación. En caso afirmativo, se buscará la solución más

adecuada para su tratamiento.

1.2.4.1.2 Justificación metodológica

Este estudio contempla la recolección de muestras de suelo en diversas áreas del cauce del río Ica, con el fin de realizar comparaciones y detectar los posibles factores contaminantes.

1.2.4.1.3 Justificación legal

La fundamentación legal de este trabajo se encuentra en la Ley 28611, Ley General del Ambiente, que establece el derecho y deber fundamental de que "toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el deber de contribuir a una gestión ambiental efectiva y proteger el ambiente y sus componentes, asegurando especialmente la salud...".

1.2.4.1.4 Justificación ambiental

Este estudio será beneficioso para los habitantes de Ica, dado que es crucial contar con un río libre de contaminantes, especialmente en el tramo que atraviesa el centro de la ciudad, donde se presume que hay una mayor concentración de contaminantes. Estos serán comparados con los límites máximos permisibles para identificar la mejor solución y alcanzar un equilibrio ambiental en esta área de Ica.

1.2.4.1.2 Importancia

Es fundamental analizar el impacto de la contaminación en el río Ica, situado en el distrito de Ica, ya que esto permitirá identificar los factores contaminantes que afectan la calidad del agua y, en última instancia, formular sugerencias y recomendaciones que contribuyan a la solución del problema en el futuro.

1.2.5 Marco filosófico

El suelo, al constituirse como un conjunto de elementos bióticos y abióticos, requiere de una adecuada conservación. En este contexto, la intervención humana se vuelve crucial, dado que, en su estado natural, el suelo no presentaría contaminación.

Es fundamental que los habitantes cercanos a la ribera del Río Ica tomen conciencia del daño que ocasiona la contaminación del suelo, especialmente considerando que este río permanece casi todos los meses del año sin agua en circulación, lo que impide que el suelo se depure de manera natural. Los agentes externos pueden afectar la salud de los residentes en las proximidades. Por lo tanto, una educación y cultura ambiental apropiadas entre la población contribuirían significativamente a la preservación del suelo del Río Ica, lo que a su vez mejoraría la salud y la calidad ambiental de su entorno inmediato.

Dado que el ser humano es el principal responsable de la calidad del ecosistema en el que vive, también es responsable de los contaminantes presentes en el suelo del Río Ica, especialmente en las áreas urbanas. La adopción de valores adecuados y un comportamiento ético y moral constante son esenciales para mejorar la calidad del suelo en el cauce del río, beneficiando así al ser humano y promoviendo una mejor calidad de vida y la prolongación de su existencia.

La presencia de un río que atraviesa el centro de la ciudad, como es el caso del Río Ica, puede ofrecer múltiples beneficios económicos a la población de la provincia de Ica, siempre que exista una armonía ambiental. De lo contrario, puede perjudicar gravemente a los habitantes, ya que se convierte en un potencial foco de infecciones, generando enfermedades en la piel, ojos, entre otros, lo que a su vez conlleva pérdidas económicas. Por ello, es crucial implementar buenas prácticas ambientales y un manejo sostenible y consciente de las políticas y prácticas ambientales adecuadas.

En el contexto del análisis de este trabajo, es fundamental realizar un estudio profundo y consciente, considerando los resultados y tratándolos de manera adecuada. Esto permitirá encontrar soluciones apropiadas y que los habitantes actúen conforme a sus principios morales y éticos, contribuyendo así a mejorar la calidad del entorno en el que residen y transmitiendo estos valores a las futuras generaciones.

La ética es un componente esencial de nuestras vidas; por ello, al evaluar factores ambientales, desempeña un papel crucial al fomentar prácticas ambientales responsables que deben integrarse en nuestra cultura y rutina diaria.

A pesar de que somos creación de Dios y que todo lo que ocurre es parte de su designio, el ser humano tiende a culpar al creador por las enfermedades y desastres, que en realidad son consecuencia de nuestras propias acciones. Un claro ejemplo de esto es la pandemia que estamos enfrentando. A pesar de ser conscientes de que los desechos que generamos son contaminantes, no llevamos a cabo su correcta eliminación, y erróneamente creemos que Dios intervendrá para proteger la tierra que Él creó y que nosotros, de manera inconsciente, estamos dañando. La responsabilidad de la preservación y conservación de nuestro entorno recae en nosotros.

En conclusión, solo disponemos del planeta Tierra para habitar. El equilibrio de nuestro ecosistema dependerá de nuestras acciones adecuadas hacia el medio ambiente que nos rodea, lo que implica mantener los parámetros necesarios y no alterar el ciclo y equilibrio ambiental, ya que estos son fundamentales para la supervivencia de nuestra especie..

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo del río Ica en el año 2022

1.3.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1- Determinar las características fisicoquímicas del suelo del Río Ica en el año 2022.

Objetivo específico 2- Determinar las características microbiológicas del suelo del Río Ica en el año 2022.

Objetivo específico 3- Determinar la variabilidad de las características microbiológicas y fisicoquímicas del suelo del Río Ica durante su recorrido por la provincia en el año 2022.

1.4 Hipótesis y Variables

1.4.1 Hipótesis

En el presente trabajo, no contamos con hipótesis, por ser un estudio descriptivo.

1.4.2 Variables Descriptivas

Las variables descriptivas que se consideraran son las siguientes:

- Longitud del Río Ica.
- Caudal del Río Ica.
- Ubicación del Río Ica.
- Tipo de suelo del Río Ica.
- Coloración del suelo del Río Ica.
- Textura del suelo del Río Ica.
- Olor del suelo del Río Ica.
- Partículas en suspensión en el suelo del Río Ica.
- PH del suelo del Río Ica.
- Dureza del suelo del Río Ica.
- Humedad del suelo del Río Ica.

- Elementos químicos en el suelo del Río Ica.
- Actividad biológica en el suelo del Río Ica.
- Presencia de materia orgánica en el suelo del Río Ica.

II.- ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de Investigación. La investigación es de tipo aplicada, esta se orienta principalmente a ofrecer respuestas prácticas a problemas específicos del entorno. A diferencia de la investigación teórica, esta se enfoca en utilizar el conocimiento científico para intervenir en situaciones reales, proponiendo soluciones que puedan ser implementadas y evaluadas, se destaca por su conexión directa con las demandas sociales, económicas o institucionales, lo que la convierte en un instrumento estratégico para la innovación y la mejora continua. En palabras de Hernández, Fernández y Baptista, su finalidad es conocer con el propósito de actuar, construir o transformar realidades concretas [2].

Nivel Metodológico. El nivel es descriptivo; El nivel descriptivo en la investigación se enfoca en observar, caracterizar y detallar fenómenos tal como se presentan, sin buscar explicaciones causales ni relaciones profundas entre variables. Su finalidad es presentar con claridad cómo son ciertos hechos, situaciones o comportamientos dentro de un contexto determinado [2]

Diseño de Muestreo. El presente estudio se realizó mediante un muestreo probabilístico. El diseño probabilístico en investigación se refiere a aquel tipo de muestreo en el cual todos los elementos de la población tienen una probabilidad conocida y diferente de cero de ser seleccionados. Este tipo de diseño garantiza mayor representatividad de los datos y permite la generalización estadística de los resultados al universo de estudio [19].

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población.** Se determino por la totalidad de longitud del Río Ica

- **Muestra.** Se tomo como muestra puntos estratégicos del Río para el análisis fisicoquímico y microbiológico del suelo del rio Ica.

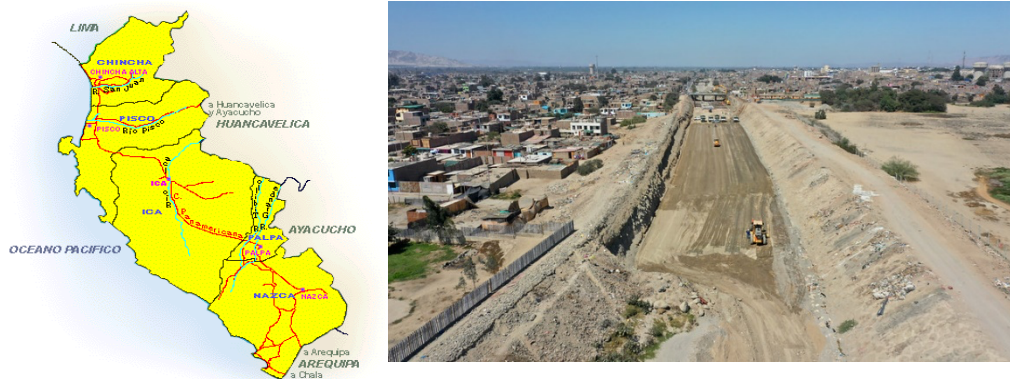


Fig. 1. Rio Ica

2.3. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1.- Técnica de las entrevistas. Consistió en la recolección de información de los monitoreos del suelo realizado.

2.3.2.- Técnica de Colecta de las muestras. Se considero los puntos previamente mapeados para la extracción de las muestras a analizar, las mismas que deben ser extraídas de manera estandarizadas para una mejor confiabilidad.

2.3.3 Observación: Consistió en una técnica de visualización en campo, que zonas están siendo afectados por los vertimientos de agua.

2.2.4 Monitoreo: Recolección de muestras en campo

2.2.5 Análisis: Análisis de monitoreo por un laboratorio acreditado por INDECOPI.

2.4. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Multiparametro
- Conductimetro
- Laboratorio Acreditado
- Otros (Materiales de Campo)

2.5. TÉCNICA DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Una vez que se recopiló los datos de la población y de las muestras analizadas, se procedió a contrastar la información con el fin de determinar la influencia de un resultado sobre el otro. En caso de que exista alguna correlación, se llevará a cabo un análisis estadístico para su evaluación.

III RESULTADOS.

3.1 Naturaleza de las sales solubles

La forma o estado de presentación de las sales es variable y depende de la estación del año. Estas pueden encontrarse en el suelo de diversas maneras: como cristales precipitados, disueltas en la solución o bien retenidas y adsorbidas en el complejo de intercambio.

El contenido de sales en cualquiera de estas tres condiciones está en constante cambio debido a las variaciones en la humedad del suelo, lo que provoca que las sales se desplacen de una forma a otra. Así, durante el:

período seco: se incrementa la cristalización, disminuye la cantidad de sales en solución (aunque la solución se vuelve más concentrada) y aumenta la cantidad de sales adsorbidas.

período húmedo: se observa un comportamiento opuesto.

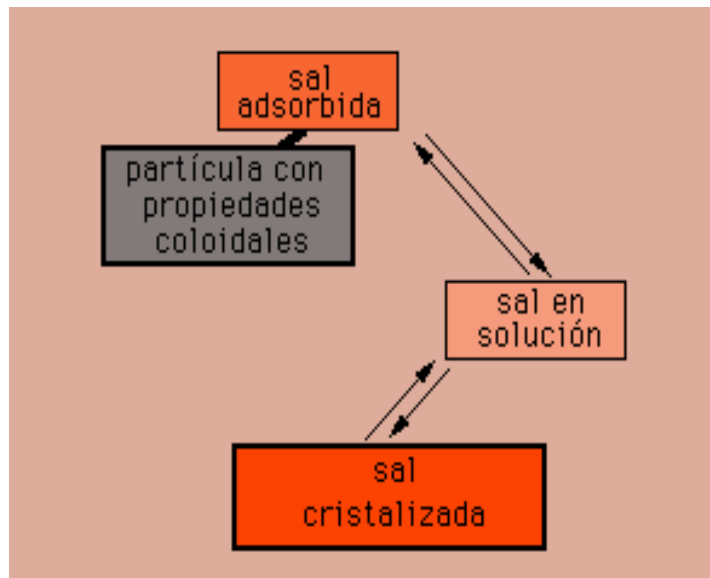


Fig. 2. Naturaleza de las sales solubles

En lo que respecta a su composición, estas sales se originan de la combinación de varios elementos químicos, principalmente: oxígeno, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloro, azufre, carbono y nitrógeno. Estos elementos, esenciales para la formación de las sales, son bastante comunes en la corteza terrestre.

TABLA XIII

| COMPOSICIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE, SEGÚN CLARK (EN %) | |
|---------------------------------------------------------|-------|
| Oxígeno | 49,13 |
| Silicio | 26,00 |
| Aluminio | 7,45 |
| Hierro | 4,20 |
| Calcio | 3,25 |
| Sodio | 2,40 |
| Magnesio | 2,35 |
| Potasio | 2,35 |
| Hidrógeno | 1,00 |
| Titanio | 0,61 |
| Carbono | 0,35 |
| Cloro | 0,20 |
| Fósforo | 0,12 |
| Azufre | 0,10 |
| Manganeso | 0,10 |

Las sales presentes en las aguas de riego se originan principalmente de la meteorización de rocas y sedimentos, así como de la disolución de sedimentos salinos o la contaminación de aguas subterráneas que provienen del mar. Además, una parte de los iones que las componen, en especial el cloro y el azufre, tiene su origen en las emanaciones volcánicas. La liberación de los iones que forman las rocas y minerales, su movilidad y su capacidad para acumularse en las aguas, son inversamente proporcionales al coeficiente de energía de dichos iones.

TABLA XIV.

| COEFICIENTE DE ENERGÍA, SEGÚN FERSMAN | | | |
|---------------------------------------|------|----------|------|
| ANIONES | | CATIONES | |
| NO ₃ | 0,18 | K | 0,36 |
| Cl | 0,23 | Na | 0,45 |
| SO ₄ | 0,66 | Ca | 1,75 |
| CO ₃ | 0,78 | Mg | 2,10 |
| SiO ₃ | 2,75 | Al | 4,25 |
| | | Fe | 5,15 |

Fuente: El autor

Por lo tanto, los nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos de iones alcalinos y alcalinotérreos son las sales que se forman con mayor facilidad como resultado de la meteorización de la corteza terrestre. Los elementos químicos pueden clasificarse en cinco categorías según su movilidad durante el proceso de meteorización y su capacidad de migración:

Grupo 1. Prácticamente no lavable: Si (en cuarzo)

Grupo 2. Débilmente lavable: Fe, Al, Si

Grupo 3. Lavable: Si, P, Mn

Grupo 4. Fuertemente lavable: Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn

Grupo 5. Muy fuertemente lavable: Cl, Br, I, S, C, B

La probabilidad de encontrar estos compuestos en suelos salinos y aguas salinas aumenta a medida que se eleva la categoría en la que se clasifican los elementos. Los grupos cuarto y quinto representan los principales compuestos acumulados como resultado del proceso de salinización.

Las sales que se encuentran con mayor frecuencia son las siguientes:

CLORUROS: NaCl, CaCl₂, MgCl₂, KCl

SULFATOS: MgSO₄, Na₂SO₄

NITRATOS: NaNO₃, KNO₃

CARBONATOS: Na₂CO₃

BICARBONATOS: NaHCO₃

Los cloruros y los sulfatos son las sales predominantes generadas en este proceso.

A continuación, se presenta una tabla (Porta et al., 2003) que muestra la frecuencia, los grados de solubilidad y los efectos tóxicos específicos de estas sales.

TABLA XV
GRADOS DE SOLUBILIDAD Y LOS EFECTOS TÓXICOS DE SALES

| Clase | Presencia en los suelos salinos | Solubilidad | Toxicidad para las plan- tas |
|-----------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|
| CLORUROS | | | |
| Sódico | común | alta | +++ |
| Magnésico | común | alta | ++++ |
| Cálcico | raro | alta | ++ |
| Potásico | baja | alta | + |
| SULFATOS | | | |
| Sódico | común | muy variable | ++ |
| Magnésico | común | media | ++++ |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------|-------|
| Potásico | baja | alta | + |
| CARBONATOS | | | |
| Sódico | en suelos sódicos | media | +++++ |
| BICARBONATOS | | | |
| Sódico | en suelos sódicos | media | ++++ |

Fuente: Elaboración propia

3.2 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Se establecerán cinco puntos de monitoreo en el río Ica con el propósito de evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos, con el fin de determinar la categoría de sus aguas. Informe de Análisis Físico Químico y Bacteriológico.

TABLA XVI

M1 (BOCATOMA) SUELO NATURAL

| Parámetros | Reporte en ppm | Reporte en % p/p | Método |
|------------------------------|----------------|------------------|-------------------|
| pH | | | |
| Cloruros (Cl ⁻) | 98.70 | 0.0098 | V. Precipitación |
| Sulfatos (SO ₄) | 32.90 | 0.0032 | G. Precipitación |
| Sales solubles totales | 271.80 | 0,0271 | G. Precipitación |
| Carbonato (CO ₃) | 85.00 | 0.0085 | V. Neutralización |

| Parámetros | Resultados | Método |
|--------------------|------------|-------------------|
| Coliforme Fecales | 0 colonias | Cultivo Agar-Agar |
| Coliformes totales | 0 colonias | Cultivo Agar-Agar |

Fuente: Elaboración propia



Fig. 3. Bocatoma

TABLA XVII.
M2 (PUENTE SOCORRO) SUELO NATURAL

| Parámetros | Reporte en ppm | Reporte en % p/p | Método |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| pH | | | |
| Cloruros (Cl ⁻) | 115.30 | 0.0115 | V. Precipitación |
| Sulfatos (SO ₄) | 65.20 | 0.0065 | G. Precipitación |
| Sales solubles totales | 255.12 | 0,0255 | G. Precipitación |
| Carbonato (CO ₃) | 85.70 | 0.0085 | V. Neutralización |

| Parámetros | Resultados | Método |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Coliforme Fecales | O colonias | Cultivo Agar-Agar |
| Coliformes totales | O colonias | Cultivo Agar-Agar |

Fuente: elaboración propia



Fig. 4. Puente Socorro

TABLA XVIII
M3 (PUENTE GRAU) SUELO NATURAL

| Parámetros | Reporte en ppm | Reporte en % p/p | Método |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| pH | | | |
| Cloruros (Cl ⁻) | 152.90 | 0.0152 | V. Precipitación |
| Sulfatos (SO ₄) | 68.30 | 0.0068 | G. Precipitación |
| Sales solubles totales | 318.60 | 0,0318 | G. Precipitación |
| Carbonato (CO ₃) | 45.30 | 0.0045 | V. Neutralización |

| Parámetros | Resultados | Método |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Coliforme Fecales | O colonias | Cultivo Agar-Agar |
| Coliformes totales | O colonias | Cultivo Agar-Agar |

Fuente: El autor



Fig. 5. Puente Grau

TABLA XIX.
M3 (PUENTE CUTERVO) SUELO NATURAL

| Parámetros | Reporte en ppm | Reporte en % p/p | Método |
|------------------------------|----------------|------------------|-------------------|
| pH | | | |
| Cloruros (Cl ⁻) | 126.10 | 0.0126 | V. Precipitación |
| Sulfatos (SO ₄) | 62.60 | 0.0062 | G. Precipitación |
| Sales solubles totales | 312.60 | 0,0312 | G. Precipitación |
| Carbonato (CO ₃) | 82.20 | 0.0082 | V. Neutralización |

| Parámetros | Resultados | Método |
|--------------------|------------|-------------------|
| Coliforme Fecales | 0 colonias | Cultivo Agar-Agar |
| Coliformes totales | 0 colonias | Cultivo Agar-Agar |

Fuente: El autor



Fig. 6.- Puente Cutervo

TABLA XX

M5 (PUENTE LOS MAESTROS) SUELO NATURAL

| Parámetros | Reporte en ppm | Reporte en % p/p | Método |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| pH | | | |
| Cloruros (Cl ⁻) | 122.30 | 0.0122 | V. Precipitación |
| Sulfatos (SO ₄) | 69.80 | 0.0068 | G. Precipitación |
| Sales solubles totales | 326.10 | 0,0326 | G. Precipitación |
| Carbonato (CO ₃) | 42.70 | 0.0042 | V. Neutralización |

| Parámetros | Resultados | Método |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Coliforme Fecales | 0 colonias | Cultivo Agar-Agar |
| Coliformes totales | 0 colonias | Cultivo Agar-Agar |

Fuente: Elaboración propia



Fig. 7 Puente Los Maestros

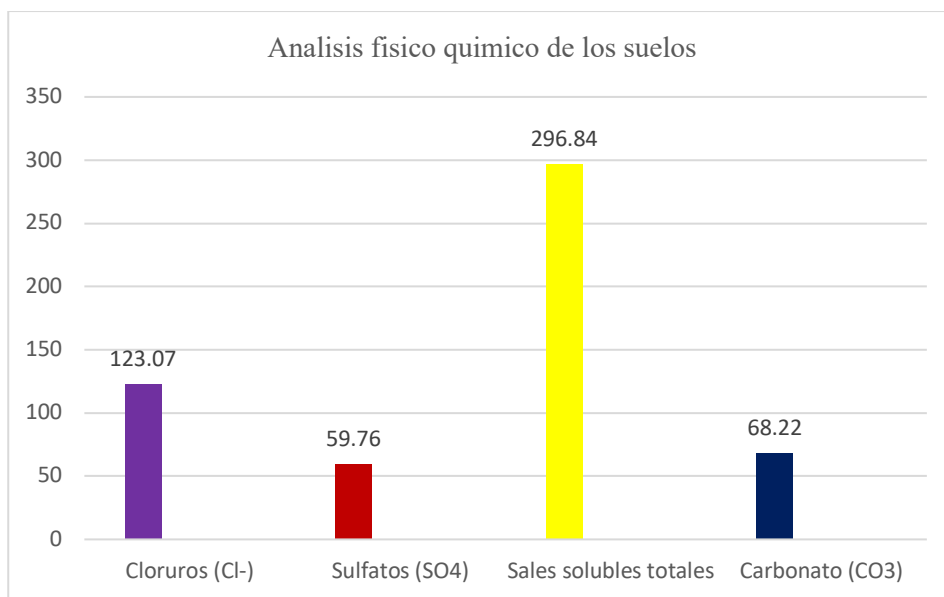


Fig. 8. Análisis de suelo: Promedio, Reporte en ppm (partes por millón)

En los datos de monitoreo presentados en las tablas, se evidencia que el análisis fisicoquímico de los suelos indica que el suelo del río Ica es considerado normal y no salino (< 2). Asimismo, es importante señalar que no todos los coliformes provienen de fuentes fecales, lo que llevó a la necesidad de desarrollar pruebas que permitan diferenciarlos para utilizarlos como indicadores de contaminación. Se clasifican, por lo tanto, los coliformes totales, que abarcan todo el grupo, y los coliformes fecales, que son aquellos de origen intestinal. Se entiende por coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a temperaturas de 44,5 a 45,5 °C, análisis que permite excluir a *Enterobacter*, ya que esta no se desarrolla a dicha temperatura. La temperatura máxima registrada en la ciudad de Ica es de aproximadamente 30 °C.

IV DISCUSION

Quiceno, M. et al. [1] llevaron a cabo una comparación de sus resultados con los parámetros fisicoquímicos de los suelos afectados, utilizando un análisis de correspondencia canónica y una red biológica de los ciclos biogeoquímicos. Se observó que en los suelos impactados por drenajes ácidos y neutros de mina, la actividad de las enzimas β -glucosidasa, ureasa y fosfatasa, tanto ácida como alcalina, disminuyó de manera significativa, mientras que la actividad de las enzimas deshidrogenasas y celulolíticas mostró un aumento. Asimismo, los nutrientes (carbono y nitrógeno), así como los metales (Mn, Fe, Pb, Cd y Mg) y los sulfuros, se identificaron como las variables fisicoquímicas que más influyeron en las comunidades bacterianas del suelo.

Por otro lado, Pérez et al. [2] realizaron un análisis microbiológico en el que se consideraron parámetros como P, S, K, Ca y Mg, la clase textural, el pH, la materia orgánica y la UFC/g de suelo seco de bacterias y hongos en tres lotes diferentes por cultivo. Para su evaluación, se aplicó el método de diluciones con tres repeticiones por microorganismo, expresadas en UFC/g de suelo seco. Los resultados indicaron que los suelos de los cultivos de banano y palma africana presentan propiedades similares en términos de pH.

Es ampliamente reconocido que el resultado de un análisis no puede superar la calidad de la muestra sobre la cual se realiza. Por consiguiente, la recolección y preparación de la muestra son fundamentales para el éxito de los análisis.

La identificación de los compuestos químicos en el suelo está vinculada a la influencia que estos ejercen sobre su pH. Un suelo que presenta una alta concentración de carbonatos tiende a tener un pH neutro o ligeramente alcalino, mientras que un suelo carente de carbonatos presenta un pH ácido. El pH actúa como un regulador de diversos factores químicos y biológicos en el suelo, ya que influye directamente en el crecimiento de las plantas.

El concepto de sales solubles abarca el conjunto de aniones y cationes que se encuentran en el suelo, ya sea en forma sólida cristalizada (por ejemplo, eflorescencias, costras, etc.) o disueltos en la solución del suelo. Estas sales solubles (Cl-, SO₄, CO₃, y otras sales solubles totales) se encuentran en equilibrio con los cationes que están adsorbidos en el complejo de intercambio.

V. CONCLUSIONES

1. La contaminación del suelo puede tener un efecto adverso considerable en la agricultura y en el medio ambiente en su conjunto. Los productos químicos nocivos y otros contaminantes pueden comprometer la calidad y fertilidad del suelo, disminuir la producción agrícola y representar un peligro para la salud de humanos y animales. Asimismo, la contaminación del suelo puede infiltrarse en las aguas subterráneas y contaminar los cuerpos de agua adyacentes, además de afectar la calidad del aire.
2. En los suelos salinos, los cloruros y sulfatos de calcio y magnesio son predominantes, mientras que en menor medida se encuentran los de sodio. Por otro lado, en los suelos sódicos, los carbonatos y bicarbonatos sódicos son los compuestos que predominan.
3. La calidad hidrogeomorfológica del río Ica se clasifica entre "buena" y "deficiente". Esta última calificación se atribuye a las actividades humanas, como vertidos, urbanización, extracción de materiales para la construcción e infraestructuras específicas en las orillas del cauce, que impactan de manera directa en el sistema fluvial. Finalmente, la calidad de las riberas a lo largo del río es la más afectada debido a su conversión para usos antropogénicos.

VI RECOMENDACIONES

- 1- La investigación sugiere la importancia de preservar el suelo y controlar las posibles contaminaciones, ya sean de origen humano o natural, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.
- 2- Proponemos llevar a cabo campañas de concienciación dirigidas a la población que habita en las orillas del río Ica, con el fin de fomentar la conciencia sobre la importancia del cuidado del suelo, reduciendo así los efectos de la contaminación ambiental provocada por actividades humanas.
- 3- Las iniciativas para mejorar la calidad hidrogeomorfológica de los cursos de agua del río Ica deben enfocarse en mantener los caudales de la manera más natural posible. Al mismo tiempo, es necesario llevar a cabo la renaturalización de las áreas ribereñas, creando espacios fluviales que proporcionen condiciones adecuadas para la movilidad del cauce y la expansión de zonas naturales ribereñas. Asimismo, se debe proceder a la eliminación de infraestructuras obsoletas, como defensas ribereñas de concreto, puentes y estructuras destinadas a la extracción de materiales de los lechos de los ríos..

VII FUENTES DE INFORMACIÓN

- [1] V. H. López, y W. Plata, W. Estudio de las transformaciones en la cobertura del suelo ocasionadas por la expansión urbana en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones Geográficas*, (68), 85-101. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.18000> año 2009
- [2] D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S. y Runyan, C. W. (2013). Desertificación global: factores impulsores y retroalimentaciones. *Advances in Water Resources*, 51, 326-344. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>.
- [3] A. Ibasate., A. Ollero, V. Acín., D. Granado, D. Ballarín, ... y D. Mora. Parámetros de referencia para la restauración de la geomorfología fluvial en los ríos de las cuencas de Oiartzun y Oria (Gipuzkoa). *Cuaternario y Geomorfología*, 30(1-2), 49-60. <http://doi:10.17735/cyg.v30i1-2.43995>. Año 2016.
- [4] M. F. Quinceno, M. Escobar y Y. Vasquez. Efecto de los drenajes mineros sobre los microorganismos del suelo. *Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, ISSN 0370-3908, Vol. 44, N°. 170, 2020.
- [5] G. Pérez, V. Alvarado, J. Rodríguez, F. Herrera y R. Sánchez. Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 13, n. 1, Sabanilla, Montes de Oca, 2021. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>.
- [6] N. Casas y F. Galván (2019). Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la rehabilitación de suelos salinos en el distrito de San Vicente de Cañete, Lima. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión, Cañete, Perú, 2019.
- [7] E. Barboza, M. Mendoza, M. Oliva y F. Carroto. Uso actual del suelo y calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio: propuestas para la restauración fluvial en el norte de Perú. *Revista de Investigación Altoandina*, vol. 20, no. 2, Puno, mayo/junio, 2018.
- [8] J. Soto, J. Vásquez, M. Álvarez y G. Ricardo. Evaluación físico-química y microbiológica del suelo en cultivos de *Musa paradisiaca* Cavendish y *Elaeis guineensis* Jac. en la provincia de Los Ríos. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, enero-abril 2024, vol. 8, número 22, ISSN: 2664-0902, ISSN-L: 2664-0902, <https://revistaalfa.org>, pp. 110-125.
- [9] O. M. Rojas. Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del Río Ragra, afluente del Río San Juan, con el fin de clasificar la calidad de sus aguas – Simón Bolívar – Pasco – 2018.

Sandoval Villasana, Ana María, Pulido-Flores, Griselda, Monks, Scott, Gordillo Martínez, Alberto José, y Villegas Villareal, Elba Cristina. (2009). Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico sobre la degradación ambiental del río Atoyac, México. *Interciencia*, 34(12), 880-887. Recuperado el 08 de mayo de 2021.

- [10] C.A. Sierra Ramírez. Evaluación y diagnóstico de la calidad del agua. Medellín: Ediciones de la U.2021 Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=2fAYEAAAQBAJ&dq=coliformes+totales&source=gbs_navlinks_ss
- [11] M. Arcos, S. Ávila, S. Estupiñán. y A. Gómez. Indicadores microbiológicos de contaminación en fuentes de agua. DOI:10.22490/24629448.338. 2005. https://www.researchgate.net/publication/316949337_Indicadores_microbiologicos_de_contaminacion_de_las_fuentes_de_agua.
- [12] G. Pinto y M. Martin. Resumen histórico y últimas propuestas del Sistema Internacional de Unidades. Anales de Química 108:236-240. https://www.researchgate.net/publication/258119180_Sistema_Internacional_de_Unidades_Resumen_Historico_y_Ultimas_Propuestas
- [13] A. Venegas. Estudio de la materia orgánica en suelos de praderas naturales y cultivadas de la IX Región. Facultad de Ciencias IE Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago – Chile 2008.
- [14] I. Mata, M. Rodríguez, J. López y G. Velas. Comportamiento de la salinidad en los suelos. Revista Digital del Departamento. El Hombre y su Ambiente. ISSN: 2007-5782.
- [15] Bošnjak, Vranić, Mašek, and Brčić, “Application of biomass ash on grasslands,” *Poljoprivreda*, vol. 28, no. 1, pp. 85–94, 2022, doi: 10.18047/poljo.28.1.12.
- [16] V. Rubio, M. P. Bidegain, A. Beretta, and E. Barolin, “Terms and conditions Privacy policy,” 2025. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85084506686&partnerID=40&md5=3fee4c9bd39f237a59c266131711b11>
- [17] Sampieri RH, Collado CF, Lucio MP. *Metodología de la investigación*. 7.ª ed. México: McGraw-Hill; 2021. p. 17.
- [18] Sampieri RH, Collado CF, Lucio MP. *Metodología de la investigación*. 7.ª ed. México: McGraw-Hill; 2021. p. 97.
- [19] Creswell JW. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 4th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications; 2014. p. 158.

WEEB:

- http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001200009&lng=es&tlng=es.
- <https://concepto.de/suelo/#ixzz6wsViyxc3>
- <https://concepto.de/analisis-3/#ixzz6wsWrlW2j>
- <https://concepto.de/analisis-3/#ixzz6wsXIVZiL>
- <https://concepto.de/analisis-3/#ixzz6wsXNE8G0>
- <https://concepto.de/analisis-3/#ixzz6wsXEfJhW>

- <https://concepto.de/analisis-3/#ixzz6wsX79HEA>
- <https://concepto.de/analisis-3/#ixzz6wsWrIW2j>
- <https://concepto.de/contaminacion-del-suelo/#ixzz6wsYf8nmw>
- <https://concepto.de/contaminacion-del-suelo/#ixzz6wsZ8OWjk>

VIII ANEXOS

Anexo 1: Conservación de ambientes acuáticos

| Parámetros | Unidades | Lagos y Lagunas | Ríos | | Marino-Costeros | |
|---------------------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|------------|
| | | | Cost/Sierra | Selva | Estuarios. | Marinos |
| Físicos y Químicos | | | | | | |
| A/G | mg/L | Ausencia de pelíc.visib. | Ausencia de pelíc.visib. | Ausencia de pelíc.visib. | 1 | 1 |
| Nit. Amon. | mg/L | < 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,08 |
| Temp. | °C | °C | °C | °C | °C | Delta 3 °C |
| O.D. | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 4 | | ≥ 4 |
| pH | Estánd. | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| STD | mg/L | 500 | 500 | 500 | 500 | -- |
| Bario | mg/L | 0,70 | 0,70 | 1 | 1 | -- |
| Cadmio | mg/L | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,005 |
| Plomo | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0081 | 0,0081 |
| Microbiológicos | | | | | | |
| Coliform. Totales | UFC/100 mL | 2000 | 3000 | 2000 | | ≤ 30 |
| Coliform. Termot. | UFC/100 mL | 1000 | 2000 | 1000 | | |

Fuente: DS.Nº: 002-2008-MINAM.

Anexo 2: Límites permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua (Propuesto por el OMS)

| Parámetros | LMP | Unidades |
|----------------------------|-----------|------------------|
| Coliformes Totales | Ausencia | UFC/100 mL |
| Coliformes Termotolerantes | Ausencia | UFC/100 mL |
| pH | 6,4 – 8,5 | Unid. Estándares |
| Conductividad | 1500,00 | µS/cm |
| Cloruros | 250,00 | mg/L |
| Dureza Total | 500,00 | mg/L |
| Plomo | 0,10 | mg/L |
| Cadmio | 0,003 | mg/L |

Fuente: OMS – 1995.

Anexo 3: Limite permisible de calidad y los tratamientos de potabilización del agua, para uso y consumo humano

| CARACTERISTICA | LIMITE PERMISIBLE | UNIDADES |
|----------------------------------------|---------------------------|------------------|
| Coliformes Totales | Ausencia o no detectables | UFC/100 mL |
| Coliformes Fecales | Ausencia o no detectables | UFC/100 mL |
| Bario | 0,70 | mg/L |
| Cadmio | 0,005 | mg/L |
| Cloruros (como Cl ⁻) | 250,00 | mg/L |
| Dureza total (como CaCO ₃) | 500,00 | mg/L |
| Nitrógeno amoniacal (como N) | 0,50 | mg/L |
| pH | 6,5-8,5 | Unid. Estándares |
| Plomo | 0,01 | mg/L |
| Sólidos disueltos totales | 1000,00 | mg/L |

Fuente: NORMA MEXICANA – 127-SSA1-1994

Legenda : UTN: Unidades de Turbiedad Nefelométricas.
 UCV : Unidades de Color Verdadero.
 UFC/100 mL : Unidades Formadoras de Colonias en 100 mL.
 mg/L : Miligramos por Litro.

Anexo 4: Cauce del rio Ica



Anexo 5: Suelo del Rio Ica



Anexo 6: Puente bocatoma



Anexo 7: Matriz de consistencia

| Problema General | Objetivo General | Población y muestra | Metodología |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Cuáles serán las características físicoquímicas y microbiológicas del suelo del río Ica en el año 2021? | Determinar las características físicoquímicas del suelo del Río Ica en el año 2021 | <p>Población La población esta constituidas por los moradores de la rivera del Río Ica.</p> <p>Muestra Se tomará como muestra puntos estratégicos del Río para el análisis físicoquímico y microbiológico.</p> | <p>Tipo de Investigación. Descriptiva - Aplicativa</p> <p>Nivel Metodológico. Nivel explicativo</p> <p>Diseño de Muestreo. El presente estudio se realizará mediante un muestreo probabilístico.</p> |
| Problema Especifico | Objetivo Especifico | | |
| ¿Cuáles serán las características físicoquímicas del suelo del río Ica en el año 2021? | Determinar las características físicoquímicas del suelo del Río Ica en el año 2021. | | |
| ¿Cuáles serán las características microbiológicas del suelo del río Ica en el año 2021? | Determinar las características microbiológicas del suelo del Río Ica en el año 2021. | | |
| ¿Cuál será la variabilidad de las características microbiológicas y físicoquímicas del suelo del río Ica durante su recorrido por la provincia en el año 2021? | Conocer la variabilidad de las características microbiológicas y físicoquímicas del suelo del Río Ica durante su recorrido por la provincia en el año 2021. | | |