

MINERÍA Y RESIDUOS SÓLIDOS

**Perspectivas sobre la relación
entre las actividades económicas
y la calidad del agua**

Natalia Del Pilar Díaz Díaz
Antonio Manuel Otoyá Zelada
Guillermo David Evangelista Benites
Percy Danilo Aguilar Rojas
Fabian Alexander Huaman Cerna



Religación Press

Colección Derecho

Minería y residuos sólidos

**Perspectivas sobre la relación entre
las actividades económicas y la calidad del agua**

Natalia Del Pilar Díaz Díaz
Antonio Manuel Otoy Zelada
Guillermo David Evangelista Benites
Percy Danilo Aguilar Rojas
Fabian Alexander Huaman Cerna

Religación Press

Law Collection

Mining and solid waste

**Perspectives on the relationship
between economic activities and water quality**

Natalia Del Pilar Díaz Díaz
Antonio Manuel Otoy Zelada
Guillermo David Evangelista Benites
Percy Danilo Aguilar Rojas
Fabian Alexander Huaman Cerna

Religación **P**ress

Religación Press

Equipo Editorial / Editorial team

Eduardo Díaz R. Editor Jefe

Roberto Simbaña Q. | Director Editorial / Editorial Director |

Felipe Carrión | Director de Comunicación / Scientific Communication Director |

Ana Benalcázar | Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator|

Ana Wagner | Asistente Editorial / Editorial Assistant |

Consejo Editorial / Editorial Board

Jean-Arsène Yao | Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova | Fabiana Parra | Mateus Gamba Torres | Siti Mistima Maat | Nikoleta Zampaki | Silvina Sosa

Religación Press, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: press@religacion.com

www.religacion.com

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at | <https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



Minería y residuos sólidos. Perspectivas sobre la relación entre las actividades económicas y la calidad del agua

Mining and solid waste. Perspectives on the relationship between economic activities and water quality

Mineração e resíduos sólidos. Perspectivas sobre a relação entre as atividades econômicas e a qualidade da água

Derechos de autor Copyright:	Religación Press© Natalia Del Pilar Díaz Díaz©, Antonio Manuel Otoya Zelada©, Guillermo David Evangelista Benites©, Percy Danilo Aguilar Rojas©, Fabian Alexander Huaman Cerna©
Primera Edición: First Edition:	2024
Editorial: Publisher:	Religación Press
Materia Dewey: Dewey Subject:	660 - Ingeniería Química
Clasificación Thema: Thema Subject Categories	PNC - Química medioambiental
BISAC:	TEC010000 TECHNOLOGY & ENGINEERING / Environmental / General
Público objetivo: Target audience:	Profesional / Académico Professional / Academic
Colección: Collection:	Ingeniería Ambiental
Soporte/Formato: Support/Format:	PDF / Digital
Publicación: Publication date:	2024-06-25
ISBN:	978-9942-664-04-4

Nota: el libro retoma y amplía, por un grupo de investigadores, lo mostrado en la tesis “Actividades económicas y calidad del agua del río Moche puente Constancia - puente Concón” presentada ante la Universidad Nacional de Trujillo por Natalia Del Pilar Díaz Díaz en 2023.

Note: the book takes up and expands, by a group of researchers, what was shown in the thesis “Actividades económicas y calidad del agua del río Moche puente Constancia - puente Concón” presented to the Universidad Nacional de Trujillo by Natalia Del Pilar Díaz Díaz in 2023.

APA 7

Díaz Díaz, N. P., Otoya Zelada, A. M., Evangelista Benites, G. D., Aguilar Rojas, P. D., y Huaman Cerna, F. A. (2024). *Minería y residuos sólidos. Perspectivas sobre la relación entre las actividades económicas y la calidad del agua*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.160>

[Revisión por pares]

Este libro fue sometido a un proceso de dictaminación por académicos externos (doble-ciego). Por lo tanto, la investigación contenida en este libro cuenta con el aval de expertos en el tema quienes han emitido un juicio objetivo del mismo, siguiendo criterios de índole científica para valorar la solidez académica del trabajo.

[Peer Review]

This book was reviewed by an independent external reviewers (double-blind). Therefore, the research contained in this book has the endorsement of experts on the subject, who have issued an objective judgment of it, following scientific criteria to assess the academic soundness of the work.

Sobre los autores/ About the authors

Natalia Del Pilar Díaz Díaz

Universidad Nacional De Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-6564-4128>

ndiazd@unitru.edu.pe

natydiazdiaz@outlook.com

Ingeniero Ambiental y Recursos naturales, Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental, Doctor en Planificación y Gestión, Docente Auxiliar de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) Escuela de Ingeniería Ambiental.

[Environmental and Natural Resources Engineer, Master of Science in Environmental Management, PhD in Planning and Management, Assistant Professor at the Universidad Nacional de Trujillo (UNT) School of Environmental Engineering.]

Antonio Manuel Otoya Zelada

Universidad Nacional De Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0001-6460-969X>

amotoyaz@unitru.edu.pe

antonio_otoya@hotmail.com

Doctor en Ingeniería Química Ambiental, Título profesional de Ingeniero Químico, experiencia docente en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), área ciencias básicas y en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), área de Ingeniería Química.

[D. in Environmental Chemical Engineering, professional degree in Chemical Engineering, teaching experience at the Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), basic sciences area and at the Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Chemical Engineering area.]

Guillermo David Evangelista Benites

Universidad Nacional De Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-1955-6565>

gevangelista@unitru.edu.pe

david_gdeb@hotmail.com

Especialista en métodos numéricos, transferencia de calor, mecánica de fluidos y simulación de procesos. Doctor en Ciencias e Ingeniería. Miembro de RENACYT.

[Specialist in numerical methods, heat transfer, fluid mechanics and process simulation. PhD in Science and Engineering. Member of RENACYT.]

Percy Danilo Aguilar Rojas

Universidad Nacional De Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0001-9345-7955>

paguilarr@unitru.edu.pe

per614@gmail.com

Especialista en sistemas integrados de gestión, gestión y evaluación de proyectos. Revisor de artículos científicos – Revista Ciencia y Tecnología EPG/UNT.

[Specialist in integrated management systems, project management and evaluation. Reviewer of scientific articles - Revista Ciencia y Tecnología EPG/UNT.]

Fabian Alexander Huaman Cerna

Universidad Nacional De Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0009-0000-2096-2440>

fhuaman@unitru.edu.pe

fabianhuaman1998@gmail.com

Asistente de cátedra en la Facultad de Ingeniería Química – UNT, en los cursos de Fenómenos de Transporte y Modelamiento, Simulación y Control de Procesos. Bachiller en Ingeniería Química. Cuenta con título profesional de Ingeniero Químico

[Teaching assistant at the Faculty of Chemical Engineering - UNT, in the courses of Transport Phenomena and Modeling, Simulation and Process Control. Bachelor in Chemical Engineering. He holds a professional degree in Chemical Engineering.]

Resumen

La presión creciente de las actividades humanas, tanto poblacionales como productivas, está afectando negativamente la calidad de las aguas superficiales, lo cual se refleja en los ecosistemas acuáticos y supone un riesgo para la salud de las personas y la calidad de los productos agrícolas, agropecuarios e hidrobiológicos. Esta investigación aplicada con enfoque cuantitativo y diseño descriptivo correlacional tuvo como objetivo determinar la relación entre las actividades económicas y la calidad del agua del río Moche, específicamente en los sectores Puente Constanca y Puente Concón. Se tomaron muestras en las dos estaciones mencionadas, considerando la Laguna Grande como punto de referencia, por ser la cabecera de la cuenca. Se emplearon fichas y se realizó un recorrido por el área de estudio, estableciendo dos puntos de monitoreo. La relación entre las actividades económicas y la calidad del agua es directamente proporcional. Las actividades mineras, pasivos ambientales como depósitos de relaves, bocaminas y escombros mineros, así como la presencia de residuos sólidos en el área de estudio, son las principales fuentes de contaminación de las aguas del río Moche. Palabras claves: Calidad de agua, metales pesados, relaves, actividades económicas, río Moche.

Abstract

The growing pressure of human activities, both population and productive, is negatively affecting the quality of surface waters, which is reflected in aquatic ecosystems and poses a risk to human health and the quality of agricultural, livestock and hydrobiological products. This applied research with a quantitative approach and descriptive correlational design aimed to determine the relationship between economic activities and water quality in the Moche River, specifically in the Puente Constanca and Puente Concón sectors. Samples were taken at the two stations mentioned above, considering Laguna Grande as a reference point, since it is the headwaters of the basin. The study area was covered with data sheets and a tour of the study area was conducted, establishing two monitoring points. The relationship between economic activities and water quality is directly proportional. Mining activities, environmental liabilities such as tailings deposits, mine mouths and mining debris, as well as the presence of solid waste in the study area, are the main sources of water pollution in the Moche River.

Key words: Water quality, heavy metals, tailings, economic activities, Moche river.

Resumo

A crescente pressão das atividades humanas, tanto populacionais quanto produtivas, está afetando negativamente a qualidade das águas superficiais, o que se reflete nos ecossistemas aquáticos e representa um risco para a saúde humana e a qualidade dos produtos agrícolas, pecuários e hidrobiológicos. Esta pesquisa aplicada com abordagem quantitativa e desenho correlacional descritivo teve como objetivo determinar a relação entre as atividades econômicas e a qualidade da água no Rio Moche, especificamente nos setores de Puente Constanca e Puente Concón. As amostras foram coletadas nas duas estações mencionadas acima, considerando a Laguna Grande como ponto de referência, já que é a cabeceira da bacia. A área de estudo foi coberta com folhas de dados e foi realizado um passeio pela área de estudo, estabelecendo dois pontos de monitoramento. A relação entre as atividades econômicas e a qualidade da água é diretamente proporcional. As atividades de mineração, os passivos ambientais, como depósitos de rejeitos, bocas de minas e detritos de mineração, bem como a presença de resíduos sólidos na área de estudo, são as principais fontes de poluição da água no rio Moche.

Palavras-chave: Qualidade da água, metais pesados, rejeitos, atividades econômicas, rio Moche.

Contenido

[Peer Review]	6
Sobre los autores/ About the authors	8
Resumen	10
Abstract	10
Resumo	11
Introducción	18
Capítulo 1	24
Dinámica de las actividades económicas	24
Capítulo 2	40
Instrumentos y normativas	40
Procedimientos	44
Parámetros Químicos	44
Determinación de Oxígeno disuelto	46
Parámetros Inorgánicos	46
La observación	49
Para la Calidad de agua	49
Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE)	51
Para las Actividades económicas	52
Capítulo 3	54
Dialéctica	54
Dinámica económicas	55
Calidad del agua	57
Determinación del índice de calidad del agua (ICA-PE)	60
Relación entre la actividad económica y la calidad del agua	61
Capítulo 4	73
Colofón	73
Conclusiones	74
Recomendaciones	75
Propuesta	76
Fundamentación (bases teórico-prácticas)	76
Descripción de la propuesta	77
Estrategias de implementación de la propuesta	78

Evaluación de la propuesta.	79
1. Alcance	79
2. Programación	80
3. Presupuesto	80

Referencias	82
--------------------	-----------

Tablas

Tabla 1. Información referente al primer monitoreo.	44
Tabla 2. Información referente al segundo monitoreo.	44
Tabla 3. Actividades económicas identificadas en Puente Constancia (RMoch2).	55
Tabla 4. Fuentes de contaminación identificadas en Puente Concon (RMoch6).	56
Tabla 5. Resultados de los parámetros de calidad de agua del Puente Constancia (RMoch2) y Puente Concón (RMoch6) y valores de los ECA para Agua-Categoría 3.	60
Tabla 6. Relación de las actividades y la calidad de agua en la estación de monitoreo puente Constancia.	62
Tabla 7. Relación de las actividades y la calidad de agua en la estación de monitoreo puente Constancia.	63

Figuras

Figura 1. Plano de ubicación del área de estudio de la cuenca del río Moche	42
Figura 2. Ubicación de las fuentes de contaminación identificadas para Puente Constancia y puente Concón.	57
Figura 3. Índice de Calidad de Agua en las estaciones de monitoreo.	61

Minería y residuos sólidos

Perspectivas sobre la relación entre las actividades económicas y la calidad del agua

Introducción

La evolución sociohistórica de Occidente ha progresado desde sus orígenes en Europa hasta alcanzar una presencia destacada en el escenario mundial. Este proceso se inició con el surgimiento del pensamiento griego, que puso énfasis en el papel del ser humano como agente de transformación de la naturaleza. Con el tiempo, este enfoque se ha consolidado como un pensamiento predominante y globalizado. Sin lugar a duda, factores determinantes en este avance han sido el progreso científico y tecnológico, la acumulación de capital y el florecimiento de la industria, que han actuado como sólidos pilares de apoyo. La globalización se considera como la manifestación de una visión universalista que tuvo su origen en la tendencia hegemónica europea. En la actualidad, gracias al comportamiento conjunto de una agresiva gestión empresarial, avances científico-tecnológicos notables y una revolución en las comunicaciones, el capitalismo ha logrado dominar a escala mundial (Aguilar, 2010).

En la actualidad, la disminución de la capa de ozono debido al calentamiento global es una clara muestra de cómo la naturaleza está siendo afectada por diversos factores que han desequilibrado por completo el sistema planetario. Estas señales evidencian la situación de peligro y catástrofe en la que se encuentra la atmósfera, las superficies acuáticas y terrestres del planeta, poniendo en riesgo la existencia de la vida biológica y humana que la habita. El uso irracional a lo largo de aproximadamente cuatro siglos y medio ha dañado sistemas ecológicos que se construyeron durante millones de

años. Desde mediados del siglo XX, año tras año, las preocupaciones por los problemas ambientales han aumentado, especialmente debido a la contaminación y las extinciones de especies silvestres, lo que ha puesto en evidencia la estrecha relación que existe entre las personas y la naturaleza (Alfranca, 2012).

Los problemas ambientales se manifestaron en una escala más amplia, evidenciando sus efectos y las consecuencias que afectan a las comunidades, sin importar si son países industrializados o países pobres. En los países industrializados, se realizaron cuestionamientos sobre emisiones de gases tóxicos, contaminación de ríos y lagos, uso excesivo de pesticidas y fungicidas, así como la contaminación urbana, entre otros aspectos. Los ciudadanos comenzaron a considerar como parte de su vida cotidiana las catástrofes calificadas como desastres naturales, tales como sismos, huracanes, frecuentes inundaciones, aumento de temperaturas en diferentes comunidades del planeta, nevadas y granizadas en zonas desérticas, lluvias torrenciales en verano, deslizamientos de tierras que destruyen barrios, magnitud de las masas de arena, y el racionamiento de agua en grandes ciudades urbanas (ONU-DAES, 2014).

La actividad humana, incluyendo la urbanización, el crecimiento demográfico y la contaminación, está agotando los recursos hídricos en todo el mundo, agravando sus consecuencias debido al cambio climático y las variaciones naturales. Se estima que la población mundial crecerá a un ritmo de aproximadamente 80 millones de personas al año, alcanzando los 9,100 millones en 2015, con 2,400 millones de personas viviendo en África Subsahariana. Además, el

producto interno bruto mundial ha experimentado un crecimiento promedio anual del 3.5% desde 1960 hasta 2012 (World Economics, 2014). Sin embargo, este crecimiento económico ha tenido un costo significativo en términos sociales y ambientales. Las actividades económicas son vitales para la existencia de las sociedades, ya que permiten la producción de riqueza, generan empleo y proporcionan bienes y servicios que aseguran el bienestar social. Estas actividades se vuelven cada vez más complejas y requieren el uso de tecnologías avanzadas para mantener la competitividad en un mercado cada vez más exigente. Sin embargo, muchas de estas actividades también son fuentes permanentes de contaminación. El aumento en la producción y el consumo ha generado una creciente demanda de agua dulce. Se prevé que, en 2030, el mundo se enfrentará a un déficit global del 40% de agua en un escenario climático sin cambios. Además, la disponibilidad de agua está siendo afectada por la contaminación. Se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y costeras aumente en la mayoría de las regiones hasta 2030, y a nivel mundial, se proyecta un aumento del 20% en el número de lagos con floraciones de algas nocivas hasta 2050.

Para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, es necesario tener un cambio responsable en el uso y manejo del agua. La crisis hídrica mundial está relacionada con la gobernanza, mucho más que de recursos disponibles (UNESCO, 2016).

En consecuencia, es necesario tener una noción conceptual con mayor profundidad de los términos actividades económicas y calidad de agua, por tal motivo podemos citar diferentes definiciones

recogidas en las obras de prestigiosos autores e instituciones como las siguientes:

Las actividades económicas se definen como un conjunto de operaciones realizadas por empresas y/o establecimientos, en las cuales se combinan recursos como mano de obra, equipos, materias primas e insumos para producir un conjunto homogéneo de bienes y/o servicios. Estos bienes y servicios pertenecen a una misma categoría económica, característica de una clase específica en la clasificación de actividades económicas (INEI, 2008).

Además, según la definición de Contabilidad General y Tesorería (2010), la actividad económica se refiere a una serie de acciones llevadas a cabo por el ser humano, en las cuales, partiendo de bienes escasos con posibilidades de usos alternativos, busca obtener los bienes económicos necesarios para satisfacer sus necesidades.

De manera similar, la calidad del agua es un término que varía en función del uso específico que se le dé. Para los usos más comunes y esenciales del agua, se establecen requisitos específicos basados tradicionalmente en las concentraciones de varios parámetros físico-químicos y biológicos, tales como: características físicas (sabor, olor, color, turbidez, conductividad, temperatura), parámetros químicos (pH, O₂, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, amoníaco, sulfuros, hierro, manganeso, metales pesados, gases disueltos como dióxido de carbono, DBO₅, DQO, etc.) y parámetros biológicos (presencia de bacterias coliformes, que indican contaminación fecal, y otras como Salmonellas, etc.). Si

el agua cumple con los requisitos establecidos para cada uno de estos parámetros según su uso específico, se considera de buena calidad para ese proceso o consumo en particular (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2008).

La calidad del agua, ya sea en masas superficiales o subterráneas, se suele determinar a través de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales reflejan la composición del agua y están influenciadas por factores naturales y actividades humanas (Tello, 2008). Sin la acción humana, la calidad del agua se vería afectada por procesos naturales como la erosión del sustrato mineral, la evaporación y sedimentación de lodos y sales atmosféricas, la lixiviación natural de materia orgánica y nutrientes del suelo debido a factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar su composición física y química. Generalmente, se evalúa la calidad del agua comparando sus características físicas y químicas con estándares o procedimientos de calidad del agua establecidos (ONU-DAES, 2014).

Capítulo 1

Dinámica de las actividades económicas

En el presente proyecto se emplea teorías que permiten explicar la dinámica de las actividades económicas; para lo cual, citamos a los siguientes investigadores:

En su obra de 1848, Mill sostiene que la diferencia clave entre el sector agrario y la minería radica en el enfoque del intercambio entre productividad presente y futura. Mientras que en el sector agrario se busca obtener beneficios a corto plazo, en la minería se requiere una planificación óptima que considere el equilibrio entre la productividad actual y futura. Esta perspectiva proporciona una explicación coherente para entender el funcionamiento económico de sectores extractivos como el minero.

Según Christaller (1933), cada ciudad se concibe como un centro que provee bienes y servicios a su entorno, y se organizan en una jerarquía, donde las ciudades de nivel inferior tienen funciones menos especializadas y las de nivel superior asumen las funciones de las anteriores junto con las propias de su nivel. Los bienes y servicios se distribuyen desde cada ciudad hacia las de nivel inferior ubicadas en su área de influencia, la cual se determina mediante el principio de mercado.

Por otro lado, Boulding (1966), señala que las actividades económicas que tienen lugar en la tierra interactúan con diversos entornos locales, nacionales y globales. La conclusión principal es

que el crecimiento acelerado, tal como se ha desarrollado en los países industrializados en las últimas décadas, es insostenible.

Según Krugman (1999), la nueva geografía económica utiliza argumentos y factores para explicar las disparidades en el desarrollo económico entre regiones dentro de un país o entre países. En este sentido, las regiones en vías de desarrollo o países periféricos tienden a tener una dispersión de la producción y sectores productivos intensivos en el uso de recursos naturales. Por otro lado, las regiones desarrolladas, países industrializados o países centrales se caracterizan por una concentración de la producción y sectores productivos no intensivos en el uso de recursos naturales.

Por su parte, Innes (2000), basado en un modelo espacial de producción ganadera regional, indica que los daños ambientales resultan de ciertos arreglos espaciales de las instalaciones productivas y de las prácticas de manejo, ya sean observables o no observables.

Así mismo, algunos investigadores han desarrollado teorías que resaltan la afectación de la calidad de agua, de las cuales se han considerado los siguientes aportes:

Meadows (1972), en el informe “Los Límites del Crecimiento”, advirtió que si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, el planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el transcurso de los próximos cien años. Esto podría resultar en un súbito e incontrolable descenso tanto de la población como de la capacidad industrial.

Shiklomanov (1993), señala que los recursos renovables, al ser utilizados por los seres humanos a un ritmo acelerado, se transforman efectivamente en recursos no renovables, alterando así el ciclo natural.

Por su parte, Brown (2003), destaca que la sociedad se beneficia ampliamente de los servicios ambientales del agua proveniente de acuíferos, ríos, lagos o costas, y, por consiguiente, el ser humano ejerce una influencia directa o indirecta sobre ellos y su biota acuática.

En este proyecto, se abordó la problemática de cómo las actividades económicas impactan en la calidad del agua de cuencas hidrográficas, a nivel internacional, nacional y local.

En el ámbito internacional, un ejemplo de relevancia es la Cuenca del río Santa Lucía en Uruguay, que tiene gran importancia estratégica para la sociedad uruguaya al ser su principal fuente de abastecimiento hídrico. La contaminación de esta cuenca representa un serio problema para el país. Según DINAMA, los efluentes de industrias, centros urbanos y establecimientos agropecuarios son los principales causantes de la contaminación a lo largo de toda la extensión de la cuenca (13310 km²). Un indicador importante de la contaminación por fertilizantes es el crecimiento descontrolado y acelerado de algas en el embalse Paso Severino (Arocena, 2008). Ambos embalses presentan concentraciones elevadas de nitrógeno y fósforo inorgánico, principales responsables de la eutrofización de cuerpos de agua, siendo catalogados como “hipereutrofizados”. El uso inadecuado de las tierras agrícolas se correlaciona con la degradación

del potencial productivo y la erosión de los suelos, debido al uso de grandes volúmenes de insumos, como nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y agrotóxicos, para mantener la productividad de los sistemas agrícolas orientados hacia los requerimientos del mercado. Además, las fuentes urbanas de contaminación hídrica provienen de los efluentes domésticos e industriales, mientras que en áreas rurales se produce contaminación química y orgánica, según los distintos usos de la tierra.

A nivel nacional, se destaca la cuenca del río Rímac, que nace en la cordillera de los Andes y es de gran importancia para la población peruana, ya que abastece de agua potable a aproximadamente 7 millones de personas en Lima y otras partes de la cuenca. Sin embargo, esta cuenca se enfrenta a diferentes vertimientos generados por actividades humanas. En la cuenca alta se ha desarrollado la actividad minera histórica y actual, con la explotación de minerales como Cu, Pb, Zn, Sb, Au, Ag, lo que ha llevado a un significativo volumen de vertimientos descargados al río. En la cuenca media y baja, se encuentran centrales hidroeléctricas y diversas industrias, como fábricas de productos químicos, textiles, papeleras, alimentos, curtiembres, materiales de construcción y cerveza, entre otras.

Como resultado de estas actividades, el río Rímac recibe metales y metaloides provenientes de desechos y relaves mineros, así como aguas residuales domésticas e industriales descargadas en algunos casos sin tratamiento previo. Un monitoreo realizado en 2012 por la Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua identificó la presencia

de contaminantes como aluminio, arsénico, cadmio, plomo, hierro, manganeso y fósforo en distintas partes de la cuenca. En especial, la quebrada Huaycoloro, considerada el tributario más contaminado, presentó altas concentraciones de diversos contaminantes.

La existencia de pasivos ambientales mineros, como depósitos de relaves, bocaminas y depósitos de escombros mineros, así como las descargas de aguas residuales domésticas, municipales e industriales en diversas áreas de la cuenca alta, son las principales fuentes de contaminación de las aguas del río Rímac. Estos impactos en la calidad del agua representan un desafío importante para la gestión y preservación de este recurso esencial para la población y el ecosistema en la región.

En e ámbito local, la cuenca del río Moche, ubicada en la Costa Norte del Perú, forma parte de la vertiente del Pacífico y abarca un área total de 2708 km². Se encuentra políticamente en el Departamento de La Libertad, comprendiendo parte de las Provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán. La actividad económica predominante en esta cuenca es la agricultura, que ocupa mano de obra tanto en el lecho del río como en las comunidades adyacentes. La contaminación en la cuenca del río Moche, en su mayoría, proviene de la actividad agrícola. Los residuos sólidos, polvos, excedentes de agua de riego y materia orgánica dispersa en los campos son arrastrados por las lluvias y llegan a los cursos de agua, afectando la calidad del agua. Además, se puede observar la influencia de los vertimientos mineros, que son los responsables directos de la degradación de la calidad del agua en ciertas zonas. Cerca del puente Constancia, por

ejemplo, las aguas del río presentan un color gris verdoso debido a las altas concentraciones de hierro (II), resultado del proceso empleado en la Unidad Minera Quiruvilca. Asimismo, se presume que parte del color turbio gris verdoso se debe a partículas en suspensión provenientes de pilas de relaves erosionados, que también contienen hierro (II). A medida que el agua fluye aguas abajo, el hierro (II), reacciona formando hidroxidatos de hierro (III), lo que cambia el color del río de gris verdoso a amarillo / naranja.

Los resultados del monitoreo de calidad de agua superficial en la cuenca del río Moche, llevado a cabo por la ANA en noviembre de 2015, muestran que el río está excediendo los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), en la categoría 3 para varios metales, tales como Aluminio (Al), Cadmio (Cd), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), Plomo (Pb) y Cobre (Cu). En los puntos de monitoreo ubicados en la cuenca baja, se ha detectado la presencia de Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, superando también los ECA para agua de la categoría 3. Los afluentes del río Moche, como los ríos Otuzco, Cushmun, Sinsicap, Lucmar, presentan niveles elevados de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, superando igualmente los ECA para agua de la categoría 3. Estos microorganismos en el agua se originan principalmente por la falta de tratamiento de aguas residuales domésticas en centros poblados y distritos cercanos. Además, la quebrada Agua Dulce y el Caserío Milluachaqui, ubicados en el distrito de Salpo, registraron altos niveles de Sulfato (SO_4), Aluminio (Al), Cadmio (Cd), Calcio (Ca), Cobalto (Co), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Plomo (Pb),

superando los límites establecidos por el ECA para agua de la categoría 3. Adicionalmente, se ha identificado que la presencia de agua ácida en esta área está relacionada con la actividad de minería informal que se desarrolla en dicho sector.

Ante esta compleja problemática, surge la interrogante: ¿Cuál es el impacto de las actividades económicas en la calidad del agua de la Cuenca Alta del río Moche, en los sectores comprendidos entre Puente Constanza y Puente Concón? Afortunadamente, diversos estudios a nivel mundial han abordado la alteración de la calidad del agua en cuencas hidrográficas debido al desarrollo de distintas actividades económicas. En este sentido, se presentan a continuación algunos ejemplos de investigaciones internacionales relevantes:

En el estudio “Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras” realizado en 2003, el autor destaca que las actividades hortícolas llevadas a cabo por los pobladores de la microcuenca tienen un impacto negativo en la calidad del agua. Esto se refleja en las concentraciones significativamente altas de Endosulfan encontradas en las quebradas San Francisco y Agua Amarilla, así como en la presencia de Aldrin, Dieldrin, Lindano y Heptacloro. Además, el uso frecuente de plaguicidas hidrofóbicos en la microcuenca La Soledad sugiere un alto riesgo de contaminación de las aguas superficiales. Sumado a las prácticas inadecuadas de cultivo y manejo del suelo, esta situación limita considerablemente el acceso al agua para uso humano. Es lamentable que esta restricción sea resultado de la

alteración de la calidad del agua, y no de una disminución en la cantidad del recurso hídrico.

En el estudio “Evaluación de la contaminación generada por el vertido de aguas residuales proveniente de la industria textil en Zinapécuaro, Michoacán, México” realizado en 2004, el autor destaca la importancia de abordar la contaminación generada por la industria, la cual constituye una de las fuentes principales de contaminantes en el medio ambiente. Es crucial que estos contaminantes sean gestionados adecuadamente mediante el uso de tecnologías limpias, con el objetivo de preservar el ambiente y minimizar los impactos negativos. En particular, se identifican elementos tóxicos en los efluentes de la industria textil, como el cadmio, cromo, mercurio, plomo, níquel, cobre y arsénico, los cuales son considerados como residuos peligrosos.

En el estudio “Impacto de la minería en la calidad del agua en la microcuenca del Río Artiguas. Énfasis en metales pesados, Nicaragua” realizado en 2005, el autor destaca que la actividad minera representa una amenaza significativa para las aguas superficiales de la región. El río ha sido afectado por la presencia de metales pesados, siendo el plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y cobre (Cu), los contaminantes encontrados en mayores niveles. Especialmente preocupante es la alta concentración de plomo (Pb), que representa la mayor presencia de contaminantes en las aguas del río. Estas elevadas concentraciones de metales pesados tienen un impacto negativo en la biodiversidad de la flora y fauna acuática. La presencia de estas especies tóxicas de metales pesados representa una amenaza para la

vida acuática, y su predominio en el agua está relacionado con las condiciones de oxidación y pH presentes en el ambiente.

En el estudio “Conservación y Conflictos socioambientales en la cuenca Media-Alta del río Cali, Valle del Cauca, Colombia” realizado en 2011, el autor destaca que varias actividades humanas ejercen una alta presión sobre las áreas naturales y bosques protectores de la cuenca. Entre las principales actividades identificadas se encuentran la agricultura y ganadería intensiva, las cuales demandan una gran cantidad de recursos y tierras para su expansión, afectando así el entorno natural. Además, otras actividades también contribuyen a la presión sobre los recursos naturales de la cuenca, como las ocupaciones ilegales, la minería en zonas de parque nacional y la deforestación para la extracción de madera con fines domésticos y mineros.

En el estudio “Elaboración de un Plan de Manejo Ambiental para la Conservación de la Subcuenca Del Río San Pablo en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, Ecuador” realizado en 2012, el autor destaca varios hallazgos importantes. El diagnóstico del recurso hídrico en la Subcuenca del Río San Pablo revela un caudal existente de 9,732 l/seg. Sin embargo, este caudal se ve afectado negativamente por la deforestación presente en la zona, lo que contribuye a la disminución del caudal. Otro factor que impacta la calidad del agua es la explotación de material pétreo. Los análisis realizados identificaron que los principales contaminantes presentes en el agua son DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno), Grasas y Aceites, Colibacilos Totales y Colibacilos fecales. Estas contaminaciones son

atribuidas principalmente a la notoria contaminación proveniente de los distintos establos de ganado vacuno y a los criaderos de porcinos.

En el estudio “Análisis Espacio-Temporal del Monitoreo de la Calidad del Agua del Río Grande de Santiago, y sus Implicaciones a la Salud Ambiental, México” realizado en 2014, se han identificado preocupantes niveles de contaminación fisicoquímica a lo largo del Río Santiago. Específicamente, se han encontrado concentraciones alarmantes de sustancias como el Azul de Metileno, muy por encima de los límites establecidos en las normativas. La contaminación detectada se atribuye principalmente a las descargas industriales y a las actividades agropecuarias, que generan la presencia de compuestos como Nitrógeno Amoniacal, Fósforo, Sólidos Suspendidos Totales, Sulfatos, Sulfuros, Turbiedad y Oxígeno Disuelto, entre otros. Esta situación está afectando gravemente el crecimiento y desarrollo de la vida acuática y vegetal en el río, lo que tiene serias implicaciones en la disponibilidad y calidad del agua para usos agrícolas y pecuarios.

Así mismo, en el ámbito nacional tenemos estudios que citamos a continuación:

En el estudio “Los derechos humanos y el riesgo que causa el agua contaminada del río Moche en Trujillo, Perú” realizado en 2012, el autor destaca la preocupante situación de la cuenca del río Moche, donde se lleva a cabo tanto actividad minera formal como informal. Como resultado de estas actividades, el agua del río Moche se encuentra fuertemente contaminada con relaves mineros

que contienen metales tóxicos como plomo, arsénico, cadmio, entre otros.

En el estudio “Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú” realizado en 2012, el autor llega a importantes conclusiones sobre la presencia de metales pesados en el agua y su impacto en diferentes zonas de la cuenca. Durante el año 1980, el metal con la mayor concentración fue el hierro (Fe). Además, se identificó que los suelos de la margen derecha de la Cuenca Media presentaron los mayores niveles de contaminación por metales pesados. Entre las especies analizadas, se observó que la yuca (*Manihot esculentus*), fue la más contaminada por los metales pesados presentes en la cuenca.

En el estudio “Evaluación de la Calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la Cuenca del Río Suchez” realizado en 2014, se analiza en detalle cómo las actividades económicas, especialmente el cultivo de café y la ganadería, tienen un impacto significativo en las partes altas de la cuenca. Estas actividades conllevan a la liberación de aguas mieles en los ríos, una situación común en el área rural, donde la población a menudo recurre a los ríos como fuente de agua para el consumo humano. Sin embargo, las malas prácticas desarrolladas a lo largo del tiempo han generado un desequilibrio ambiental. En particular, los suelos en las zonas cultivadas de granos básicos y hortalizas muestran un alto nivel de degradación, y la presencia de fuertes pendientes en estas áreas agrícolas favorece el arrastre de agroquímicos residuales por la escorrentía superficial.

Esto es especialmente preocupante en el caso del cultivo de café en las partes altas de las microcuencas.

En el estudio “Calidad de agua para uso agrícola y conservación de recursos en la Cuenca Baja del río Moche, julio-diciembre 2014, La Libertad” realizado en 2015, se destaca que las concentraciones de nitratos en el agua provienen de diversas fuentes. Una de ellas es la liberación de nitratos durante el proceso de descomposición de la materia orgánica en el suelo, así como la disolución de rocas y efluentes industriales. No obstante, la principal fuente de nitratos identificada en la cuenca es la agricultura, donde se utilizan componentes de abonos y fertilizantes nitrogenados. Estos insumos agrícolas son fundamentales para mejorar la productividad de los cultivos; sin embargo, su uso excesivo o inadecuado puede resultar en una acumulación de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas.

En el estudio “Determinación del contenido de Mercurio en agua y sedimentos del Río Suches-Zona Bajo Paria Cojata–Puno” realizado en 2016, se aborda el impacto de la actividad minera en la cuenca Suches, que genera efluentes tóxicos y provoca la contaminación de las aguas superficiales. Específicamente, se llevaron a cabo muestreos y análisis de aguas y sedimentos en las cercanías de las comunidades de Paria.

Tomando en cuenta diversos trabajos científicos a nivel global y nacional que han estudiado la calidad del agua en ríos, se buscó comprender cómo las actividades económicas afectan este recurso vital mediante la realización de esta investigación que tuvo como

objetivo general determinar la relación de las actividades económicas y calidad del agua del Río Moche, Puente Constancia-Puente Concón. Para alcanzar dicho objetivo, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar los parámetros físicos del río Moche Puente Constancia y Puente Concón.
- Evaluar los parámetros inorgánicos del río Moche Puente Constancia – Puente Concón.
- Evaluar los parámetros microbiológicos del río Moche Puente Constancia – Puente Concón.
- Identificar las principales fuentes que pueden afectar la calidad del agua del río del río Moche.
- Determinar el Índice de calidad ambiental comparando con los resultados obtenidos por la Autoridad Nacional de Agua en los 2017, 2018 y 2019.

La hipótesis de investigación planteada es la siguiente: Existe una relación significativa entre las actividades económicas y la calidad del agua en el tramo del Río Moche entre Puente Constancia y Puente Concón.

La relevancia de esta investigación radica en su impacto social, ya que beneficia directamente a la población y a diversas entidades públicas estatales, como ANA, OEFA, MINAM, Gobierno Regional y Locales. Los resultados obtenidos servirán para diseñar estrategias

de intervención conjunta que contribuyan a la recuperación ambiental de esta parte específica de la cuenca. Además, la investigación tiene un enfoque científico y metodológico sólido, lo que permite establecer de manera objetiva la relación entre las actividades económicas y la calidad del agua en el Río Moche.

Capítulo 2

Instrumentos y normativas

Artículos para análisis

El objeto de estudio de la presente investigación es la calidad del agua del río Moche evaluada en los puntos de monitoreo entre puente Constancia y puente Concón y su relación con las actividades económicas que se desarrollan en la zona de estudio.

El río Moche nace en la Laguna Grande sobre los 3.988 msnm, en las cercanías de Quiruvilca se ubica en la región la Libertad; su recorrido comprende parte de las provincias de Trujillo, Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco, tiene una extensión de 2,708 km², su caudal medio anual es de aproximadamente 9.5 m³/s que equivale a un volumen medio anual de 300 mm³ (Vargas, 2015), el agua del río Moche se utiliza para fines recreacionales y de agricultura principalmente. Son afluentes del río Moche a la margen derecha: Lagunas Grande y San Lorenzo. Ríos: Motil, Chota, Huangamarca, Pollo, Otuzco, La Cuesta, Sinsicap y Quebrada Cushmun, Margen Izquierda: Quebrada San Felipe, Quebrada Agua Dulce. Para la presente investigación se tiene como ámbito de influencia a la población de los sectores de Puente Constancia y Puente Concón (Figura 1).

para la Reducción o Eliminación de la Contaminación de origen Minero en la Cuenca del río Moche realizado por el Ministerio de Energía y Minas y los Resultados del monitoreo 2019 realizados por la Autoridad Nacional del Agua, referente a de la calidad del agua superficial en la cuenca río Moche.

Para el monitoreo de la calidad de agua, el equipo de trabajo se colocó implementos de seguridad como botas de jebe, guantes estériles y descartables y gafas protectoras; y se siguieron los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobada con Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

Para la obtención de la información de las actividades económicas, se elaboró una ficha de observación que sirvió para registrar datos en campo de la zona donde se ubican las estaciones de monitoreo que comprende puente Constancia y puente Concón.

Procedimientos

Método analítico sintético

Parámetros Químicos

a) **Etap de Preamálisis:** Los monitoreos fueron llevados a cabo por la investigadora, quien contó con el apoyo técnico y logístico de dos colaboradores. En las siguientes tablas que se presenta a continuación se muestra información respecto a la ejecución del monitoreo.

Tabla 1. Información referente al primer monitoreo.

Fecha de Monitoreo	14 a 15 de febrero
Numero	Primer
Período	Estiaje
Estaciones	RMoch2–RMoch6

Fuente: Díaz Díaz, 2023

Tabla 2. Información referente al segundo monitoreo.

Fecha de Monitoreo	29 a 30 de noviembre
Numero	Segundo
Periodo	Avenida
Estaciones	RMoch2–RMoch6

Fuente: Díaz Díaz, 2023

b) Etapa de análisis: En cada estación, se empleó el equipo GPSmap 76CSx Garmin para medir la altitud y coordenadas. Antes de recolectar las muestras, los frascos estériles fueron enjuagados en un mínimo de dos ocasiones, salvo los frascos destinados al análisis de los parámetros microbiológicos, para los cuales se dejó un espacio del 10% del volumen con el fin de asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.

Se emplearon los siguientes procedimientos para realizar las mediciones del pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto.

Determinación de pH

Se trabajó en unidades de pH, el equipo se calibró con buffers (4, 7 y 10 unidades de pH), y luego procedió a colocar la muestra en un vaso estéril e introducir el electrodo del pH metro, se trabajó con el método electrométrico (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H.B. 23rd Ed. 2017)

Determinación de Temperatura

Se determinó en grados centígrados (°C), usando el método Laboratorio de Temperatura y métodos de campo, según la norma SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed 2017.

Determinación de Conductividad

El equipo multiparámetro, se calibró con la solución estándar de 1413 uS/cm, hasta obtener una constante de celda adecuada, se

procedió a colocar la muestra en un vaso e introducir el electrodo de conductividad, se trabajó con el método de Conductividad en Laboratorio, según norma SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017.

Determinación de Oxígeno disuelto

Se midió en mg/L, usando el método Laboratorio de Electrodo de Membrana, según la norma SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-O- G. 23rd Ed. 2017.

Parámetros Inorgánicos

a) Etapa de preanálisis: Se procedió a agregar el preservante correspondiente para los parámetros inorgánicos, que incluyeron arsénico, cadmio, hierro, mercurio, plomo y zinc. Los frascos que contenían las muestras fueron almacenados en cajas térmicas (coolers) debidamente rotuladas y colocados en posición vertical para evitar derrames. Los recipientes de vidrio fueron embalados en bolsas con burbujas de polietileno, y se añadieron bolsas de hielo para evitar la exposición de las muestras a la luz solar y mantener la temperatura controlada. Una vez finalizada la toma de muestras en el campo, los coolers fueron sellados y transportados al laboratorio, cumpliendo con los tiempos establecidos para cada parámetro, como se había registrado previamente en la Ficha de Registro.

El desarrollo de esta etapa se llevó a cabo siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, el cual fue aprobado mediante la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Durante el proceso, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El personal encargado se posicionó en un punto central del lugar de muestreo y utilizando un balde, extrajo la muestra de agua, asegurándose de evitar cualquier remoción de sedimentos.
- Antes de recolectar las muestras, los frascos fueron enjuagados al menos dos veces, excepto aquellos destinados al análisis de los parámetros microbiológicos, para los cuales se dejó un espacio del 10% de su volumen, garantizando así un suministro adecuado de oxígeno para las bacterias.
- Se reservó aproximadamente un 1% de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requerían preservación.
- Una vez tomada la muestra de agua, se añadió de inmediato el preservante necesario. Luego, el frasco fue cerrado y agitado para homogeneizar la muestra. Durante este proceso, se tomaron las medidas de seguridad recomendadas para manipular los reactivos y se siguieron las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas, de acuerdo con las especificaciones proporcionadas en las hojas de seguridad Materia Safety Data Sheets (MSDS).

Los reactivos se almacenaron en un cooler separado de las muestras recolectadas en campo para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

- Al ingresar al laboratorio de análisis, se entregaron las muestras junto con la cadena de custodia debidamente completada y resguardada en un sobre plastificado para evitar su deterioro. Para el registro de la cadena de custodia, se tomaron en cuenta la siguiente información:
 - » Daros del personal responsable del monitoreo (nombre, correo electrónico, número telefónico).
 - » Nombre del proyecto.
 - » Código de la muestra.
 - » Clasificación de la matriz de agua de río.
 - » Fecha y hora del muestreo.
 - » Número y tipo de envases por punto de muestreo.
 - » Preservación de la muestra.
 - » Lista de parámetros a analizar por cada muestra.
 - » Firma del personal responsable del monitoreo.
 - » Observaciones en campo, como condiciones climáticas particulares, anomalías organolépticas

del agua, actividades o condiciones insólitas en el lugar de monitoreo.

- Los frascos fueron cuidadosamente colocados en coolers en posición vertical para evitar cualquier derrame. Asimismo, los recipientes de vidrio fueron protegidos con bolsas de poliburbujas para garantizar su seguridad durante el transporte. Además, se añadieron bolsas de hielo y se evitó la exposición a la luz solar para mantener la temperatura adecuada. El traslado de las muestras al laboratorio se realizó siguiendo los tiempos establecidos para cada parámetro a analizar.

b) Etapa de análisis: En esta etapa, se llevó a cabo el análisis de las muestras recolectadas en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte. Además, se incluyó un procedimiento detallado para la operación, mantenimiento y uso del software del equipo de absorción atómica Espectrofotómetro Agilent Technologies 200 Series AA, de la marca Agilent. Todo ello permitió el procesamiento de las muestras a analizar junto con sus respectivos controles de calidad.

La observación

Para la Calidad de agua

Se procedió a consolidar los datos recopilados en el campo, así como los informes emitidos por el Laboratorio de la Universidad

Privada del Norte. Estos datos y reportes fueron analizados y comparados con los Estándares de Calidad de Agua aprobados mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM, que corresponde a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D1: Riego de vegetales, con el objetivo de identificar los parámetros que superan dicha normativa.

Además, se realizó el cálculo del índice de calidad de agua del río Moche. Para esto, se tomó como referencia o “blanco” la cabecera de cuenca en la Laguna Grande, y se complementó con los resultados obtenidos por los estudios realizados previamente por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), tal como se describe en los informes siguientes:

- Evaluación de la calidad del agua y de los sedimentos en la cuenca del río Moche-La Libertad, febrero-2014.
- Resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua y de los sedimentos de la cuenca del río Moche-La Libertad, octubre-2014.
- Resultados del monitoreo participativo de calidad de agua de la cuenca río Moche, La Libertad-Perú, noviembre 2015.
- Resultado del monitoreo participativo de calidad de agua de la cuenca río Moche, La Libertad-Perú, 2016.
- Resultado del monitoreo participativo de calidad de agua en la cuenca río Moche, La Libertad-Perú, 2017.

- Monitoreo participativo de calidad de agua superficial en la cuenca río Moche, La Libertad-Perú 2018.

Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE)

Para determinar el cálculo del índice de calidad de agua ICA-PE, se siguió la “Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales”, aprobada mediante la Resolución Jefatural N°068-2018-ANA. Esta metodología define los índices de calidad de agua (ICA), como herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo convertir grandes cantidades de datos en una escala única para medir la calidad del agua.

De acuerdo con los criterios establecidos en la normativa, se requiere considerar 3 estaciones de monitoreo y 3 resultados de monitoreo obtenidos en 3 años consecutivos. En nuestro estudio, se incorporó una estación de monitoreo en la Laguna Grande (LGran1), ubicada en la naciente del río Moche en las alturas de Quiruvilca.

Para aplicar esta metodología, se requirió la siguiente información:

- Base de datos con los resultados de los monitoreos realizados al cuerpo de agua en estudio.
- La clasificación del cuerpo de agua (categoría a la que pertenece según normativa).

- Los ECA-Agua que establece el Ministerios del Ambiente de nuestro país.

2.3.2.2. Para las Actividades económicas

La información recopilada en las fichas de campo, referente a las actividades económicas llevadas a cabo en los alrededores de las estaciones de monitoreo, fue procesada y posteriormente comparada con los datos del Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planteamientos para la Reducción o Eliminación de la Contaminación de origen Minero en la Cuenca del río Moche, que fue realizado por el Ministerio de Energía y Minas.

Capítulo 3

Dialéctica

Dinámica económicas

Tabla 3. Actividades económicas identificadas en Puente Constancia (RMoch2).

Altitud m.s.n.m	Ubicación	Estación de Monitoreo	Actividad Económica	Descripción de la actividad
3700	Pan American Silver SAC- Mina Quiruvilca	Puente Constancia	Minería	El OEFA identificó la presencia de agua de subdrenaje proveniente de los depósitos de relaves Santa Catalina, la cual fluye a través del suelo, luego hacia la quebrada Santa Catalina y finalmente hacia el río Shorey, el cual es un afluente del río Moche.
3552	Margen izquierda del rio Moche			Pasivo minero- Minera Almirvilca Se ha identificado la presencia de una cancha de relaves, que, debido al movimiento sísmico ocurrido, provocó el arrastre de una gran masa de relaves hacia la zona del río.
3552	Margen derecha del rio Moche			Pasivo minero- Mina La Paloma Consta de dos unidades de desarsenización diseñadas para la remoción de minerales como arsénico, plata, oro y cobre.
3300	Quebrada Julcán y el río Salpo			Pasivos de pequeña minería Se han detectado acumulaciones de minerales tanto en la cancha como en los afloramientos.
3000	Motil			Concentradora Mótil En la mina, La Paloma, Mache y Salpo, se llevan a cabo procesos de beneficio y amalgamación de minerales.

Fuente: Díaz Díaz, 2023

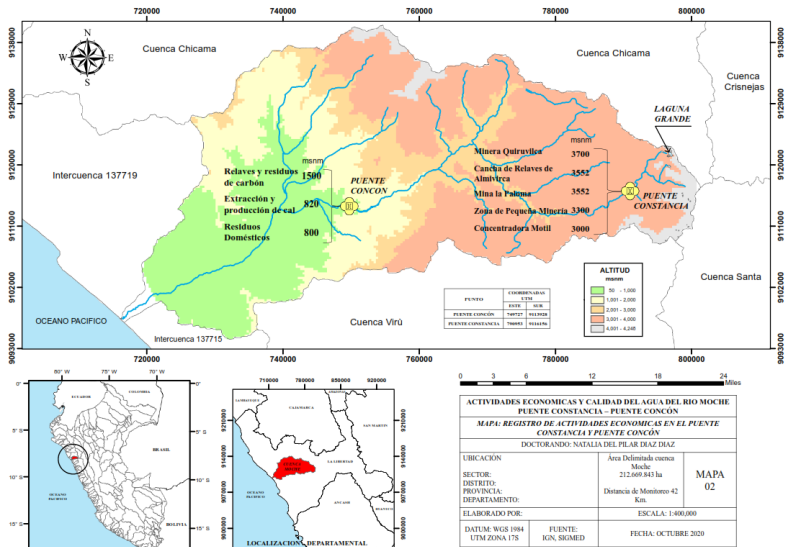
Tabla 4. Fuentes de contaminación identificadas en Puente Concon (RMoch6).

Altitud m.s.n.m	Ubicación	Estación de Monitoreo	Actividad Económica	Descripción de la actividad
1500	Samne	Puente Concón	Minería	La Compañía Minera Otuzco enfrenta un pasivo ambiental que involucra relaves y materiales provenientes de la planta de beneficio y el tratamiento de pulpa de carbón de sus operaciones mineras.
	Canteras de caliza de Simbal			Comprende dos unidades de desarsenización diseñadas para la extracción de minerales como arsénico, plata, oro y cobre.
800	Altura de Shorey		Comercio	Los residuos incluyen desperdicios domésticos, papeles, cartones, latas, trapos, plásticos, vidrios y cenizas generadas por el uso de carbón de piedra para calefacción.

Fuente: Díaz Díaz, 2023

En las Tablas 3 y 4 se detallan las actividades económicas identificadas en campo y anotadas en la Ficha de Registro de Campo. En la estación RMoch2, se evidencia que la actividad predominante fue la minería, con presencia de mediana minería, minería artesanal y minería informal e ilegal. Por otro lado, en la estación RMoch6, además de la minería, se identificó la actividad económica del comercio.

Figura 2. Ubicación de las fuentes de contaminación identificadas para Puente Constanzia y puente Concón.



Fuente: Díaz Díaz, 2023

Calidad del agua

En la Tabla 5 se evidencia los resultados obtenidos de los parámetros físicos: el potencial de Hidrogeno (pH), presentó un valor de 2.86, indicador de aguas ácidas, el cual se encuentra fuera del ECA -Agua categoría 3 que indica debe encontrarse con un valor entre 6,5 a 8,5 para la Subcategoría D1 (riego de vegetales) y en la estación RMoch6 el valor es de 6.66 que corresponde al primer monitoreo del mes de febrero el cual se encuentra dentro del valor de ECA-Agua. Se obtuvo un valor 1046 uS/cm en la estación RMoch2,

en el mes de noviembre y 250 uS/cm en la estación RMoch6 en el mes de febrero, el oxígeno disuelto tuvo mayores valores en RMoch6 donde se registró 8.36 mg/L en el mes de noviembre mientras que el menor valor fue de 5.66 mg/L en el mes de febrero y corresponde a RMoch2.

El oxígeno disuelto (OD), según el Estándar de Calidad de Agua para categoría III, se acepta un valor mínimo para este parámetro de 4 mg/L, dicho valor es el más adecuado puesto que refleja un agua bien oxigenada por lo tanto no generaría problemas a las especies hidrobiológicas que se desarrollan en este hábitat, los resultados con mayores valores se reportan en ambas estaciones: en RMoch2 fue de 6.62 mg/L y en RMoch 8.39 mg/L, por tanto existe un incremento del valor ECA para el oxígeno disuelto. Custodio & Chaname (2016), precisan que la cantidad de oxígeno depende de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos. Siendo este gas, juntamente a la temperatura, quienes determinan la riqueza y los patrones de distribución de las familias de macroinvertebrados bentónicos

Para los parámetros químicos: en la estación RMoch2 en el mes de noviembre se obtuvo concentraciones de 1.244 mg/L para el arsénico y 0.188 mg/L ambos valores exceden el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 1 mg/L. El cadmio presenta una concentración alta según el registro de la estación RMoch6 007 mg/L y la mínima de 0.054 mg/L en la estación RMoch6. Ambos exceden el ECA –Agua, el valor aprobado para la

Categoría 3 D1 es 0,01 mg/L. El hierro presento concentraciones de 80.5 mg/L en la estación RMoch2 y 9.25 mg/L en RMoche6. Los valores mencionados exceden el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 5 mg/L. El mercurio registró concentraciones <0.0001 en ambas estaciones, esto podría deberse al hecho que en la minería ilegal no se utiliza este metal. La concentración de plomo registrada en la estación RMoch2 con un valor de 0.373 mg/L este registró corresponde al mes de febrero y para la estación RMoch6 se obtuvo como resultado un valor de 0.157 mg/L, valores que exceden el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 0,05 mg/L. El zinc presentó, concentraciones de 56.9 mg/L en la estación RMoche6 y corresponde al monitoreo efectuado en el mes de noviembre y la concentración mínima registró un valor de 1.451 mg/L que corresponde al monitoreo del mes de febrero, este valor excede el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 Subcategoría D1 (riego de vegetales) es 2 mg/L.

Los parámetros microbiológicos: coliformes termotolerantes presentó una concentración de 2 NMP/100mL, en la estación de monitoreo RMoch2 en el de noviembre y 550 NMP/100mL para la estación RMMoch6. Si bien no excede el ECA-Agua 1000 NMP/100mL, podría ser una consecuencia de las aguas residuales domésticas o excretas de animales de la zona.

Tabla 5. Resultados de los parámetros de calidad de agua del Puente Constanca (RMoch2) y Puente Concón (RMoch6) y valores de los ECA para Agua-Categoría 3.

PARÁMETROS			ECA Cat.3	RMoch2		RMoch6	
M1			D1 M2	M1	M2		
PARAMETROS FISICOS	pH	Unidad de pH	6.5- 8.5	4.07	2.86	6.66	3.22
QUIMIICOS	Conductividad	uS/cm	2500	700	1046	250	652
	Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	5.66	6.62	6.74	8.39
PARAMETROS INORGÁNICOS	Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.412	1.244	0.184	0.188
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.019	0.033	0.007	0.054
	Hierro (Fe)	mg/L	5	46.545	80.5	17.567	9.25
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.001	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.001
	Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.373	0.130	0.269	0.157
	Zinc (Zn)	mg/L	2	5.177	20.500	1.451	56.900
MICROBIOLO- GICOS	Colif. Termo- tol.	NMP/ 100mL	1000	4.5	2	230	550

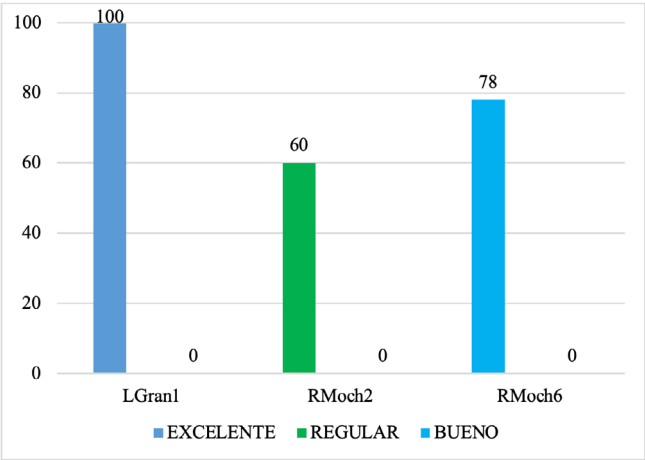
Fuente: Díaz Díaz, 2023

Determinación del índice de calidad del agua (ICA-PE)

Los Índices de Calidad de Agua en las tres estaciones evaluadas se muestran en la Figura 3, reportando un estado del agua con una

calificación EXCELENTE para la cabecera de cuenca LGran1, REGULAR en RMoch2 y BUENA en RMoch6.

Figura 3. Índice de Calidad de Agua en las estaciones de monitoreo.



Fuente: Díaz Díaz, 2023

Los cálculos para obtener los índices de calidad ambiental de la estación de referencia (LGran1), puente Constancia (RMoch2) y puente Concon (RMoch6).

Relación entre la actividad económica y la calidad del agua

En la Tabla 6 y 7 se muestran la relación que existe entre las actividades económicas y calidad de agua río Moche reportados en las estaciones de monitoreo de puente Constancia y puente Concon, destacando la actividades mineras y comercio en su mayoría.

Tabla 6. Relación de las actividades y la calidad de agua en la estación de monitoreo puente Constancia.

Puntos de Monitoreo	Actividades Económicas	Calidad de Agua
Puente Constancia RMoch2	Actividades mineras Concesión minera Quiruvilca en abandono y no existe tratamiento de sus aguas ácidas. La Poza de Aguas Ácidas se encontró, rebosando al río Moche. Asimismo, la Cancha de Lodos San Felipe presentaba erosión y filtraciones disponiendo también aguas ácidas por rebose hacia el río Moche. ANA	Parámetros físicos pH: los valores reportados se encuentran fuera del rango establecido por los ECA-Agua, representando un valor ácido con 2.86 unidades de pH. Conductividad: en RMoch2 se tuvo el valor más alto de 1046 uS/cm, pero aun así cumple con la normativa. Oxígeno Disuelto: se reportó un valor de 8.39 mayor a 4 mg/L que establece el ECA.
	Pasivo minero- Minera Almirvilca	Parámetros Químicos Arsénico: en esta estación los valores superan entre 4 a 12 veces los ECA-Agua, obteniendo los valores de 0.412 mg/L y 1.244 mg/L en el mes de febrero y noviembre respectivamente. Cadmio: los valores superan los ECA-Agua de 0.01 mg/L, con concentraciones de 0.019 y 0.033 mg/L
	Cancha de relaves, arrastrada hacia la zona del río Moche. (MINEM)	Hierro: en ambas estaciones los resultados superan de manera significativa el valor establecido por la norma, siendo el mayor de 80.5 mg/L en noviembre.
	Pasivo minero- Mina La Paloma	Mercurio: los valores reportados los dos periodos de monitoreo estuvieron por debajo del ECA-Agua de 0.001mg/L. Zinc: ninguno de los resultados cumple con la normativa, presentan una concentración máxima de 20.5 mg/L.
	Cancha de desarsenización que se usó para beneficio de minerales como arsénico, plata, oro y cobre.	Parámetros microbiológicos Coliformes termotolerantes: los resultados se encuentran por debajo de los 1000 NMP/100mL establecidos en el ECA-Agua, pero se ha reportado un valor mínimo en esta estación de 2 NMP/100mL. Este valor sugiere la presencia de actividad humana en los centros poblados cercanos.
	Pasivos de pequeña minería	Interpretación
	Acumulaciones de minerales en cancha y afloramientos. Concentradora Mótil	Esta estación se ubica en el área de influencia directa de las actividades mineras más significativas de la zona. Se han registrado concentraciones elevadas de metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn). Además, estos altos niveles de metales pesados también se reflejan en la disminución de los valores de pH, indicando una afectación a la acidez del agua.
	Procesos de beneficio de amalgamación de minerales.	

Fuente: Díaz Díaz, 2023

Tabla 7. Relación de las actividades y la calidad de agua en la estación de monitoreo puente Constančia.

Puntos de Monitoreo	Actividades Económicas	Calidad de Agua
Puente Concon RMOch6		Parámetros físicos
		pH: en el primer monitoreo el valor de 6.66 unidades de pH cumplen con la normativa, pero en el segundo monitoreo el valor fue ácido con 3.22 unidades de pH.
		Conductividad: se mostró su valor más bajo durante el mes de febrero en esta estación, alcanzando 250 uS/cm. Sin embargo, ambos valores registrados cumplen con la normativa establecida.
	Actividades Mineras	Oxígeno Disuelto: en el segundo monitoreo, se registró el valor más alto de oxígeno disuelto de todos los muestreos, alcanzando 8.39 mg/L. Es importante destacar que este valor cumple con el requisito establecido en el ECA-Agua, que exige un mínimo de 4 mg/L.
	Samne	Parámetros Químicos
	Se identificó un pasivo ambiental minero que se manifiesta en zonas erosionadas que alcanzan la margen derecha del Río Moche.	Arsénico: los valores exceden los límites establecidos en los ECA-Agua, alcanzando el valor máximo de 0.188 mg/L en el mes de noviembre.
	Canteras de caliza de Simbal	Cadmio: en el segundo monitoreo de la estación, se registró el valor más alto de cadmio con 0.054 mg/L, mientras que en el primer monitoreo se obtuvo el valor más bajo con 0.007 mg/L, el cual cumple con la normativa, a diferencia del valor obtenido en la primera medición.
	Conformado por dos unidades de desarsenización diseñadas para la extracción de minerales como arsénico, plata, oro y cobre.	Hierro: todos los resultados superan el valor establecido por la norma, siendo el menor de todos los monitoreos de 9.25 mg/L en noviembre.
		Mercurio: los valores reportados en cada monitoreo estuvieron por debajo del ECA-Agua de 0.001mg/L.
	Actividades de comercio	Zinc: en esta estación, se han registrado los valores mínimos y máximos de zinc, siendo 1.451 mg/L en febrero y 56.9 mg/L en noviembre, respectivamente. Sin embargo, ninguno de estos resultados cumple con la normativa establecida.
	Los residuos incluyen desperdicios domésticos, papeles, cartones, latas, trapos, plásticos, vidrios y cenizas generadas por el uso de carbón de piedra para calefacción.	Parámetros microbiológicos
		Coliformes termotolerantes: los resultados no superan los 1000 NMP/100mL establecidos en la normativa, pero se reporta el valor máximo en esta estación con 550 NMP/100mL.
		Interpretación
		Esta estación se encuentra en la cuenca media del río Moche, donde las actividades mineras tienen una menor relevancia, pero se observa un incremento en las actividades comerciales. Aunque las concentraciones de metales pesados superan la normativa, son menores que las reportadas en la primera estación. No obstante, es evidente la presencia de valores de coliformes termotolerantes provenientes de las aguas residuales de la población.

Fuente: Díaz Díaz, 2023

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la calidad del agua, con valores de pH que oscilan entre 2.86 en RMoche2 y 3.22 unidades de pH en RMoch6. Ambos valores indican la acidez del agua, confirmando que se trata de un cuerpo de agua ácido, ya que el rango estándar para pH es de 6.5 a 8.5. Esto sugiere que la acidez del agua es causada por la presencia de metales pesados provenientes de los relaves mineros. Esta afirmación se corrobora con la investigación de Romero & Flores (2010), quienes concluyen que la reducción del pH se produce debido a descargas de aguas ácidas provenientes de los relaves mineros, lo que genera una mayor disminución del pH. Estos investigadores llegaron a este resultado tras efectuar mediciones de agua superficial en la cuenca del río Santa.

La conductividad eléctrica (CE), del agua está relacionada con la concentración de sales disueltas, cuya disociación genera iones capaces de transportar corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, lo que provoca que la conductividad varíe según la temperatura del agua. La mayoría de las fuentes de abastecimiento presentan conductividades que oscilan alrededor de (50-549) $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las nacientes, aunque hay algunas excepciones. Esta afirmación se basa en la investigación “La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica” (Solis, 2018). En nuestra investigación, la conductividad eléctrica presentó valores entre 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RMoche6 y 1046 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RMoche2 en ambas estaciones. Estos resultados indican que este parámetro se encuentra dentro del valor de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido en los ECA para agua categoría 3 D1 y D2 (Ministerio del Ambiente, 2017).

En cuanto al oxígeno disuelto (OD), el ECA para aguas de categoría 3 establece que debe ser ≥ 4 mg/L. En la estación RMoche2 se obtuvo 5.66 mg/L y en la estación RMoche6, el valor fue de 8.39 mg/L. Estos valores indican que el agua no está experimentando una buena oxigenación, lo que afecta la capacidad de recuperación del agua y compromete la subsistencia de la vida acuática. Esta conclusión se relaciona con la afirmación de Custodio & Chaname (2016), quienes señalan que valores elevados de oxígeno disuelto pueden generar problemas para la biota acuática, lo que afecta la riqueza y los patrones de distribución de las familias de macroinvertebrados bentónicos.

En la Tabla 5, también se pueden observar altas concentraciones de arsénico en las estaciones Puente Concón (RMoch2), con 1.244 mg/L y Puente Constancia (RMoch6), con 0.288 mg/L. Ambos resultados superan los límites establecidos en los ECA, lo cual está relacionado con las actividades mineras identificadas en las Tablas 6 y 7. La actividad minera contribuye de manera significativa a la presencia de este elemento en las aguas, y esto coincide con la información proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua en 2018, que considera al arsénico como un metal pesado venenoso y altamente tóxico en aguas naturales, cuya presencia se debe a descargas industriales. Los valores de cadmio en la estación RMoche2 fueron elevados, con mediciones de 0.019 mg/L y 0.033 mg/L, mientras que en RMoche2, se obtuvo el valor más alto de 0.054 mg/L. Estos resultados superan los límites establecidos en el ECA para agua categoría 3, riego de vegetales D1 (MINAM, 2017). Esta situación está

directamente relacionada con las actividades de minería identificadas en ambas estaciones evaluadas. Las concentraciones elevadas de cadmio pueden ser altamente tóxicas para el medio ambiente y la vida acuática. De acuerdo con la investigación de Méndez et al. (2009), el cadmio es un elemento que se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, pero también puede ser liberado como resultado de las actividades mineras y de fundición. Este elemento no puede ser fácilmente degradados o destruidos de forma natural o biológica, ya que no tiene funciones metabólicas específicas para los seres vivos. La concentración más elevada de hierro fue de 46.545 mg/L en la estación de monitoreo RMoch2 y 17.567 mg/L en la estación RMoch6, ambos valores superan los límites establecidos en los ECA, cuyo valor promedio es de 5 mg/L. Estos niveles elevados de hierro se explican principalmente por la tendencia natural de los metales a precipitar y su escasa solubilidad al entrar en contacto con el agua y el aire, lo que da lugar a la formación de piritita y ácido sulfúrico, conocido como drenaje ácido de mina (DAM). El hierro disuelto en estas concentraciones es altamente tóxico, ya que acidifica las aguas, lo que puede interrumpir la cadena trófica y afectar negativamente a la flora y fauna. De acuerdo con AMAS (2011), este fenómeno de drenaje ácido de mina puede tener efectos devastadores en el ecosistema acuático, pudiendo causar la desaparición de especies de flora y fauna. El resultado del plomo mostró concentraciones elevadas en la estación RMoche2, obteniendo 0.373 mg/L, mientras que en la estación RMoch2 se registraron 0.269 mg/L. Ambos resultados superan los límites establecidos en los ECA para agua categoría 3 (Ministerio del Ambiente, 2017). El plomo, debido a su elevada

toxicidad, puede tener un impacto alarmante en la salud humana a través de una exposición prolongada o por su bioacumulación en el organismo. Además, es un elemento tóxico para los organismos acuáticos. La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece que el límite permitido para el consumo diario de alimentos por el ser humano es de 0.010 mg/L de plomo. En esta investigación, se ha demostrado que los valores de este parámetro superan los límites establecidos para agua, lo que es preocupante, considerando que los agricultores de la cuenca baja del río utilizan estas aguas para el riego de sus cultivos, como piñas y hortalizas, entre otros. El plomo, siendo un metal de fácil bioacumulación, especialmente en hortalizas y frutales, puede afectar la salud humana cuando se consumen estos alimentos contaminados, ya que se acumula en el organismo (OMS, 2006). Los valores obtenidos para el zinc fueron de 20.500 mg/L en la estación RMoch2 y 56.900 mg/L en la estación RMoch6. Ambas concentraciones superan los límites establecidos en los ECA para agua categoría 3, cuyo valor es de 2 mg/L. Este parámetro es un indicador de la presencia de relaves mineros, que son residuos sólidos sin valor comercial y que son almacenados en las llamadas relaveras. Cuando no se tienen en cuenta diseños adecuados de construcción, operación y mantenimiento, estos relaves pueden generar un impacto negativo en el medio ambiente (1995).

Los valores registrados en las estaciones de monitoreo Puente Constancia y Puente Concón evidencian la presencia de metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn), lo cual está afectando la calidad del río Moche. Se atribuye

el origen de estos metales a los efluentes mineros provenientes de la Unidad Minera Quiruvilca y a los relaves mineros, lo que representa un riesgo para la salud de la población. Es importante tener en cuenta que el agua del río Moche es utilizada para el riego de vegetales por los agricultores en la cuenca baja del río, y la bioacumulación de estos metales puede ser altamente tóxica para la salud de las personas, causando daños al sistema nervioso y enfermedades cancerígenas. Esta preocupación se corrobora con la investigación de Villalba et al. (2000), quienes encontraron elevadas concentraciones de metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn), en el agua debido a los desechos ácidos provenientes del Depósito Concentradora Vieja, que además causaron una coloración rojiza del agua, indicando la presencia de hierro. Diversas investigaciones han demostrado la elevada toxicidad de los metales pesados, concluyendo que el impacto en la salud por una exposición prolongada o por la bioacumulación de estos elementos es alarmante. Estas afecciones pueden ir desde daños en órganos vitales hasta el desarrollo de enfermedades cancerígenas (Combariza, 2009; Nava-Ruíz & Méndez Armenta, 2011). Es relevante mencionar casos históricos, como el ocurrido en Japón en la década de los cincuenta, donde la población que vivía aguas abajo de una zona minera de zinc (Zn), plomo (Pb) y cobre (Cu), se vio afectada por el consumo de arroz contaminado con cadmio (Cd), procedente de los vertimientos de las minas. Esta ingesta provocó una enfermedad conocida como Itai-Itai o osteoartritis, que afecta principalmente el tejido óseo (Sánchez et al., 2010). También se han reportado casos de envenenamiento, principalmente por plomo (Pb), en la población infantil de Torreón, Coahuila, ubicada en el norte-

centro de México, debido a actividades industriales que incorporan este metal a la cadena alimenticia y al agua (Valdés, 1999).

El monitoreo de calidad del agua en las estaciones Puente Constancia y Puente Concón indican que no se detectó la presencia de mercurio (Hg), en el agua. Es importante destacar que este elemento se encuentra comúnmente en ríos de la Amazonia, donde se desarrolla la minería aluvial y se utiliza el mercurio para recuperar el oro.

Para el parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes, se registraron valores de 230 NMP/100mL en la estación RMoch2 y 550 en RMoch6. Estos valores indican la presencia de centros poblados que descargan sus aguas residuales sin previo tratamiento. La presencia de coliformes termotolerantes en el agua puede tener un impacto significativo en el ecosistema acuático, ya que modifica el hábitat en el que se desarrollan los organismos.

La Figura 2 presenta los valores calculados del Índice de Calidad de Agua para las estaciones LGran1, RMoch2 y RMoch6. En la estación de monitoreo de referencia ubicada en la Laguna Grande, se obtuvo una calificación de “Excelente”. Esto confirma que la calidad del agua en esta estación se encuentra protegida sin amenazas, daños y presencia de actividades económicas que puedan afectarla. Sus condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados, lo que indica que los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites adecuados según los ECA-Agua. La estación ubicada en Puente Constancia (RMoch2), se obtuvo una calificación

de “Regular”. Este resultado se basa en el procesamiento de 96 datos, de los cuales 53 no cumplieron con los Estándares de Calidad de Agua. Estos resultados evidencian la influencia de las actividades económicas en la disminución de la calidad del recurso hídrico en esta estación. Específicamente, se relaciona con la actividad minera, que se identifica como la principal fuente contaminante en esta zona de estudio. Por otro lado, para la estación Puente Concón (RMoch6), se obtiene una calificación de “Buena” en el Índice de Calidad de Agua. De los 96 datos evaluados, solo 28 de ellos no cumplen con el ECA-Agua. Esta calificación sugiere que el río tiene una capacidad relativamente alta de autodepuración, lo que significa que puede tolerar cantidades moderadas de contaminantes y recuperarse de manera efectiva de ciertos impactos (Ambientum, 2020). Además, es posible que la disminución de las actividades mineras en la zona haya contribuido a la mejora de la calidad del agua.

La determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE), nos permite evaluar la calidad del recurso hídrico de manera más confiable y sencilla. Este índice se basa en una escala de 0 a 100, que se obtiene al integrar los parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos obtenidos en campo y comparar los resultados con los rangos establecidos en el ECA-Agua por la Autoridad Nacional del Agua (2018). Este enfoque metodológico ha sido utilizado previamente por Alarcón (2019), para calcular la calidad del río Rímac en Lima, así como por Gutiérrez (2018), para analizar la calidad del agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha en Puno.

En las Tablas 6 y 7 se presentan las actividades económicas registradas en campo en las estaciones RMoch2 y RMoch6. En la estación RMoch2, la actividad minera prevalece, mientras que en la estación RMoch6 se caracteriza por presentar actividades de minería y comercio. Estas evidencias nos permiten determinar que las actividades económicas tienen un impacto en el deterioro de la calidad del agua del río Moche en las estaciones evaluadas en este estudio. La calidad del agua se define como las condiciones en las que se encuentra el agua en relación con sus características físicas, químicas y biológicas, ya sea en su estado natural o después de ser alterada por la actividad humana (Monroy, 2011). Además, el concepto de calidad del agua también se relaciona con el uso que se le da a este recurso, lo que significa que puede variar según el tipo de uso que se le destine. Por lo tanto, los requisitos para la calidad del agua se establecen de acuerdo con su uso específico, siguiendo estándares definidos por los usuarios (Harrison, 2003). Es importante destacar que el concepto de calidad del agua puede interpretarse de diferentes formas según las perspectivas de quienes lo planteen. Sin embargo, no podemos negar la importancia de mantener la calidad del agua para satisfacer las necesidades del ser humano, ya que está directamente relacionada con las actividades que este realiza. La alteración de la calidad del agua tiene un impacto directo en el ser humano, y puede generar problemas como el aumento de costos en el tratamiento del agua para consumo humano, riesgos para la salud de la población, la imposibilidad de utilizar el agua para diversos fines, impactos negativos sobre la vida acuática y la industria pesquera, así como una disminución del valor estético y recreativo del recurso hídrico (FAO, 1992; Cardona, 2003).

Capítulo 4

Colofón

Conclusiones

Las conclusiones que se obtuvieron con la presente investigación son las siguientes:

Se establece una relación directa entre las actividades económicas y la calidad del agua del río Moche en las estaciones Puente Constancia y Puente Concón.

Se evaluaron diversos parámetros físicos, inorgánicos y microbiológicos del río Moche en ambas estaciones (Puente Constancia–RMoch2, y Puente Concón–RMoch6) y se compararon con los estándares establecidos en el ECA-Agua Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales–Subcategoría D1: Riego de Vegetales, donde se encontró que:

- Los parámetros físicos de pH y conductividad exceden los límites permitidos.
- Los parámetros inorgánicos de arsénico, fierro, mercurio, plomo y zinc también superan los límites permitidos.
- Los parámetros microbiológicos están por debajo de 1000 NMP/100 mL, cumpliendo con los estándares.

Se identificaron las principales fuentes que pueden afectar la calidad del agua del río Moche en ambas estaciones (Puente Constancia–RMoch2, y Puente Concón–RMoch6). La actividad minera es la principal fuente, contribuyendo con la presencia de

metales pesados en el agua debido a vertimientos y/o desechos industriales. En el caso de Puente Constancia, se asocia exclusivamente con actividades mineras, mientras que, en Puente Concón, además de la minería, también se observan actividades comerciales.

Se calculó el Índice de Calidad de Agua (ICA), en ambas estaciones, obteniendo un índice de “Regular” para la estación del Puente Constancia (RMoch2) y un índice de “Buena” para la estación del Puente Concón (RMoch6).

Recomendaciones

El Estado peruano, a través de sus entidades públicas y representantes de colectivos ciudadanos encargados de aplicar las normas ambientales, debe llevar a cabo acciones preventivas, de monitoreo, supervisión y control para abordar la contaminación del agua del río Moche. Esta contaminación podría tener graves repercusiones en la salud de la población que consume hortalizas y verduras regadas con agua del río.

En el contexto de la Declaratoria de Emergencia del río Moche, es necesario elaborar y gestionar un proyecto integral que incluya medidas estructurales para la protección y control de las relaveras abandonadas por la Unidad Minera Quiruvilca. La situación representa un peligro inminente debido a la posibilidad de desbordes o potenciales rupturas de estas relaveras, lo que podría ocasionar un daño ambiental significativo y afectar el bienestar de la población en Shorey, así como su salud.

Como alternativa desde el punto de vista ambiental para la recuperación del río Moche, se sugiere considerar el uso de biotecnologías. Estas comprenden la aplicación de organismos y microorganismos resistentes o tolerantes a la presencia de metales pesados, la fitorremediación mediante el uso de plantas con potencial biorremediador y la utilización de biopolímeros con capacidad adsorbente de metales.

Además, es esencial llevar a cabo la reforestación de las riberas del río con especies de árboles nativos. Esta medida es fundamental para mantener el equilibrio en los ecosistemas acuáticos de los ríos, ya que las especies arbóreas aportan oxígeno al agua y pueden actuar como barreras para contener los contaminantes que se encuentran en volatilización.

Propuesta

Fundamentación (bases teórico-prácticas)

La Autoridad Nacional del Agua, a través de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) IV Huarney-Chicama, en conjunto con la Administración Local del Agua Moche Virú Chao, ha llevado a cabo monitoreos periódicos de calidad de agua desde los años 2012 hasta 2020. Estos monitoreos han evaluado los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del río Moche, y los resultados obtenidos a lo largo de este período han revelado valores que exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs). A

través de los reportes de monitoreo de calidad de agua del río Moche realizados por la Autoridad Nacional de Agua, se ha obtenido una visión amplia de la contaminación de las aguas, especialmente en lo que respecta a la presencia de metales pesados. Estos resultados son fundamentales para plantear estrategias y líneas de acción que aborden la problemática de la contaminación del agua en la zona.

En este sentido, es de suma importancia comprender el estado actual del medio ambiente, lo que generalmente implica llevar a cabo estudios exhaustivos como base para la toma de decisiones y la implementación de medidas de protección y conservación (Boon, 1992). El conocimiento obtenido a través de estos monitoreos es crucial para la gestión y preservación adecuada de los recursos hídricos, permitiendo identificar las áreas críticas que requieren intervenciones y acciones inmediatas para proteger la salud de las personas y el ecosistema en su conjunto

Descripción de la propuesta

La propuesta planteada en esta investigación es la recuperación y restauración del río Moche, considerando su afectación en la calidad del agua de la cuenca, la escasa presencia de hábitats acuáticos y la alta degradación del ecosistema. La recuperación o rehabilitación de los ríos implica el restablecimiento de su estabilidad natural y de sus funciones propias (Rosgen, 1997). Es fundamental crear conciencia entre los diferentes actores involucrados sobre la importancia del cuidado y conservación de estos recursos. Por esta razón, el desarrollo

de proyectos para la recuperación de ríos se ha convertido en un tema de interés y estudio destacado en la actualidad (Wenger et al., 2009).

Estrategias de implementación de la propuesta

Se plantea la elaboración y gestión de un proyecto integral a largo plazo que contemple las siguientes acciones:

Planes de Zonificación: como herramienta para la gestión integral de los recursos hídricos, se propone implementar planes de zonificación que permitan mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de los recursos y la conservación del ecosistema presente en la cuenca.

Cubiertas vegetales: la reforestación con especies vegetales nativas en las cuencas alta, media y baja del río Moche. Estas cubiertas vegetales favorecerán una mejor captación de aguas pluviales y la formación de superficies permeables con césped y gravas, así como la implementación de franjas filtrantes que permitan la sedimentación de partículas contaminantes y las separen de la escorrentía. Se utilizarán plantones forestales de pino y eucalipto en etapa de repique y embolsado, en alianza con la Agencia Agraria y la Municipalidad de Agallpampa.

Recuperación del río: Se busca maximizar las ventajas que derivan del análisis de experiencias prácticas existentes para lograr la recuperación del río Moche. Se considera este estudio como una línea base para el desarrollo futuro de nuevas herramientas, técnicas

y procedimientos para la restauración del río. Entre los objetivos de recuperación se encuentran:

- Aumentar y mejorar los usos estéticos y recreacionales del río, para que sea disfrutado y valorado por la comunidad.
- Controlar inundaciones naturales, lo que reducirá el costo de mantenimiento y protegerá a las comunidades cercanas.
- Restaurar los servicios ecosistémicos del río, promoviendo la biodiversidad y el equilibrio del ecosistema acuático.
- Mejorar la calidad del agua del río, implementando acciones para reducir la contaminación y restaurar su estado natural.

Evaluación de la propuesta.

Para evaluar la eficacia de la propuesta se tendrá en cuenta Indicadores

1. Alcance

El alcance son los resultados previstos de la propuesta y la labor que debe realizarse para lograr esos resultados. Se describirían los objetivos específicos, los entregables, las características, etc., que se espera de la propuesta, además de las tareas, los plazos y los costos que se necesitarán para lograrlo.

Se utilizará el Diagrama de Gantt como herramienta de seguimiento para visualizar el cronograma de actividades y asegurarse de que la propuesta avance de acuerdo con el alcance previsto. Este diagrama permitirá tener una visión clara del progreso del proyecto, identificar posibles desviaciones y tomar acciones correctivas en caso necesario, garantizando así el cumplimiento del alcance establecido.

2. Programación

Se evaluará también la línea de tiempo para el desarrollo de la propuesta. Abarca no sólo la fecha de cierre final, sino también los hitos importantes y los plazos de las tareas a lo largo del proceso. También se usará la herramienta de Diagrama de Gantt y los indicadores serán:

- Porcentaje de tareas completadas
- Tareas pendientes del proyecto
- Hitos perdidos
- Índice de rendimiento de programa: $\text{Valor de terminación (EV) / valor planificado (PV)}$

3. Presupuesto

Para realizar un seguimiento detallado del presupuesto, se empleará una Base de Datos de Gastos que permita estimar con mayor

precisión los costos asociados a la propuesta. Los KPIs (Indicadores Claves de Rendimiento) específicos para rastrear el cumplimiento del presupuesto son los siguientes:

- Valor planificado
- Costo real
- Valor ganado
- Índice de rentabilidad: $\text{Valor ganado (EV)} / \text{coste real (AC)}$

Referencias

- Achkar, M., Domínguez, A., & Pesce, F. (2012). *Cuenca del Río Santa Lucía – Uruguay: Aportes para la discusión ciudadana*. Amigos de la tierra Uruguay. <https://www.redes.org.uy/wp-content/uploads/2012/12/Publicacion-Santa-Lucia-WEB.pdf>
- Aguilar Ibarra, A. (2010). *Calidad de agua: Enfoque multidisciplinario*. UNAM.
- Alarcón, J. (2019). *Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Alfranca, O. (2012). Evolución del Pensamiento Económico sobre los Recursos Naturales. *Revista Nuevas Corrientes de Pensamiento Económico*, 865, 79-90.
- Aliaga Martínez, M. (2010). *Situación Ambiental del Recurso Hídrico en la Cuenca Baja del Río Chillón y su factibilidad de recuperación para el desarrollo sostenible* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Alina Ratto, M., Vega Lette, C., & Garrido Alva, T. (1983). *Control microbiológico de leche y productos lácteos: Métodos recomendados*. CLEIBA.
- Ambientum. (2020). Ríos. Ambientum. https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/rios.asp
- Apaza Porto, H. (2016). *Determinación del contenido de Mercurio en Agua y sedimentos del Río Suches-Zona Bajo Paria Cojata–Puno* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). Informe Del Primer Monitoreo 2014 De La Calidad De Agua Superficial De La Cuenca Del Río Rímac: Informe Técnico N° 074-2014-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JLTV.

- Autoridad Nacional del Agua. (2015). Resultado del Monitoreo Participativo de Calidad de Agua de la Cuenca Río Moche, La Libertad-Perú, Noviembre 2015: Informe Técnico N°023-2016-ANA-ALAMVCH
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Resultados del monitoreo participativo de calidad de agua superficial en la cuenca del río Moche, La Libertad-Perú 2018: Informe Técnico N°055-2018-ANA.AAA.HCH-AT/OEAU.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales: Resolución Jefatural N°068-2018-ANA.
- Baird, R., Bridgewater, L. (1985). *Estandar methods for the examination of water and wastewater*. Health Association.
- Barrantes, R., y Iguíniz, J. (2004). *La investigación económica y social en el Perú. Balance 1999-2003 y prioridades para el futuro: Medio Ambiente y recursos naturales*. PUCP.
- Bocanegra, S. (2015). *Calidad de agua para uso agrícola y conservación de recursos en la Cuenca Baja del Río Moche, Julio-Diciembre 2014* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Boon, P. J. (1992). *Essential Elements in the Case for River Conservation*. River Conservation and Management, Wiley, Chichester, UK.
- Cardona, A. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras* [Tesis de pregrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].
- Casilla S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la Cuenca del Río Suchez* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (2017). *Perú 2030: Tendencias Globales y Regionales*. CEPLAN.
- Correa, W. (2012) *Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la cuenca alta del río Moche, La Libertad. Octubre 2011–Marzo 2012* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]
- Corzo, A. (2015). *Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la Microcuenca Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Custodio, M., & Chaname, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33 – 44.
- De La Rosa, L. (2014). *Análisis Espacio-Temporal del Monitoreo de la Calidad del Agua del Río Grande de Santiago, y sus implicaciones a la Salud Ambiental* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara].
- Espinoza, T., Espinoza, L. (2005). *Impacto de la minería en la calidad del agua en la microcuenca del Río Artiguas. Énfasis en metales pesados* [Tesis de Pregrado, Universidad Centroamericana].
- Flores, G. (2004). *Evaluación de la contaminación generada por el vertido de aguas residuales provenientes de la industria textil en Zinapécuaro, Michoacán*. [Tesis de Maestría, Instituto Politecnico Nacional].
- González, R. (2012). Los derechos humanos y el riesgo que causa el agua contaminada del río Moche en Trujillo, Perú. *Revista “Ciencia y Tecnología”*, 8(22), 181-197.
- Gutiérrez V. (2018). *Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME–WQI y el ICA–PE, Puno – 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Unión].

- Hoaglin, D., Mosteller, F., y Tukey, J. (1983). *Understanding robust and exploratory data analysis*. WILEY.
- Huaranga, F., Méndez, E., y Quilcat, V. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Revista Scientia Agropecuaria*, 3, 235-247.
- Huerta P., Loli, O. (2014). Erosión Hídrica en la Cuenca Alta del Río Moche. *Revista de Ecología Aplicada*, 13(1), 15-22.
- Ibáñez, G. (2012). *Elaboración de un Plan de Manejo Ambiental para la Conservación de la Sub Cuenca del Río San Pablo en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2008). *IV Censo Nacional Económico 2008*. INEI. <http://censos.inei.gob.pe/ce-nec2008/definiciones.asp>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2005) *Estudio Hidrogeológico del Valle Moche*. ANA. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrogeologico_moches_0_0.pdf
- Meadows, D., Randers, J., Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento. Informe al Club de Roma sobre el Predicamento de la Humanidad*. Fondo de Cultura Económica.
- Méndez Fajardo, S., Lara-Borrero, J., y Moreno, G. (2007). Estudio preliminar de los niveles de cadmio en arroz, frijoles y lentejas distribuidos en supermercados de Bogotá y plazas de Manizales. *Fitotecnica Colombiana*, 7(2), 40–47.
- Ministerio de Agricultura. Alimentación y Medio Ambiente. (2000). *Libro Blanco del Agua: La calidad de las aguas*. Hispagua. <http://hispagua.cedex.es/node/66958>
- Ministerio de Energía y Minas. (1997). *Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planteamientos para la reducción o eliminación de la contaminación de Origen minero en la Cuenca del Río Moche*. Ministerio de Energía y Minas

- Ministerio del Ambiente (2012). *Glosario de terminos para la formulación de Proyectos Ambientales*. REDIAM. <http://biam.minam.gob.pe/novedades/glosarioterminosambientales.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA)*. El Peruano. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Neyra, E., y Llenque, E. (2011). *Grado de Contaminación por Relaves Mineros en la Cuenca del Río Moche (Departamento de La Libertad)* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Organización Mundial de Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Organización Mundial de la Salud.
- ONU-DAES (2014). Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Pacheco, M. (2004). *Conciencia Ecológica: Garantía de un Medioambiente Sano* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Rahn-Chique, K., Carrión, N., & Murillo, M. (2012). Determinación de cobre, magnesio y zinc en leucocitos mononucleares mediante espectrometría de absorción atómica con llama. *Investigación Clínica*, 53(4), 342-352. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0535-51332012000400003&lng=es&tlng=es.
- Ramírez, V., y Antero, J. (2014) Evolución de las Teorías de Explotación de Recursos Naturales: Hacia la creación de una nueva ética mundial. *Luna Azul*, 39, 291-313.

- Rapal, U. (2010). *Contaminación y eutrofización del agua: Impactos del modelo de agricultura industrial*. RAPAL. <http://www.rapaluru-guay.org/agrotoxicos/Uruguay/Eutrofizacion.pdf>
- Romero Baylón, A., Flores Chávez, S., & Pacheco Luján, W. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 13(25), 61-69. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v13i25.2753>
- Salas Urviola, F. B. (2014). Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú. *Revista de Investigaciones*, 5.
- Santiago, A. (2009). La Globalización del Deterioro Ambiental. *Revista Aldea Mundo*, 14 (27), 63-72.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2008). *Monitoreo de la Calidad de agua de los ríos en el Perú*. ANA
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., & Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Tello, M. (2008). *Desarrollo Económico Local, Descentralización y Clusters: Teoría, Evidencia y Aplicaciones*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- UNESCO. (2003). *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: Agua para todos, agua para la vida*. UNESCO <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>
- UNESCO. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015: Agua para un Mundo Sostenible-Datos y Cifras*. UNESCO <https://acortar.link/daAxzH>

- UNESCO. (2017). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2017: Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. UNESCO <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>
- Urcuqui Bustamante A. (2011). *Conservación y conflictos Socioambientales en la Cuenca Media-Alta del Río Cali, Valle del Cauca, Colombia* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana].
- Valdés, F. (1999). *La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México*. CILADHAC. <http://www.texascenter.org/publications/torreon.pdf>.
- Vargas, C. (2015). *Gestión integrada del agua de riego en la Cuenca baja del río Moche, Trujillo-Perú* [Tesis de maestría, Universidad de Piura].
- Ventura, B., y Delgado, S. (2010). *Contabilidad General y Tesorería*. PARAINFO S.A
- Zavala Carrión, B., & Guerrero Bohorque, C. (2006). *Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Ramis*. INGEMMENT



Religación **Press**

Ideas desde el Sur Global



Religación Press

ISBN: 978-9942-664-04-4



9 789942 664044