



Calidad de agua de uso agrícola en la Inter cuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano mediante análisis multivariado en el periodo 2020-2021

Water Quality for Agricultural Use in the Alto Marañón IV-ALA Llaucano Chotano Inter-Basin Area: A Multivariate Analysis of the 2020-2021 Period

Consuelo Plasencia Alvarado¹, Claudia Carolina Rodríguez Ulloa¹, Yesenia Rosmery Amaya Noriega¹

¹Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú

Resumen

El estudio sobre la calidad del agua de uso agrícola en la intercuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano durante el periodo 2020-2021 se realizó mediante un análisis multivariado, evaluando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La zona de estudio abarcó una superficie de 10,240 km² y comprendió 41 puntos de monitoreo. Se aplicaron pruebas de adecuación como la de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett, que confirmaron la idoneidad del análisis de componentes principales (ACP). Los resultados revelaron que cinco parámetros superaron los estándares de calidad ambiental (ECA), entre ellos cobre, hierro, manganeso, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Asimismo, en varios puntos se superaron los límites para la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfatos, aluminio, arsénico, plomo y zinc. El análisis de los componentes principales mostró que el 65,75 % de la variabilidad de los datos se explicó con tres componentes: el primero relacionado con sulfatos, aluminio, arsénico, cobre, hierro y manganeso; el segundo con bicarbonatos, cloruros, DBO y DQO; y el tercero con coliformes termotolerantes y *E. coli*. Los resultados indican que la calidad del agua es deficiente, siendo las principales fuentes de contaminación la actividad minera y las descargas domésticas e industriales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de medidas de manejo integrado para mejorar la calidad del agua en la región, especialmente en el uso agrícola.

Palabras clave

Calidad de agua, agrícola, análisis multivariado

Abstract

The study on water quality for agricultural use in the Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano watershed during the period 2020-2021 was conducted through a



multivariate analysis, evaluating physicochemical and microbiological parameters. The study area covered a surface of 10,240 km² and included 41 monitoring points. Adequacy tests, such as Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett's test, confirmed the suitability of the principal component analysis (PCA). The results revealed that five parameters exceeded the environmental quality standards (ECA), including copper, iron, manganese, thermotolerant coliforms, and *Escherichia coli*. Additionally, several points exceeded the limits for biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), sulfates, aluminum, arsenic, lead, and zinc. The principal component analysis showed that 65.75% of the data variability was explained by three components: the first related to sulfates, aluminum, arsenic, copper, iron, and manganese; the second to bicarbonates, chlorides, BOD, and COD; and the third to thermotolerant coliforms and *E. coli*. The results indicate that water quality is deficient, with the main sources of contamination being mining activities and domestic and industrial discharges. These findings highlight the need for integrated management measures to improve water quality in the region, particularly for agricultural use.

Keywords

Water quality, agricultural, multivariate analysis

Introducción

La investigación se centra en evaluar la calidad del agua de uso agrícola, examinando sus características físicas, químicas y biológicas, las cuales pueden ser alteradas por actividades humanas. Esta evaluación se realiza comparando los parámetros del agua con estándares internacionales para garantizar que sea apta para su uso en la agricultura (Fundación AQUAE, 2023). La Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha implementado laboratorios y programas de monitoreo regular para identificar contaminantes y controlar los vertimientos en diversas cuencas, asegurando la calidad del agua (Autoridad Nacional del Agua [ANA], s. f.; Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Dado que la agricultura de regadío consume el 70% del agua a nivel mundial, es esencial controlar su calidad; para ello, el análisis multivariado constituye una herramienta clave que permite identificar patrones y factores críticos para la gestión sostenible del recurso hídrico (ISDI, 2024; Secretaría de Desarrollo Agropecuario, 2024).

El agua es fundamental para la vida, sustentando a gran parte de la población mundial y desempeñando un papel crucial en las actividades humanas y en los



ecosistemas terrestres (Cabildo, 2004). Las cuencas hidrográficas son esenciales para el suministro de agua dulce, utilizada para fines domésticos, agrícolas e industriales, además de brindar servicios como la generación de energía y el transporte fluvial (FAO, 2009; Londoño, 2001). Sin embargo, las actividades humanas mal gestionadas han deteriorado estos recursos, afectando el medio ambiente, la salud humana y la economía (Manrique-Abril et al., 2007). En el contexto agrícola, es vital mantener la calidad del agua, evaluando parámetros como salinidad, alcalinidad y toxicidad de metales pesados para asegurar su uso seguro en el riego (Panhwar et al., 2022). Desde 2009, la ANA ha monitoreado la calidad del agua en 98 cuencas hidrográficas, representando el 61.3% del total nacional, con el objetivo de proteger y recuperar estos recursos hídricos para su sostenibilidad en la agricultura (Autoridad Nacional del Agua [ANA] & Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos [DCERH], 2015).

Diversos estudios han evaluado la calidad del agua en distintas cuencas hidrográficas de América Latina, utilizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. En la microcuenca del río Chibunga, en Ecuador, se calculó un Índice de Calidad del Agua (ICA) basado en variables como pH, oxígeno disuelto y coliformes fecales, mostrando una calidad regular, aunque no apta para ciertos usos industriales (Veloz & Carbonel, 2018). En la cuenca del río Utcubamba se aplicaron métodos estadísticos multivariantes para identificar las principales fuentes de contaminación, revelando altos niveles de bacterias y compuestos químicos como nitritos y fosfatos (Gamarra et al., 2018). En la cuenca del Huallaga, Perú, se evaluaron 139 puntos de monitoreo, encontrándose que los principales contaminantes eran los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, que superaban ampliamente los límites permitidos (Cerna et al., 2022). Finalmente, un estudio en la cuenca del río Rímac identificó, mediante análisis de clúster y componentes principales, que la actividad minera, las descargas domésticas e industriales y la agricultura eran las principales fuentes de contaminación, con parámetros críticos como arsénico, hierro y coliformes termotolerantes (Alderete, 2022).

El agua es fundamental para el desarrollo sostenible, ya que es clave para la salud humana, los ecosistemas y la adaptación al cambio climático. Aunque los Objetivos de Desarrollo del Milenio abordaron el agua, no incluyeron un enfoque integral sobre sostenibilidad, derechos humanos e igualdad. Posteriormente, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas propuso un objetivo global



centrado en asegurar agua para todos de forma sostenible, reconociendo su papel crucial en la promoción de la dignidad humana y el desarrollo a largo plazo (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas [ONU-DAES], 2005–2015). El agua es un recurso limitado y esencial, cuya mala gestión ya afecta a millones de personas que viven en cuencas donde el uso del agua supera su recarga natural, proyectándose que para 2025 dos tercios de la población mundial podrían enfrentar escasez hídrica (ONU-DAES, 2005–2015). El agua cubre el 71% de la superficie terrestre y se encuentra en diferentes formas, como ríos, océanos, nubes y hielo, siendo vital tanto en su estado natural como por sus propiedades organolépticas y nutritivas (Carbajal & González, 2003; Hernández, 2010). Los ríos, al ser sistemas de circulación natural del agua, desempeñan un rol central en la distribución hídrica dentro de las cuencas, irrigando ecosistemas y conectando con mares y océanos (Campoblanco & Gomero, 2000; MINAGRI, 2020).

En los últimos años, la ANA ha implementado redes de monitoreo y evaluaciones para asegurar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua, generando una base de datos que ayuda en la toma de decisiones estratégicas sobre la gestión hídrica. Sin embargo, existe escasez de estudios sobre la calidad del agua para riego en la intercuenca del Alto Marañón IV y falta de conocimiento sobre los contaminantes que superan los estándares. Además, la ANA, como parte del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, ha creado el Observatorio del Agua, una plataforma digital interactiva que centraliza y facilita el acceso a información hídrica nacional, incluyendo datos sobre demanda de agua, proyectos de formalización, inventarios de pozos y otros aspectos relacionados con la gestión del recurso hídrico.

Material y métodos

Los datos utilizados fueron obtenidos a través de los monitoreos de calidad de agua realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y se analizaron 41 puntos de monitoreo durante los años 2020 y 2021. Se evaluaron 18 parámetros, incluidos bicarbonatos, cloruros, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfatos, metales como aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso, y microorganismos como coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. El análisis de los datos se realizó utilizando el programa estadístico SPSS versión 25, aplicando un análisis descriptivo para determinar las estadísticas clave (media, mediana, valor mínimo y máximo). Para identificar las principales fuentes de contaminación, se utilizó el análisis de componentes principales (ACP), precedido por las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin



(KMO) y Bartlett, que confirmaron la adecuación de los datos para esta técnica. El ACP permitió reducir la dimensionalidad de las variables, facilitando la visualización y el análisis de las principales fuentes de contaminación en la intercuenca.

Resultados y discusión

La Tabla 1 presenta los resultados descriptivos de los parámetros de calidad de agua evaluados en 41 puntos de monitoreo, revelando que cinco parámetros (cobre, hierro, manganeso, coliformes termotolerantes y *E. coli*) superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Además, al examinar los valores máximos, también se excedieron los límites de ECA en la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfatos, aluminio, arsénico, plomo y zinc. Los puntos de monitoreo con mayor número de parámetros por encima de los ECA fueron la quebrada Sinchai y el río Tingo. En la DBO se midió el contenido de material orgánico degradable por microorganismos, mientras que la DQO indicó la oxidación completa del material orgánico. La Tabla 2 muestra que los seis primeros componentes explican el 86,83% de la variabilidad de las variables originales, pero se optó por trabajar con los tres primeros componentes, que explican el 65,75% de la variabilidad total, para simplificar el análisis.

Tabla 1

Estadísticos descriptivos de los 18 parámetros de calidad de agua evaluados en los 41 puntos de monitoreo ubicados en la Inter cuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano

Parámetro	Unidad de medida	Media	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	ECA agua
Químicos:							
Bicarbonatos	mg/L	123,102	133,050	1,200	1,200	268,600	518
Cloruros	mg/L	5,099	1,564	0,061	0,061	31,105	500
DBO	mg/L	3,628	2,000	2,000	2,000	37,000	15
DQO	mg/L	11,736	8,000	8,000	2,000	92,750	40



Detergentes	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	,00233	0,2
							1000
Sulfatos	mg/L	128,726	15,086	1,596	1,596	1555,000	
Inorgánicos:							
Aluminio	mg/L	1,442	0,190	0,003	0,0030	35,890	5
Arsénico	mg/L	0,047	0,003	0,000	0,000	1,507	0,1
Boro	mg/L	0,037	0,007	0,003	0,003	,559	1
Cobre	mg/L	0,357	0,002	0,000	0,000	12,630	0,2
Hierro	mg/L	6,186	0,322	0,016	0,016	197,900	5
Manganeso	mg/L	0,892	0,039	0,000	0,000	17,970	0,2
Mercurio	mg/L	0,000083 8	0,000	0,000	0,000	0,0009	0,00 1
Níquel	mg/L	0,002	0,001	0,000	0,000	0,008	0,2
Plomo	mg/L	0,008	0,001	0,000	0,000	0,081	0,05
Zinc	mg/L	0,757	0,026	0,010	0,008	10,590	2
Microbiológico							
	s						
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	5343,997	73,500	1,80	1,80	140652,20	1000
	s						
Escherichia coli	NMP/100 mL	3739,820	31,000	1,80	1,80	92368,00	1000

**Tabla 2**

Varianza total explicada de los componentes extraídos de los 18 parámetros de calidad de agua evaluados en los 41 puntos de monitoreo ubicados en la Inter cuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
	Total	% varianza	% acumulado	Total	% varianza	% acumulado
1	7,269	40,385	40,385	7,269	40,385	40,385
2	2,563	14,241	54,626	2,563	14,241	54,626
3	2,004	11,131	65,757	2,004	11,131	65,757
4	1,609	8,936	74,694	1,609	8,936	74,694
5	1,108	6,157	80,851	1,108	6,157	80,851
6	1,077	5,982	86,833	1,077	5,982	86,833
7	,885	4,917	91,749			
8	,574	3,189	94,938			
9	,435	2,417	97,355			
10	,246	1,366	98,721			
11	,142	,790	99,511			
12	,033	,182	99,693			
13	,026	,145	99,838			
14	,015	,086	99,923			
15	,009	,052	99,976			
16	,004	,021	99,997			
17	,000	,002	100,000			
18	6,619E-5	,000	100,000			

**Tabla 3**

Matriz de componentes principales de los 18 parámetros de calidad de agua evaluados en los 41 puntos de monitoreo ubicados en la Inter cuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano

Parámetro	Componente		
	1	2	3
bicarbonato	-,393	,622	-,028
cloruros	-,060	,671	-,466
demanda bioquímica oxígeno	-,106	,730	-,175
demanda química de oxígeno	-,094	,753	-,272
detergentes	,074	,180	-,224
sulfatos	,934	,110	-,064
aluminio	,960	,059	,073
arsénico	,955	,098	,053
boro	-,053	,224	-,381
cobre	,952	,076	,073
hierro	,962	,082	,066
manganeso	,980	,099	,023
mercurio	-,044	,313	,111
níquel	,686	,035	-,189
plomo	,620	-,032	,024
zinc	,838	,049	,009
coliformes	-,112	,442	,837
<i>Escherichia coli</i>	-,116	,444	,844

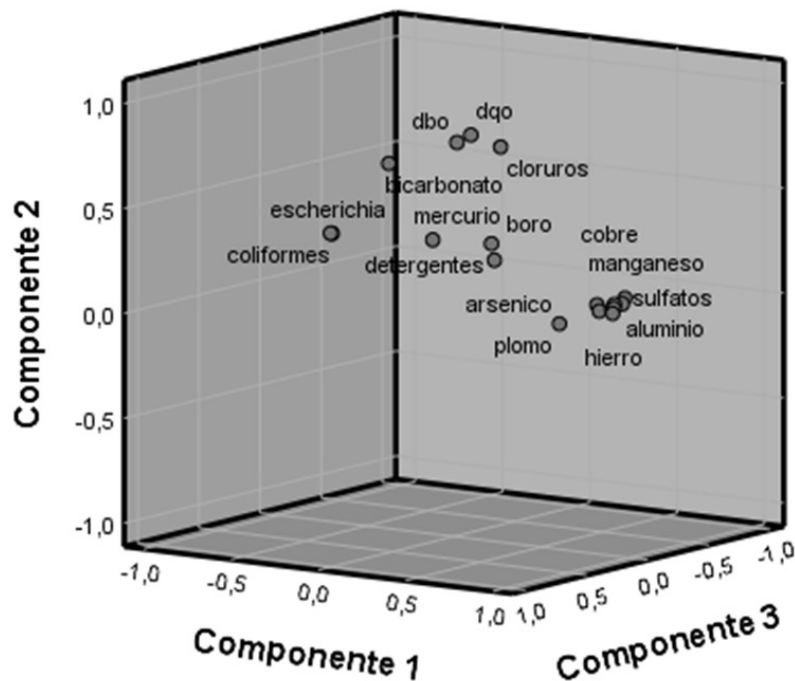


Figura 1. Gráfico de componentes principales de los 18 parámetros de calidad de agua evaluados en los 41 puntos de monitoreo ubicados en la Inter cuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano

La Tabla 3 y la Figura 1 presentan las variables más asociadas a cada componente identificado mediante el análisis de componentes principales (ACP). El componente 1 agrupa principalmente a los metales pesados y compuestos inorgánicos, como sulfatos, aluminio, arsénico, cobre, hierro y manganeso, que son indicadores clave de la contaminación química en la cuenca. El componente 2 está relacionado con parámetros que miden la calidad orgánica del agua, como bicarbonatos, cloruros, DBO y DQO, los cuales reflejan el impacto de la materia orgánica y de compuestos disueltos en el agua. Finalmente, el componente 3 agrupa los indicadores microbiológicos, como coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, que son cruciales para evaluar la contaminación fecal y el riesgo sanitario del agua. Este análisis permite identificar de manera más eficiente las fuentes y tipos de contaminación en la intercuenca.

El análisis descriptivo reveló que varios parámetros de calidad del agua en la intercuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano superaron los estándares establecidos por el ECA, lo que indica deficiencias significativas en la calidad del agua, especialmente en la quebrada Sinchai y el río Tingo. Estos puntos de monitoreo mostraron altos niveles de contaminantes, probablemente relacionados con actividades humanas



intensivas en esas zonas. El análisis de componentes principales (ACP) fue utilizado para simplificar la complejidad de los datos y agrupar las variables correlacionadas, revelando las principales fuentes de contaminación en la cuenca. Este enfoque estadístico permite identificar las correlaciones entre las variables y visualizarlas en un mapa de factores, facilitando la interpretación de los datos (Hernández, s. f.).

El ACP agrupó los parámetros en tres componentes principales. El componente 1, asociado con la contaminación por metales pesados como cobre, hierro y arsénico, sugiere una fuerte influencia de la actividad minera e industrial, similar a estudios previos en otras cuencas peruanas (Ccasa, 2023; Cerna et al., 2022; Correa et al., 2021). El componente 2 se relaciona con parámetros químicos que indican la presencia de materia orgánica y sales disueltas, posiblemente provenientes de residuos orgánicos y aguas residuales. El componente 3 agrupa los indicadores de contaminación fecal, como *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes, lo que refleja la influencia de fuentes de contaminación biológica, como aguas residuales no tratadas, un hallazgo común en estudios de cuencas similares (Pauta et al., 2020; Ruiz, 2020; Veloz & Carbonel, 2018). Estos resultados subrayan que la actividad humana, especialmente la minería y las descargas domésticas e industriales, son las principales amenazas para la calidad del agua, con implicaciones directas para la salud pública y la seguridad alimentaria.

Conclusiones

La calidad del agua de uso agrícola en la intercuenca Alto Marañón IV - ALA Llaucano Chotano durante el periodo 2020-2021 se calificó como deficiente, principalmente debido a la contaminación de origen antropogénico. Entre los parámetros químicos más relevantes que afectaron la calidad del agua se encuentran los sulfatos, bicarbonatos, cloruros, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Asimismo, los principales parámetros inorgánicos que incidieron negativamente fueron el aluminio, arsénico, cobre, hierro y manganeso. En cuanto a los aspectos microbiológicos, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* destacaron como los indicadores de mayor impacto en la calidad del agua. Las principales fuentes de contaminación identificadas en la cuenca están asociadas a la actividad minera, así como a las descargas domésticas e industriales no controladas.



Referencias

- Alderete, M. (2022). *Evaluación de la calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Rímac mediante análisis multivariado para el período 2011-2018*. https://www.researchgate.net/publication/357882472_evaluacion_de_la_calidad_de_aguas_superficiales_en_la_cuenca_del_rio_rimac
- Autoridad Nacional del Agua. (s. f.). *Proyecto de modernización de la gestión de los recursos hídricos (PMGRH)*. <https://www.ana.gob.pe/contenido/la-autoridad-nacional-del-agua>
- Autoridad Nacional del Agua, & Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos. (2015). *Calidad de agua en cuencas hidrográficas a nivel nacional*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2673>
- Cabildo, M. (2004). *Bases químicas del medio ambiente*. UNED.
- Campoblanco, H., & Gomero, J. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 3(5), 57-63. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2539>
- Carbajal, A., & González, M. (2003). *Funciones biológicas del agua en relación con sus características físicas y químicas*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Cerna, A., Aguirre, C., Wong, B., Tello, J., & Pinchi, W. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239-248. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/4326>
- Ccasa, V. (2023). *Estudio de la calidad del agua por presencia de cobre, cromo, berilio, molibdeno y posibles fuentes de contaminación en épocas de estiaje y humedad en la cuenca de Moquegua - Osmore Ilo para evaluar su potabilización* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e60ef337-d800-4b3e-8909-cf5158244964/content>
- Correa, O., Fuentes, F., & Coral, R. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 26-38. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. (2005-2015). *Decenio Internacional para la Acción: "El agua, fuente de vida"*.



- https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
- FAO. (2009). *Servicios de las cuencas hidrográficas*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1fc80e35-b1a7-4d0c-876d-2439bc7fb80b/content/a1295s02.pdf>
- Fundación AQUAE. (2023). *Calidad del agua*.
<https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/>
- Gamarra, O. A., Barrena, M. A., Barboza, E., Rascón, J., Corroto, F., & Taramona, L. (2018). Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú. *Arnaldoa*, 25(1), 179-194.
<https://www.scielo.org.pe/pdf/a11v25n1.pdf>
- Hernández, E. (2010). Importancia del agua para los seres vivos. *Revista*, 1(1).
<https://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf>
- Hernández, F. (s. f.). *Análisis de componentes principales (PCA): Análisis multivariado*. Universidad Nacional de Colombia. <https://freddy.quarto.pub/pca/44>
- ISDI. (2024). *Análisis multivariante*. Digitalent Group.
<https://www.isdi.education/es/blog/analisis-multivariante-para-que-sirve>
- Londoño, C. (2001). *Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales, caracterización, planificación, administración*.
- Manrique-Abril, F., Manrique, D., Manrique, R., & Tejedor, M. (2007). Contaminación de la cuenca alta del río Chicamocha y algunas aproximaciones sobre la salud humana. *Revista Salud Historia y Sanidad*, 2(1), 3-13.
- Ministerio del Ambiente. (2017, 7 de junio). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM*.
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- MINAGRI. (2020). *Decreto Supremo que regula el procedimiento de formalización del uso de agua*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-regula-procedimiento-formalizacion-uso-agua>
- Panhwar, M. Y., Panhwar, S., Keerio, H. A., Khokhar, N. H., Shah, S. A., & Pathan, N. (2022). Water quality analysis of old and new Phuleli Canal for irrigation purpose in the vicinity of Hyderabad, Pakistan. *Water Practice and Technology*, 17(2), 529-536.
- Pauta, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Sari, M., & Vera, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), 46-57.



- Ruiz, S. (2020). Calidad de agua de la microcuenca Lluhca, Amazonas, Perú. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(3), 15-21.
<http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i3.631>
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario. (2024, 22 de marzo). *Agricultura*.
<https://www.gob.mx/agricultura/>
- Veloz, N. C., & Carbonel, C. C. (2018). Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 21(42), 13-26.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15784>