

Una mirada a la investigación y a la responsabilidad social



Fondo Editorial
Municipalidad de Lima



MUNICIPALIDAD DE
LIMA

Una mirada a la investigación y a la responsabilidad social



Fondo Editorial
Municipalidad de Lima



MUNICIPALIDAD DE
LIMA

Una mirada a la investigación y a la responsabilidad social

©Municipalidad Metropolitana de Lima

Jorge Muñoz Wells
Alcalde Metropolitano

Christopher Zeceovich Arriaga
Gerente de Educación y Deportes

Juan Pablo de la Guerra de Urioste
Asesor de Educación

María Celeste del Rocío Asurza Matos
Jefa del Programa Lima Lee

Compiladores y coeditores:
John Cobo Beltrán
Pablo Torres Cañizalez

Editor del programa Lima Lee:
John Martínez Gonzales

Diseño y diagramación:
Leonardo Enrique Collas Alegría

Portada:
María Fernanda Pérez
Área de Comunicaciones de la GED

Gestión Editorial:
Deyanira Goicochea Rojas
Maricarmen Paredes Cubillas
Paola Cardoso Miranda

ISBN: 978-9972-726-39-2
Primera edición digital, Septiembre, 2021.

En homenaje al Perú, por su Bicentenario.

Esta obra es una Edición de la Municipalidad Metropolitana de Lima



Fondo Editorial
Municipalidad de Lima

Jirón de la Unión 300, Lima, Perú.

www.munlima.gob.pe

www.repositorio.munlima.gob.pe

Comité Evaluador

- Dr. Antonio Romualdo Márquez González - Universidad Autónoma de Nayarit, México
- Dr. César Eduardo Jiménez Calderón - Universidad César Vallejo, Perú
- Dr. Christian Arturo Cruz Meléndez - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México
- Dr. Daniel Romero Urdaneta - Universidad Rafael Belloso Chacín, Venezuela
- Dr. Eury Villalobos - Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores, México
- Dr. Iván Fernando Amaya Cocunubo - Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia
- Dr. Jorge Alejandro Milanés Terán - Universidad Central de Chile, Chile
- Dra. Karen Lizeth Alfaro Mendives - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú
- Dr. José Rafael Abreu Fuentes - Universidad Latinoamericana y del Caribe, Venezuela
- Dr. José Arnaldo Collantes Hidalgo - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Perú
- Dr. José María Romero Rodríguez - Universidad de Granada, España
- Dr. Juan Andrés Rincón Quintero - Universidad del Zulia, Venezuela
- Dr. Luis Alejandro Esquivel Castillo - Universidad César Vallejo, Perú
- Dr. Luis Guillermo Quintero Galbán - Universidad del Zulia, Venezuela
- Dr. Luis Humberto Rubilar Solis - Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile
- Dr. Luis Sime Poma - Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
- Dr. Miguel Sebastián Armesto Céspedes - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú
- Dr. Oscar David Valencia López - Universidad de la Sierra Sur, México
- Dr. Roger Martínez Castillo - Universidad de Costa Rica, Costa Rica
- Dra. Argelia Berenice Urbina Nájera - Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México
- Dra. Carmen M. Marín Gómez - Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela
- Dra. Claudia Möller Recondo - Universidad de Valladolid, España
- Dra. Cleofe Genoveva Alvites Huamani - Universidad César Vallejo, Perú
- Dra. Dalia Milagros Castro - Universidad del Zulia, Venezuela
- Dra. Doris Donatila Lara Malca - Universidad César Vallejo, Perú
- Dra. Edith Inés Ruiz Aguirre - Universidad de Guadalajara, México
- Dra. Ely Urdaneta Durán - Universidad de Los Andes, Venezuela
- Dra. Erika Cruz Coria - Universidad Autónoma de Occidente, México
- Dra. Irma Milagros Carhuacho Mendoza - Universidad Norbert Wiener, Perú
- Dra. María de la Luz Figueroa Manns - Universidad de Los Andes, Venezuela
- Dra. María Pilar Cáceres Reche - Universidad de Granada, España
- Dra. Nereida Leonor Parada - Universidad de Los Andes, Venezuela
- Dra. Petronila Liliana Mairena Fox - Universidad César Vallejo, Perú
- Mg. Aarom Gonzalo Oramas Loyo - Universidad Nacional Abierta, Venezuela
- Mg. Daniela Medina Coronado - Universidad César Vallejo, Perú
- Mg. Fabián Chavarría Solera - Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica
- Mg. Gustavo Ernesto Zárate Ruiz - Universidad César Vallejo, Perú
- Mg. Héctor Ignacio Vargas Ferrer - Universidad Central de Chile, Chile
- Mg. Kenneth Enrique Rosillón Olivares - Universidad del Zulia, Venezuela
- Mg. Luis Clemente Baquedano Cabrera - Universidad Privada del Norte, Perú

Presentación

Es grato presentarles el libro digital *Una Mirada a la Investigación y a la Responsabilidad Social*, obra que está conformada por 200 artículos que contienen resultados de investigaciones, revisiones de literatura, reflexiones teóricas y buenas prácticas de responsabilidad social. Estos artículos han sido escritos por investigadores, docentes, estudiantes de postgrado y autores independientes, tanto del Perú, como del extranjero, quienes atendieron a la convocatoria realizada por la Municipalidad Metropolitana de Lima, a través de la Gerencia de Educación y Deportes.

La iniciativa de creación de esta obra surge a partir de la implementación de los Foros de Investigación y Responsabilidad Social, que, desde 2019 hasta la fecha se vienen realizando con universidades e institutos. Estos foros se han constituido en un espacio dialógico de construcción de sinergias mutuamente beneficiosas, en el que las universidades e institutos de educación superior encuentran un valioso soporte institucional para operativizar las acciones de responsabilidad social que por ley les corresponde cumplir, y, por su parte, la Municipalidad, en tanto instancia del gobierno local y a su vez regional, potencia la planeación y la ejecución de sus políticas públicas gracias al aporte de saberes científicos, tecnológicos y humanísticos inherentes a la academia.

Ese diálogo permanente entre académicos y servidores públicos ha querido materializarse en una publicación que se constituya, no sólo en un espacio de difusión de saberes y reflexiones sobre investigación o responsabilidad social, sino que represente un tributo al Perú en ocasión de celebrar 200 años de su independencia. Además, la obra reafirma el compromiso de la Municipalidad Metropolitana de Lima de tender puentes entre la académica y el municipio, en beneficio de la sociedad, para que, desde la responsabilidad social como principio rector de la gestión universitaria, surjan alianzas estratégicas que beneficien a los más vulnerables. Desde esta visión, la investigación como actividad asociada a la producción y divulgación del conocimiento científico, constituye una gran aliada en la generación de soluciones a las múltiples y complejas necesidades de las personas, desde una perspectiva sostenible y sustentable.

Desde la Municipalidad Metropolitana de Lima agradecemos a los autores de los trabajos publicados, así como a las universidades e institutos de educación superior que impulsaron denodadamente la convocatoria e hicieron aportes en las diversas fases del proceso editorial, haciendo posible que se lograra una obra de esta magnitud. Esperamos que estos contenidos puedan ser de utilidad para investigadores, estudiantes, tesis y ciudadanía en general, interesados en diversas temáticas asociadas a la investigación y la responsabilidad social.

Jorge Muñoz Wells
Alcalde Metropolitano de Lima

Impacto de Calidad del Agua en la Cuenca Alta del Río Rímac y Compensación Socio Ambiental

(Impact of water quality in the upper basin of the Rímac river and socio-environmental compensation)

Alex Segundino, Armas Blancas¹ - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
Martín Michael Maldonado Olivares² - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
Guillermo Lorenzo, Vílchez Ochoa³ - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
Zanhy Leonor, Valencia Reyes⁴ - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
Javier Herrera Espinoza⁵ - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
Alcides Garzón Flores⁶ - Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur

Resumen: Esta investigación determinó el grado de afectación ambiental de la calidad del agua superficial en la cuenca alta del río Rímac a consecuencia de las actividades mineras. Para determinar la afectación ambiental se aplicó la metodología de Análisis Multicriterio. La información trabajada fue recopilada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Entre los impactos que resultaron con alta significancia fueron los generados por los metales pesados como el arsénico (mg/L), plomo (mg/L), cadmio (mg/L) entre otros metales. Los resultados de los impactos más significativos fueron el impacto sobre la calidad de la salud humana, impacto sobre la calidad del agua superficial, impacto sobre la afectación de usos del agua superficial y el impacto sobre la afectación de flora y fauna acuática; con valores cuantificados entre 0.80 a 0.95 según el análisis multicriterio. En base a los resultados obtenidos se recomienda un conjunto de medidas como ejecución de monitoreos de calidad del agua, medidas para implementar sistemas de tratamiento de la calidad del agua, medidas para fortalecer la actuación de supervisión ambiental, implementar plan de emergencia de recuperación de calidad del agua, sistema de monitoreo participativo de los gobiernos locales y una valorización económica de los impactos generados sobre la calidad del agua y una compensación socio ambiental de los afectados.

Palabras clave: Impacto Ambiental, Calidad del Agua, Monitoreo participativo, Análisis Multicriterio, compensación socio ambiental.

Introducción

La creciente presión sobre los recursos hídricos que excede al recurso disponible ha provocado problemas de escasez de agua de diversa intensidad alrededor del mundo. Esto ha motivado un creciente interés en alcanzar una gestión integrada de los recursos hídricos (Chávez-Jiménez & González-Zeas, 2015).

Algunas condiciones naturales y la mayoría de las actividades antropogénicas generan la degradación de las aguas superficiales y subterráneas, así el enriquecimiento de oligoelementos disueltos, los contaminantes de metales pesados y semi metálicos en el sistema de agua la hacen inadecuada para beber. Por lo tanto, es crucial evaluar la calidad del agua considerando parámetros químicos, biológicos y físicos utilizando límites estándares nacionales e internacionales (Sudhakaran et al., 2020). El tener acceso al agua mediante redes públicas no es garantía de que sea de calidad. El 80% de enfermedades infecciosas y parasitarias, gastrointestinales y una tercera parte de la tasa de mortalidad se debe al uso y consumo de agua insalubre. En el año 2019, 2020, el 90,8% (29 millones 525 mil) de la población del país accedió a agua para consumo humano proveniente de red pública. Asimismo, el 9,2% se abastecen de agua de otras formas (Carhuavilca et al., 2020).

¹ Correo electrónico: aarmas@untels.edu.pe

² Correo electrónico: 2010200280@untels.edu.pe

³ Correo electrónico: gvilchez@untels.edu.pe

⁴ Correo electrónico: zvalencia@untels.edu.pe

⁵ Correo electrónico: jherrerae@untels.edu.pe

⁶ Correo electrónico: agarzon@untels.edu.pe

Los problemas de calidad en las aguas superficiales son causados por diferentes fuentes puntuales y difusas, urbanas y agrícolas. La contaminación de estas fuentes involucra diversas sustancias, incluyendo nutrientes, metales pesados y micro contaminantes orgánicos (Schuwirth et al., 2018). Los análisis de la evolución de la calidad del agua de los últimos diez años demuestran que hay una reducción considerable en la concentración de los iones metálicos del río Rímac, debido a la puesta en práctica de técnicas de tratamiento. Sin embargo, estas no han permitido precipitar los iones metálicos, ya que los valores de las concentraciones de los elementos metálicos como el manganeso supera el ECA para agua (Mayca, 2019) y según información de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020) las concentraciones de arsénico (As), plomo (Pb) y cadmio (Cd) presentaron concentraciones mayores en los puntos de monitoreo que están aguas abajo del anexo Casapalca. Las fuentes de agua superficial de Viso han sido contaminadas por metales pesados de pasivos mineros cercanos (Bances & Mamani, 2020).

Debido a las evidencias de la presencia de metales pesados en la cuenca alta del río Rímac, las aguas no son aptas para el consumo humano, generan impacto en el ecosistema acuático, generan impacto en otras actividades productivas y generan potencial impacto en la salud humana. De acuerdo con lo expuesto, es necesario tomar acciones estratégicas relacionadas con políticas públicas, gestión ambiental en la cuenca alta del río Rímac en donde se incluya aspectos sociales y ambientales, para implementar medidas que permitan resolver los impactos socioambientales generados por los pasivos ambientales mineros y las actividades mineras actuales según las referencias de ANA.

Métodos

Se realizó una consulta a expertos por el método Delphi a dos rondas (Hernández, 2010). Se confeccionó un listado de posibles expertos en el tema de investigación, considerando aspectos, tales como: experiencia, competencia, aporte académico (creatividad, capacidad de análisis). Este listado inicial incluyó a 20 personas. Se solicitó a los mismos su cooperación en la consulta y, finalmente, 15 expertos recibieron los documentos.

Con relación a la elaboración de la herramienta para la toma de decisiones operacionales, se utilizó el método de la ponderación lineal para la evaluación y decisión multicriterio (Mastrandrea et al., 2020), debido a que permite abordar situaciones de incertidumbre o con pocos niveles de información y es relativamente fácil de ejecutar. Se utilizó la escala de Likert para asignar el valor de cada criterio, según el grado de influencia de la alternativa evaluada (detalle Tabla 1). En el proceso evaluativo, para cada alternativa se obtuvo un conjunto de valores que coincidieron con la cantidad de evaluadores. Los valores se ordenaron de forma ascendente determinándose la mediana. El rango de valores es una medida del grado de concordancia en el juicio de los evaluadores.

En la aplicación de la herramienta para la toma de decisiones, se utilizó el criterio de selección de los impactos ambientales, acorde con la mayor significancia en relación con la superación del estándar de calidad del agua (ECA-Agua) para la categoría I - A2. Asimismo, se consideró el conjunto de criterios registrados en la Tabla 2.

Selección de Criterios para el Análisis

La Tabla 1 muestra los resultados de la selección de los criterios, previamente se proporcionó el diagnóstico de calidad del agua de la cuenca alta con énfasis en el contenido de metales pesados. Un total de 14 criterios obtuvieron un grado de concordancia superior al 70 %.

Tabla 1: Selección de los criterios, según la consulta a expertos

Criterios	Grado de concordancia evaluación de los expertos, 100%
1. Tratamiento de agua potable.	95
2. Concentración contaminante.	95
3. Calidad de agua superficial.	80
4. Reúso de aguas residuales.	90
5. Comunicación ambiental a la comunidad.	80
6. Vertimientos de actividades mineras.	80
7. Cumplimiento del ECA de agua.	95
8. Huella hídrica.	95
9. Pasivos ambientales mineros.	90
10. Afectación ecosistemas acuático, flora y fauna.	90
11. Afectación en la actividad agrícola.	95
12. Afectación de la calidad salud humana.	90
13. Afectación otros usos de agua.	80
14. Afectación del paisaje.	70

Fuente: Propia de los autores, 2020

Resultados

Calidad del Agua

Para el desarrollo de la investigación se identificó y definió un total de nueve (09) puntos de monitoreo establecidos y presentados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en río Rímac a través de su Observatorio del Agua Chillón-Rímac-Lurín, entre los años 2014 - 2018. Estos puntos están ubicados en la cuenca alta del río Rímac, siendo los distritos de Chicla (anexo Casapalca) y San Mateo, las zonas urbanas cuya mayor fuente hídrica es el río Rímac. La ubicación de los puntos de muestreo se muestra en la Figura 1.

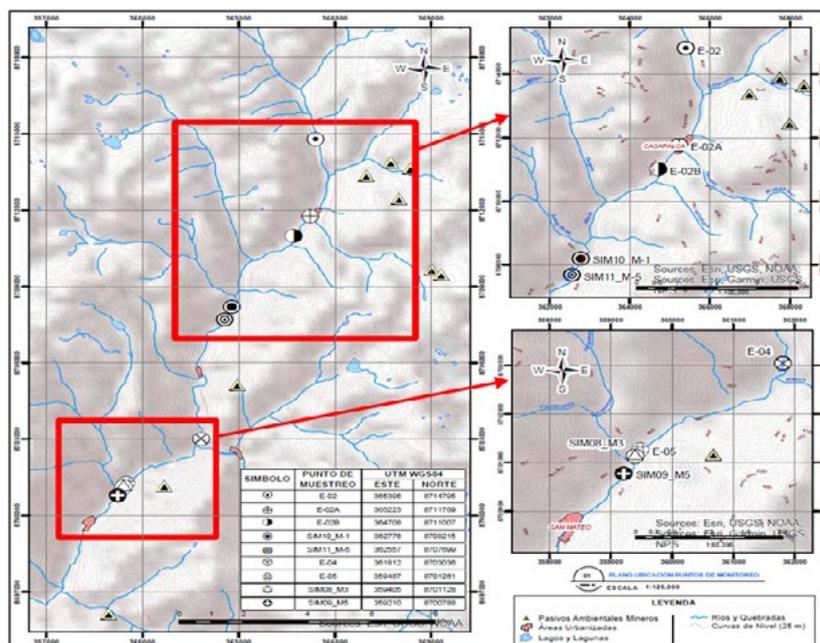


Figura 1: Ubicación de puntos de monitoreo en la cuenca alta del río Rímac

Fuente: Propia de los autores, 2020.

Las concentraciones de arsénico (As), plomo (Pb) y cadmio (Cd) presentaron concentraciones mayores en los puntos de monitoreo que están aguas abajo del anexo Casapalca. Siendo el caso del punto de monitoreo E-05, que en el mes de febrero entre los años 2014-2018 presentó altas concentraciones de arsénico (As), como se muestra en la tabla 2. La presencia de estas concentraciones en puntos de monitoreo cercanos a zonas pobladas presentaron un impacto negativo para la salud humana, la calidad del agua superficial, el usos del agua superficial y la calidad de flora y fauna acuática.

Tabla 2: Concentraciones de Arsénico (As) 2014 - 2018

Año	As (mg/L)	ECA-Agua
		D S N° 004-2017-MINAM Categoría I (Subcategoría A2)
2014	0.025	0.01
2015	0.025	0.01
2016	0.023	0.01
2017	0.029	0.01
2018	0.026	0.01

Fuente: Información adaptada del Observatorio del Agua Chillón-Rímac-Lurín, 2020.

Resultados del Estudio

En la Tabla 3 se muestran las diez alternativas que se evaluaron para la mejora de la calidad del agua en la cuenca alta del río Rímac, seleccionadas previamente. Estas alternativas incluyeron medidas preventivas, correctivas, mitigantes y compensatorias.

Tabla 3: Resultados del análisis multicriterio cuenca alta del río Rímac.

Medida	Mediana	Rango	Prioridad
1.Reúso de agua en actividades productivas	0.89	0.87-0.89	VII
2.Eliminación de vertimientos clandestinos	0.95	0.93.-0.95	I
3.Implementación de sistemas de tratamiento de calidad aguas residuales	0.90	0.88-0.90	VI
4.Sensibilización ambiental en la cuenca alta	0.80	0.78-0.80	X
5.Monitoreo de calidad de agua	0.91	0.79.-0.91	V
6.Supervisión ambiental	0.94	0.92-0.94	II
7.Implementar plan de emergencia de recuperación de calidad del agua	0.93	0.92.-0.93	III
8.Monitoreo participativo	0.88	0.86-0.88	VIII
9.Valoración económica de los impactos ambientales	0.86	0.84-0.86	IX
10.Compensación socioambiental	0.92	0.90-0.92	IV

Fuente: Propia de los autores, 2020.

La alternativa que tuvo la máxima prioridad fue ‘eliminación de vertimientos clandestinos’, con una mediana de 0.95, mientras que la alternativa con la mínima prioridad fue ‘sensibilización ambiental en la cuenca alta’, con una mediana de 0.8.

En la Tabla 4 se muestra el detalle de las medidas relevantes con la compensación ambiental.

Tabla 4 Medidas relevantes con la compensación ambiental.

Medida	Descripción	Participación/Competencia / responsabilidad
Monitoreo Participativo calidad del agua	Involucrar a los actores del área de influencia directa en usos del recurso hídrico y para la recuperación de ecosistema acuático en la cuenca alta del río Rímac. La participación es voluntaria, no existe requisito para la participación en el monitoreo ambiental. Se trabajará en función de un plan de monitoreo participativo, documento técnico que contiene la planificación de las actividades de monitoreo que realizará el grupo de especialistas del agua de la cuenca alta del río Rímac. Se hace necesario monitorear la calidad de agua, en puntos que ayuden a visibilizar el uso de agua que tienen las comunidades ubicadas aguas arriba de la confluencia de los ríos aportantes con el río Rímac, pues el riesgo de la existencia de metales tóxicos es más alto. Para el análisis de los resultados de los monitoreos del ANA requerirían considerar los usos que les da las comunidades.	Agricultores, alcaldes, comunidades campesinas, autoridades regionales o locales Autoridad Local del Agua, OEFA (Ministerio de Medio Ambiente), universidades públicas o privadas, colegio de ingenieros del Perú, gremios empresariales, centros de investigación u organismos no gubernamentales, ciudadanía en general
Supervisión Ambiental	Se evaluará el cumplimiento de los ECA para Agua (DS No 002-2008-MINAM) y la modificación de los ECA para Agua (DS No 015-2015-MINAM) entorno a los compromisos asumidos por las actividades del área de influencia del cauce de agua. Se analizará el desempeño ambiental de las empresas, mediante constatación y verificación, de las características físicas, químicas, biológicas del cuerpo de agua de recepción. La supervisión ambiental tendrá que estructurarse técnica y administrativamente por la Autoridad Local del Agua (ANA) o responsables de Gobiernos Locales.	Alcaldes, autoridades regionales o locales, Autoridad Local del Agua - ALAs, OEFA (Ministerio de Medio Ambiente)

Compensación socioambiental	<p>La compensación socio ambiental para la cuenca alta del río Rímac debe tener presente los siguientes criterios: compensar sobre áreas que resulten ser ecológicamente equivalentes al área que se ve impactada por la construcción y desarrollo de la actividad, identificando las medidas y mecanismos que garanticen la no pérdida neta de la biodiversidad en el área donde se llevará a cabo la compensación a partir de la realización de una previa caracterización de los atributos y servicios ecosistémicos, de la integridad ecológica y del entorno paisajístico del área afectada. Asimismo, la compensación se debe hacer en un área que resulte ser ecológicamente equivalente al área afectada. Se debe considerar el daño ambiental y cultural que puede causar un proyecto económico y acordar una forma de compensación para el pueblo que lo sufre. Asimismo, tener presente la normativa nacional para la compensación socioambiental de la parte alta de la cuenca del río Rímac se cuenta con los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE) para implementar las medidas o proyectos en infraestructura natural para la conservación de fuentes de agua y recuperación de los servicios ecosistémicos. Se cuentan con otros mecanismos como el proyecto “Siembra y Cosecha de Agua” (AGRORURAL) y los Acuerdos Recíprocos por el Agua (ARA) entre actores de la cuenca o los proyectos de infraestructura natural (ONG, cooperación internacional y el sector privado a través del Fondo de Agua de Lima y Callao). Afecto a la ciudad de Lima, SEDAPAL, a través de su programa Sembramos Agua está facultada para la implementación de proyectos MERESE en la parte alta de las cuencas del Consejo.</p>	<p>Agricultores, alcaldes, comunidades campesinas, autoridades regionales o locales, Autoridad Local del Agua - ALAs, OEFA (Ministerio de Medio Ambiente), universidades públicas o privadas, colegio de ingenieros del Perú, gremios empresariales, centros de investigación u organismos no gubernamentales</p>
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Discusión

Los criterios seleccionados por los expertos, con un grado de concordancia mayor al 70 %, abarcan todas las dimensiones de los componentes ambientales del entorno de la calidad del agua en la cuenca alta del río Rímac. De esta forma se garantiza que en los procesos evaluativos se consideren los aspectos institucional-organizacional, político-legal, económico-financiero, sociocultural, técnico, y ambiental de la gestión. El empleo de la huella hídrica se corresponde con las tendencias actuales en el desarrollo de indicadores sistémicos que reflejen los procesos de globalización en el uso del recurso hídrico.

En la selección de los pesos de cada criterio, los autores consideraron que, para el objetivo de desarrollo sostenible que pretende la gestión integrada, todos los criterios deben tener el mismo peso, asegurando la misma relevancia para todas las dimensiones del proceso de gestión. Sobre el asunto, se asignó mayor relevancia a los criterios ambientales al desarrollar una herramienta de toma de decisiones basada en el análisis multicriterio, cuyo objetivo fundamental era incorporar el análisis con relación a la calidad del agua en la cuenca alta del río Rímac para la búsqueda de medidas preventivas, correctivas y de compensación.

Debido a la complejidad generalmente alta de los sistemas regionales, el principal desafío de planificación es comprender qué intervenciones implementar para mejorar y preparar los sistemas para los desafíos futuros. Para poder elegir la alternativa más sostenible, las intervenciones deben evaluarse rigurosamente en cuanto a sus efectos, sociales y ambientales. Uno de los métodos más precisos de evaluación es el análisis de decisiones multicriterio (MCDA) (Sjöstrand et al., 2018), el mismo que ofrece numerosos procedimientos para apoyar la toma de decisiones estructurada y combinar múltiples criterios para una evaluación general integral. Esta característica le permite respaldar la efectividad de las decisiones de gestión ambiental

(Schuwirth et al., 2018). De acuerdo con lo expuesto, es necesario tomar acciones estratégicas relacionadas con políticas públicas, gestión ambiental en la cuenca alta del río Rímac en donde se incluya aspectos sociales y ambientales, para implementar medidas que permitan resolver los impactos socioambientales generados por los pasivos ambientales mineros y las actividades mineras actuales según las referencias de ANA. Las propuestas de políticas públicas deben considerar fortalecimiento de la gobernabilidad local, monitoreo ambiental participativo, compensación socioambiental, investigación y mejora de los mecanismos de acceso a información pública,

Los autores consideran que la no aplicación del análisis multicriterio para la Toma de decisiones y priorización de inversiones para mitigar y monitorear los impactos que afectan la calidad del agua de la parte alta de la cuenca, se explica por las principales consideraciones: Escasa y/o desactualizada información sobre las diversas variables requeridas para aplicar la metodología; la limitada participación de equipos multidisciplinarios de expertos en conocimiento y en experiencia afines; la posibilidad de que se tomen decisiones y prioridades definidas de forma arbitraria, bajo “criterios implícitos” antes que metodológicos; esta metodología no está reconocida de manera oficial en el país siendo pocos los estudios que la aplicaron –tenemos casos aislados como en el proyecto IIRSA; también el limitado conocimiento de esta metodología entre los tomadores de decisión sobre todo del sector público; finalmente una limitante de peso sería los indicadores asociados a las mediciones de brechas establecidas en el actual Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones establecidos por el MEF son estas brechas que adolecen de consistencia en cuanto a los problemas de las cuencas que se pretende resolver– al respecto esta metodología serviría para lograr una mejor aproximación en la determinación de las brechas que el actual sistema de programación citado dispone.

Conclusiones

El desarrollo de esta herramienta es un aporte al proceso de toma de decisiones en el marco de una estrategia de gestión ambiental de la calidad de aguas en la cuenca alta del río Rímac. El conjunto de criterios incluidos en la herramienta y la forma de evaluación son las principales novedades del trabajo.

El estudio de caso en que se aplicó la herramienta muestra que se pueden obtener resultados satisfactorios en el proceso de jerarquización de alternativas y la toma de decisiones para la gestión de calidad del agua en la cuenca alta del río Rímac.

Los mecanismos MERESE facilitan la compensación socio ambiental en beneficio de los pobladores y ecosistemas de la parte alta de la cuenca del río Rímac, a través de la ejecución de proyectos sostenibles respaldados en las recaudaciones facultadas a SEDAPAL, para lo cual la metodología Análisis Multicriterio se puede constituir como un instrumento de gestión para la toma de decisiones y priorización de inversiones para mitigar y monitorear los impactos que afectan la calidad del agua de la cuenca.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Joaquín Vértiz por el apoyo y la motivación para el desarrollo del presente trabajo, asimismo, se agradece al equipo que realizó la presente investigación.

Referencias

- ANA. (2020). Observatorio del agua Chillón, Rímac, Lurín. <http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/>
- Bances & Mamani. (2020). Diagnóstico situacional del abastecimiento del agua superficial del centro poblado de San Miguel de Viso – Huarochirí. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental] <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/3217>
- Calla Llontop, H., & Cabrera Carranza, C. (2010). Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. *Revista Del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 13(25), 87–94. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-25-7.pdf>
- Carhuavilca, D., Sánchez, A., Hidalgo, N., Gutiérrez, C., Mendoza, D., Romero, E., & Reto, P. (2020). Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- Chávez-Jiménez, A., & González-Zeas, D. (2015). El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *RIBAGUA Revista Iberoamericana Del Agua*, 2, 3–13.
- Mastrandrea, A., Ángeles, G. (2020). Evaluación Multicriterio aplicada a la determinación de escenarios de peligrosidad en la cuenca del arroyo Napostá Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Cuadernos Geográficos*, 60(1), 181-202. doi:10.30827/cuadgeo.v60i1.15337
- Hernández, S. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Mayca, G. (2019). *Calidad de agua del río Rímac sector Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3607>
- Orozco, M. (2020). Estudio comparativo de los criterios y atributos jurídico-normativos de los sistemas de compensaciones ambientales para proyectos hidroeléctricos frente a la salvaguarda de los ecosistemas en Colombia, Perú y Ecuador. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/9426>
- Rodríguez, C. & Baquero, C. (2020) Conflictos socioambientales en América Latina. 1ª ed. Siglo XXI Editores Argentina. 224 p.
- Schuwirth, N., Honti, M., Logar, I., & Stamm, C. (2018). Multi-criteria decision analysis for integrated water quality assessment and management support. *Water Research X*, 1, 1–11.
- Sjöstrand, K., Lindhe, A., Söderqvist, T., & Rosén, L. (2018). Sustainability assessments of regional water supply interventions – Combining cost-benefit and multi-criteria decision analyses. *Journal of Environmental Management*, 225, 313–324.
- Sudhakaran, S., Mahadevan, H., Arun, V., Pillai Krishnakumar, A., & Anoop Krishnan, K. (2020). A multivariate statistical approach in assessing the quality of potable and irrigation water environs of the Netravati River basin (India). *Groundwater for Sustainable Development*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100462>

SOBRE LOS AUTORES

Alex Segundino Armas Blancas: Docente, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-0168-3467>

Zanhy Leonor Valencia Reyes: Docente, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-0271-7104>

Martin Michael Maldonado Olivares: Ingeniero Ambiental Egresado de Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Lima, Perú. <https://orcid.org/orcid.org/0000-0003-1822-4507>

Guillermo Lorenzo Vílchez Ochoa: Docente, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0002-3792-0092>

Javier Herrera Espinoza: Docente, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0002-2571-1699>

Alcides Garzón Flores: Docente, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0002-0218-8743>



MUNICIPALIDAD DE

LIMA