

Artículo de Investigación

Aplicación del Modelo Presión Estado Respuesta (*PER*) en la cuenca urbana del río Malacatos como herramienta de gestión

Application of the Pressure-State-Response (P-S-R) model in the urban basin of the Malacatos river as a management tool

Sonia L. Gonzaga Vallejo: Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
slgonzaga@utpl.edu.ec

Fecha de Recepción: 11/06/2024

Fecha de Aceptación: 22/07/2024

Fecha de Publicación: 26/08/2024

Cómo citar el artículo:

Gonzaga Vallejo, S. (2024). Aplicación del modelo Presión Estado Respuesta (*PER*) en la cuenca urbana del río Malacatos como herramienta de gestión [Application of the Pressure-State-Response (P-S-R) model in the urban basin of the Malacatos river as a management tool]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-20.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2024-453>

Resumen:

Introducción: La investigación aplica el método *PER* para analizar la Gestión Integral de Recursos Hídricos en la cuenca urbana del río Malacatos, empleada como una herramienta idónea para comprender las presiones ambientales, así el objetivo de esta investigación es evaluar el estado actual de la cuenca e identificar respuestas. **Metodología** Se analizan indicadores ambientales como calidad del agua, utilizando datos históricos de parámetros físicos, químicos y biológicos. Incorpora indicadores socioeconómicos para comprender la interacción entre la sociedad y medioambiente. Comprende la recolección de datos de campo mediante una encuesta dividida en dos bloques con 21 preguntas, basadas en una escala de Lickert y, aplicada a la población local y personal técnico de instituciones competentes en gestión de recursos hídricos. Se realizaron entrevistas y revisiones de datos para evaluar el desempeño institucional. **Resultados:** estos muestran que entre los años 2014 y 2020

disminuyó la cobertura boscosa (-2,49%) y aumentaron las áreas agrícolas, ganaderas (4,08%) y urbanas (2,56%), reduciendo el indicador de calidad de agua a 1,48. **Discusión:** Se evidencia la presión ejercida sobre la cuenca del río Malacatos deteriorando la calidad del agua. **Conclusiones** Los indicadores del *PER* revelan deficiencias en la gestión institucional y prácticas de manejo del recurso hídrico.

Palabras clave: *PER*; calidad de agua; gestión; recursos hídricos; cuenca; urbana; contaminación; SIG.

Abstract:

Introduction: The research applies the *PER* method to analyze the Integrated Management of Water Resources in the urban watershed of the Malacatos River, used as a suitable tool to understand the environmental pressures, thus the objective of this research is to evaluate the current state of the watershed and identify responses. **Methodology** Environmental indicators such as water quality are analyzed using historical data on physical, chemical and biological parameters. Incorporates socioeconomic indicators to understand the interaction between society and the environment. It includes field data collection through a survey divided into two blocks with 21 questions, based on a Lickert scale and applied to the local population and technical staff of institutions competent in water resources management. Interviews and data reviews were conducted to evaluate institutional performance. **Results:** these show that between 2014 and 2020 forest cover decreased (-2,49%) and agricultural, livestock (4,08%) and urban (2,56%) areas increased, reducing the water quality indicator to 1,48. **Discussion:** The pressure exerted on the Malacatos river basin is evident, deteriorating water quality. **Conclusions:** The *PER* indicators reveal deficiencies in institutional management and water resource

Keywords: PSR; water quality; management; water resources; watershed; urban; pollution; GIS.

1. Introducción

La creciente presión de las actividades humanas y antropogénicas sobre los recursos hídricos representa un desafío significativo para la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas, el crecimiento poblacional y las nuevas formas de producción han exacerbado esta problemática, modificando drásticamente la calidad y disponibilidad de estos recursos (García-González *et al.*, 2021). Este fenómeno dificulta la formulación de políticas que aborden todos los impactos generados y que ofrezcan respuestas efectivas a largo plazo (López y Bocado, 2022).

Ecuador al igual que otros países, se ha visto afectado por los problemas ambientales que han surgido debido a la globalización, la tecnología y la modernidad, el aprovechamiento de los recursos ecológicos y de los ecosistemas para generar beneficios económicos que han puesto en peligro la biodiversidad del país a causa de varios factores ambientales (Moreira-Cevallos, 2020).

En este estudio, la ciudad de Loja, ha crecido en forma longitudinal a las riberas de los ríos Malacatos y Zamora (Carrillo, 2010). El río Malacatos ha sufrido modificaciones en su cauce y la influencia de otros impactos han deteriorado su calidad de agua, con evidentes fallas de planificación y ordenamiento territorial; observándose crecimiento de urbanizaciones en zonas no aptas y que carecen de infraestructura sanitaria, esto es redes de alcantarillado pluvial y sanitario; realizando descargas directamente al cauce (Albán, 2015). Asimismo, es común ver residuos sólidos y escombros que obstaculizan el paso normal del agua alterando la morfometría del cauce.

Ante esta problemática, surge la necesidad de aplicar herramientas que permitan comprender y abordar los impactos ambientales de manera integral. En este contexto, la aplicación del método Presión-Estado-Respuesta (*PER*) en la cuenca del río Malacatos se presenta como una alternativa adecuada. Los objetivos del método *PER* incluyen evaluar la relación entre actividades humanas y sus impactos, conocer el estado actual del medio ambiente, identificar respuestas apropiadas para reducir impactos negativos y establecer mecanismos de monitoreo para evaluar la efectividad de las acciones implementadas.

Varias investigaciones han utilizado el método *PER* para evaluar el impacto de las actividades humanas en ríos y otros ecosistemas acuáticos ambientales. Se puede mencionar el análisis en la cuenca alta del río Bogotá, para evaluar la calidad del recurso hídrico. Este enfoque se centra en indicadores ambientales que evalúan la salud del cuerpo de agua y la relación entre actividades humanas y factores naturales. El estudio reveló incumplimientos en parámetros indicadores clave como DBO₅ y SST, dando como resultado de calidad del agua regular-mala (Esquivel y Molano, 2014).

Otra investigación que aplica el método *PER* y aborda la transformación ambiental es en la Laguna Mandinga, estado de Veracruz, México; donde debido a actividades humanas en las dos últimas décadas como la agricultura intensiva, turismo descontrolado, expansión urbana y explotación petrolera han alterado su estado. El análisis muestra cambios demográficos, transformaciones en el suelo y presencia de metales pesados y contaminantes en el agua. Aquí el método *PER* facilita la comprensión de las presiones, evaluación del estado y diseño de respuestas, como tecnologías de remediación, buscando equilibrio y conservación (Aburto, 2019).

Asimismo, mediante el método *PER* se analiza la zona ribereña del río Chillón en el distrito Los Olivos en Perú. Mediante el indicador de presión, se identificaron las actividades comerciales responsables de la contaminación constante en la franja ribereña. El indicador de estado reveló la presencia de residuos sólidos, contaminantes en el agua y degradación del ecosistema vegetal. Finalmente, el indicador de respuesta propuso medidas para prevenir impactos negativos y conservar los recursos naturales (Salas, 2018).

Con este argumento, el método *PER* se identifica como una herramienta idónea para la evaluación de gestión de la cuenca urbana del río Malacatos, ya que proporciona un marco analítico que permite identificar las relaciones causales entre las actividades humanas, el estado del medioambiente y las respuestas necesarias para abordar los problemas ambientales. Este enfoque resulta robusto para diseñar estrategias de gestión al descomponer el problema en tres componentes: presión, estado y respuesta. Facilita la identificación de puntos críticos de intervención y la evaluación de las presiones ejercidas sobre el medio ambiente.

1.1. Modelo Presión -Estado- Respuesta

Desarrollado y presentado por primera vez por Friend y Rapport a finales de la década de los ochenta (Pino, 2001), es adaptado y difundido por parte de la *Environment Canada* y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 1993; esta parte de un concepto causal en el que manifiesta que las actividades humanas ejercen Presiones sobre el medio ambiente, cambiando la calidad y cantidad de los recursos naturales (Estado), en el que la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales sectoriales y económicas, creando un círculo causa-efecto hacia las actividades humanas; tomando conciencia de las acciones llevadas a cabo (Respuesta).

Villamil (2022) señala, que el propósito principal del método *PER* es comprender las causas y efectos de los problemas ambientales, así como identificar las acciones necesarias para abordarlos. Los objetivos del método incluyen:

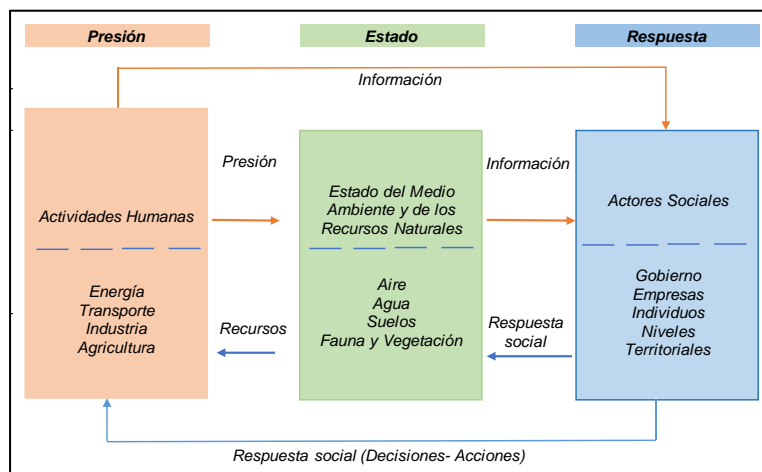
- Evaluar la relación entre actividades humanas y sus impactos.
- Conocer el estado actual del medio ambiente y los cambios que están ocurriendo.
- Identificar las respuestas apropiadas para reducir los impactos negativos e impulsar la sostenibilidad ambiental.

1.1.1. Componentes del método *PER*

El esquema del método *PER*, se fundamenta en tres componentes (Pandía, 2016) como se muestra en la Figura 1.

Figura 1.

Esquema del método Presión- Estado- Respuesta



Fuente: Adaptado de Modelo P-E-R, para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua (Pandía, 2016).

- Presión:* Se refiere a actividades humanas que ejercen presión sobre el sistema hídrico. Estas pueden ser directas, como la urbanización, la agricultura intensiva, la deforestación y el cambio climático (Álvarez-Villa *et al.*, 2017).
- Estado:* Evalúa el estado actual del medio ambiente y los recursos en estudio. Incluye aspectos como la calidad del agua, la biodiversidad, la salud de los ecosistemas, entre otros.
- Respuesta:* Son acciones y medidas tomadas para hacer frente a la presión y restaurar el estado de los recursos. Pudiendo incluir medidas de mitigación, restauración, regulación, monitoreo y seguimiento.

1.2. Indicadores ambientales

Según Orellana Samaniego *et al.* (2017) los indicadores ambientales son parámetros que permiten evaluar la calidad del medio ambiente en una determinada área geográfica. Estos indicadores pueden incluir aspectos físicos, químicos, biológicos y sociales, que reflejan la salud y el bienestar del ecosistema y la población que habita en la zona. Entre estos indicadores ambientales, se encuentran: Calidad del aire, calidad del agua, biodiversidad, cambio

climático, uso del suelo.

1.2.1. Indicadores de calidad de agua

Los parámetros utilizados para evaluar la calidad del agua se clasifican en tres categorías: físicos, químicos y biológicos. Los parámetros físicos incluyen temperatura, color, turbidez y conductividad eléctrica. Los parámetros químicos abarcan pH, oxígeno disuelto, nutrientes (nitratos y fosfatos), metales pesados, sustancias tóxicas y contaminantes orgánicos. Por último, los parámetros biológicos se refieren a la presencia de organismos indicadores de contaminación, como los coliformes fecales (Sánchez, 2023).

1.2.2. Criterios para la selección de indicadores ambientales

Algunos de los criterios y requisitos que maneja la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para la selección de indicadores ambientales, están relacionados con base a la relevancia política y utilidad, consistencia analítica y mensurabilidad, los cuales se exponen a continuación (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2000):

Relevancia política y utilidad. La importancia política y utilidad de un indicador reside en su capacidad para ofrecer una visión clara y representativa del estado ambiental, las presiones y las respuestas sociales. Debe ser fácil de interpretar, mostrar tendencias a largo plazo, adaptarse a cambios, permitir comparaciones internacionales y tener un umbral o valor de referencia para su correcta interpretación.

Consistencia analítica. Debe estar bien fundamentado teóricamente en términos científicos y técnicos, basados en estándares y consensos internacionales para garantizar su validez y permitir su integración con modelos económicos, pronósticos y sistemas de información

Mensurabilidad. Los indicadores deben ser fácilmente accesibles o disponibles a un costo razonable, estar documentados y contar con una calidad reconocida, además de ser actualizados regularmente mediante procesos.

1.2.3. Indicadores socioeconómicos

Rivas-Casarrubia (2020), señala que estos indicadores brindan información sobre las condiciones sociales y económicas de una población. Fundamental para comprender la relación entre la sociedad y el medio ambiente y, para identificar las causas antropogénicas de la degradación de los ecosistemas. Entre estos: Educación, acceso a saneamiento, tasas de pobreza y desempleo, crecimiento poblacional.

1.3. Indicadores de gestión ambiental

Estos indicadores son esenciales para evaluar el progreso en la protección y conservación del medio ambiente (Beltrán, 2023) Además, proporcionan información para la toma de decisiones y la implementación de estrategias de gestión ambiental (Rivas-Casarrubia, 2020); se mencionan: áreas bajo conservación, presupuesto ambiental, regulaciones ambientales, generación y disposición de desechos sólidos. Estos indicadores proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre diversos aspectos ambientales (Carvajal *et al.*, 2019)

Resulta fundamental adaptar los indicadores según el contexto y los objetivos específicos de la organización o proyecto, con el fin de obtener una imagen clara y completa del desempeño

ambiental y facilitar la toma de decisiones para la mejora continua de la cuenca (Chavarría-Solera *et al.*, 2015). En la Tabla 1 se describen los indicadores socioambientales e institucionales considerados para la gestión de la información secundaria, permitiendo así establecer un seguimiento del cumplimiento de las competencias en el marco ambiental de la cuenca del río Malacatos.

1.3.1. Instituciones y competencias

Tabla 1.

Instituciones y competencias en gestión del recurso hídrico

Entidad	Responsabilidad
Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)	Dirección de la gestión ambiental y promoción de la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos y del medio ambiente en general.
Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA)	Administrar y supervisar los derechos de uso del agua, evaluar la calidad del agua y promover medidas para proteger y conservar los recursos hídricos.
Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja (GAD Municipal de Loja)	Gestión y administración de los recursos hídricos a nivel cantonal.
Ministerio de Agricultura Ganadería (MAG)	Dirección del desarrollo agrario, promoción de acciones para el crecimiento del sector agropecuario, ganadero, forestal y rural.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Es importante tener en cuenta que estos roles pueden estar sujetos a cambios y variaciones según la legislación y los cambios de gobierno del Estado ecuatoriano.

2. Metodología

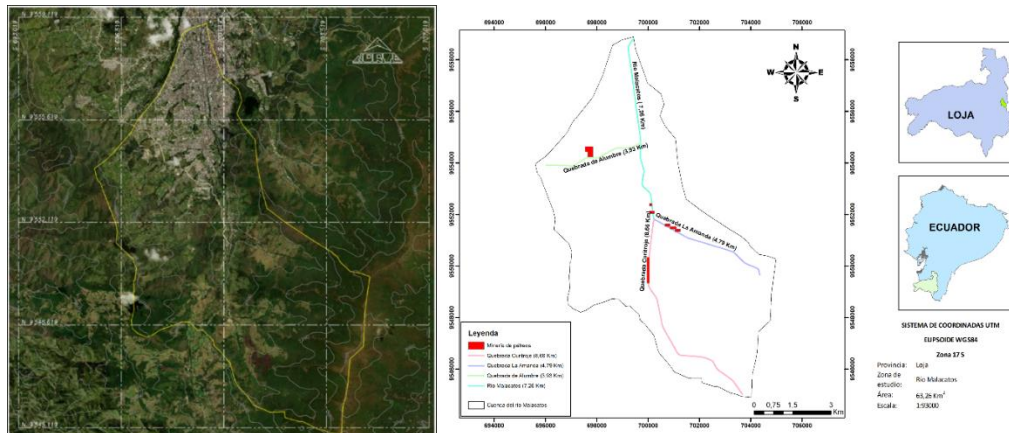
2.1. Área de estudio

La cuenca urbana del río Malacatos se encuentra al sur de Ecuador, delimitada por las coordenadas Este: 699.226 m - Norte: 9.558.812 m y Este: 699.506 m - Norte: 9.548.501 m, como se muestra en la Figura 2. El río Malacatos tiene su origen en el Parque Nacional Podocarpus (PNP) y recorre una franja altitudinal desde los 2.400 m.s.n.m. hasta los 1.200 m.s.n.m., extendiéndose a lo largo de 14 km (Yaguana y Cartuche, 2022). Este estudio se centra en el tramo que atraviesa la ciudad de Loja, denominándolo como tramo urbano, que abarca una longitud de 4,5 km; desde el límite urbano hasta su unión con el río Zamora.

Es alimentado por las quebradas Mónica, Santa Urcu y Curitroje, a medida que avanza por su curso recibe aportes de las quebradas Potrerillos, Namanda, Las Violetas y Punzara. Este río atraviesa la ciudad de Loja y se une con el río Zamora Huayco en las coordenadas Este: 699.429 y Norte: 9.558.898, sector urbano (Zúñiga, 2014).

Figura 2.

Área de estudio y red hídrica del río Malacatos



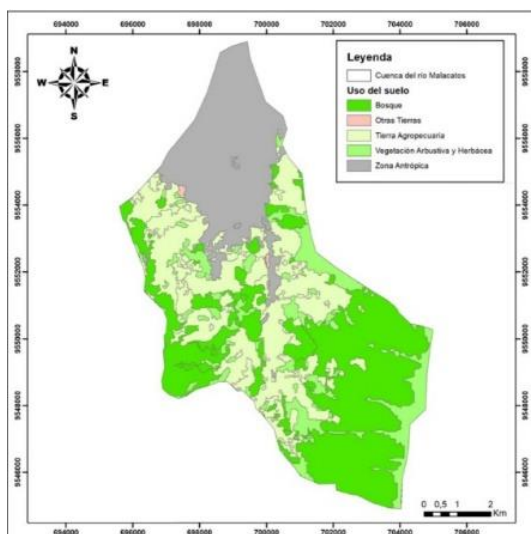
Fuente: Elaboración propia (2024).

Como se muestran en la Figura 2, en el cauce del río Malacatos existen concesiones de minería de pétreos, según datos obtenidos del Geo portal del catastro minero (2015). Estas actividades generan modificaciones en la morfología del cauce y un aumento en el contenido de sólidos totales (ST). La cuenca urbana presenta un relieve muy irregular, con pendientes que oscilan entre el 30% y el 50%, alcanzando inclinaciones superiores al 50% (Campoverde Salas, 2019)

El área de la cuenca aportante al río Malacatos es de 63,26 km² y contiene una variedad de ecosistemas, incluyendo extensos bosques dentro del área de protección hídrica (APH) Parque Nacional Podocarpus (PNP), áreas agrícolas y zonas urbanizadas; como se observa en la Figura 3. Se considera toda el área de la cuenca aportante porque el tramo urbano canaliza el caudal de toda la cuenca hasta su confluencia con el río Zamora aguas abajo.

Figura 3.

Área de estudio



Fuente: Elaboración propia (2024). Adaptado de <https://shorturl.at/pZZzI>

2.2. Metodología de la investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva cuantitativa, con un enfoque retrospectivo ya que se orienta en estudiar eventos, datos o fenómenos del pasado para identificar tendencias, patrones, relaciones causales y otros factores relevantes. Para la aplicación del método *PER*, se realizó inicialmente una minuciosa revisión de la literatura científica y técnica relacionada con la gestión ambiental y la calidad del agua en cuencas urbanas. Este análisis se enfocó especialmente en estudios previos realizados en la zona de estudio y en experiencias similares en otras regiones, con el objetivo de identificar las variables ambientales y sociales a introducir en el modelo. En países en vías de desarrollo como Ecuador, no existe una base de datos consistente en términos de indicadores ambientales de recursos hídricos. En ese contexto, se realiza el análisis del método *PER* utilizando datos de investigaciones previas realizadas en la zona de estudio. Además, se recopiló información disponible en los Geoportales de las instituciones públicas para trabajar con Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para el análisis temporal de cambios en el uso del suelo, se utilizó los mapas de tipo de suelo en la cuenca del Malacatos para excluir la presencia de elementos característicos de la zona, de los parámetros ajenos o con concentraciones superiores a los valores normales, asimismo se utilizaron los mapas de uso del suelo de los años 2014 y 2020 disponibles en el geoportal de SIGTierras.

En cuanto al análisis de la calidad del agua como indicador ambiental, se utilizaron los datos de los monitoreos realizados en el río Malacatos por Maldonado (2014) y Pesantes (2021). Con estos datos, se desarrolló el vector cuantitativo de calidad de agua del método *PER*, evaluando las presiones contaminantes en el cauce. Para ello, se tomaron como referencia los criterios de calidad de agua superficial establecidos en la Tabla 2 de la norma ecuatoriana TULSMA, "Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces".

El levantamiento de datos de campo, en el ámbito socioeconómico, se lo realizó mediante la aplicación de una encuesta de tipo cerrada, utilizando la escala de Likert con enfoque de investigación cuantitativa, la cual se empleó para medir actitudes, opiniones y percepciones. La investigación cuantitativa se enfoca en obtener resultados objetivos y generalizables a partir de muestras representativas. Utilizar la escala de Likert en una encuesta cerrada es eficaz para cuantificar las respuestas y realizar análisis descriptivos y correlacionales, a más de los análisis estadísticos.

La herramienta de investigación, encuesta, consta de dos partes: la primera dirigida a la ciudadanía en general y, la segunda a los funcionarios de las instituciones con competencias en la gestión de la cuenca y los recursos hídricos. Las preguntas se organizaron en dos bloques: el primero aborda la percepción de la calidad del agua del cauce urbano del río Malacatos, y el segundo se centra en aspectos sociales y socioeconómicos. La encuesta destinada a los funcionarios incluye temas relacionados con la gestión de calidad del agua, los aprovechamientos, la institucionalidad y gobernabilidad del recurso.

Para los indicadores de Presión, se asignaron valores de alta presión (3) a factores con impacto significativo en la calidad del agua, presión media (2) a factores con efectos moderados, y baja presión (1) a factores con influencia leve.

En cuanto a los indicadores de Estado y Respuesta, se asignaron valores de alta satisfacción (3) a respuestas que indicaban conocimiento o percepción positiva sobre la calidad del agua,

satisfacción media (2) a respuestas que denotaban incertidumbre o falta de información clara, y baja satisfacción (1) a respuestas que indicaban una percepción negativa o falta de conocimiento sobre la calidad del agua en la cuenca. Estos valores se resumen en la Tabla 2 utilizando una escala colorimétrica.

Tabla 2.

Escala Likert de Presión- Estado- Respuesta

Presión		Estado		Respuesta	
Escala	Nivel de impacto	Escala	Nivel de impacto	Escala	Nivel de impacto
3	Alta Factores con impacto significativo en la calidad del agua	1	Bajo Percepción negativa en la calidad del agua	1	Bajo Acciones limitadas, con una respuesta mínima.
2	Medio Aspectos con efectos moderados	2	Medio Percepción desfavorable sobre el estado del agua	2	Medio Esfuerzo moderado en las acciones
1	Bajo Factores con influencia baja sobre la calidad del agua	3	Alto Percepción positiva sobre la calidad del agua	3	Alto Acciones con una respuesta significativa

Fuente: Elaboración propia (2024).

El tamaño de la muestra se calculó mediante la Ecuación 1.

$$n = (Z^2\sigma^2N) / (e^2(N-1) + Z^2\sigma^2) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

Z = Valor de Z (nivel de confianza)

e = Margen de error máximo admitido (en proporción)

σ = Desviación estándar de la población (cuando se desconoce, se usa 0,5)

Para los diferentes niveles de confianza, se usan distintos valores de Z:

95% de confianza, $Z \approx 1,96$

97% de confianza, $Z \approx 2,17$

99% de confianza, $Z \approx 2,58$

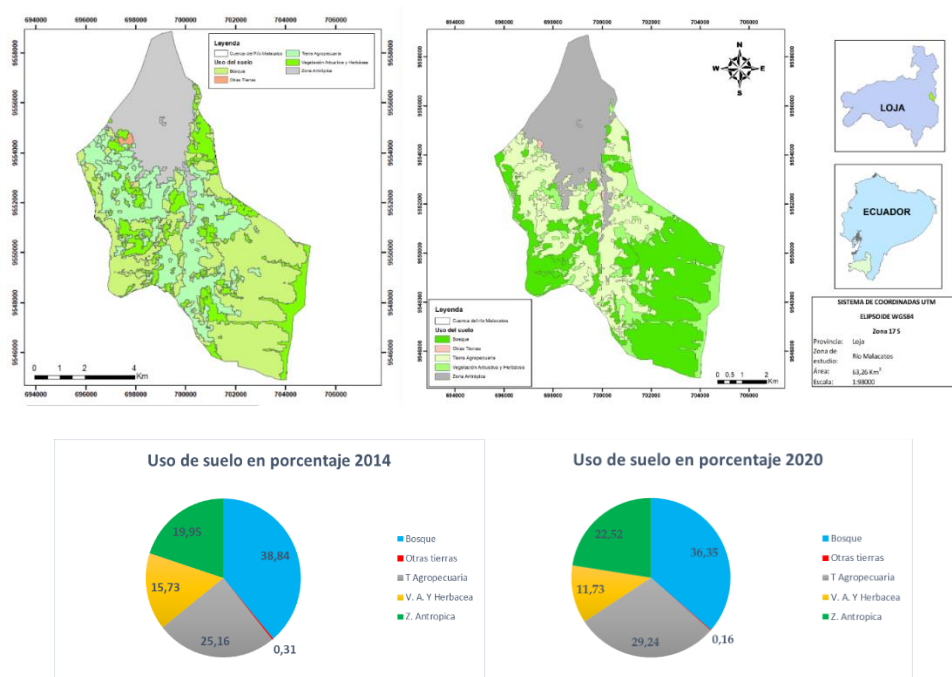
3. Resultados

3.1. Cambios de usos del suelo

Uno de los indicadores ambientales para la aplicación del método *PER*, es el cambio de uso del suelo en la cuenca aportante al río Malacatos. Para analizar este indicador, se cuantificaron los cambios temporales ocurridos entre los años 2014 y 2020, coincidiendo con los periodos de registro de los monitoreos de calidad del agua. Aunque el monitoreo se realizó en el año 2021, se consideró válido debido a la ausencia de un mapa de usos del suelo para el año 2021 y, se estima que la incidencia de un año a otro es baja. En la Figura 4 se muestran los mapas y los porcentajes de variación de los usos del suelo y, en la Tabla 3 los resultados; asignando como "Presión" las causas del cambio de uso del suelo y como "Estado" los efectos o consecuencias de dichos cambios, en consonancia con lo establecido por el método *PER*.

Figura 4

Cambios de uso del suelo en la cuenca del río Malacatos



Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 3.

Indicadores de uso del suelo en la cuenca del río Malacatos

Presión	Indicador	Uso del suelo			Estado
		2014	2020	Variación porcentual	
Deforestación	Cobertura boscosa	24,57 km ²	22,59 km ²	-2,49%	Reducción de la cobertura boscosa natural.
	Vegetación arbustiva y herbácea	9,95 km ²	7,42 km ²	-4,00%	
Expansión agropecuaria	Áreas agrícolas-ganaderas	15,92 km ²	18,49 km ²	+4,08%	Aumento de áreas agrícolas y ganaderas.
Crecimiento urbano	Zonas urbanizadas	12,62 km ²	14,24 km ²	+2,57%	Expansión de áreas urbanas.

Fuente: Elaboración propia (2024).

3.2. Calidad de agua tramo urbano del río Malacatos

Los puntos de control o monitoreo de la calidad del agua analizados por Maldonado (2014) y Pesantes (2021) en el tramo urbano se muestran en la Figura 5. En el año 2014 se ejecutaron tres puntos de monitoreo, mientras que en el año 2021 se realizó un único punto de control dentro del cauce urbano. Sin embargo, estos resultados permiten identificar los parámetros indicadores de contaminación orgánica, inorgánica, fecal e incluso tóxica, proporcionando evidencia cuantitativa del grado de contaminación del cauce en el área urbana.

Figura 5.

Ubicación de puntos de monitoreo 2014 y 2020 en el cauce urbano del Malacatos



Fuente: Tomado de Google earth. Elaboración propia (2024).

En la Tabla 4 se presenta un resumen del análisis sobre la “Presión” ejercida en el tramo urbano del río Malacatos, derivada de los contaminantes detectados durante los monitoreos de calidad del agua. Para la evaluación mediante el método *PER* se utilizaron los parámetros indicadores de contaminación. Como valor de referencia se tomó los establecidos en la norma ecuatoriana Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Tabla 2, "Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios". El “Estado” del río se determinó a partir del análisis de los resultados analíticos obtenidos.

Tabla 4.

Indicadores de calidad de agua en el río Malacatos

Presión	Parámetro indicador	Resultado		Criterios de calidad (TULSMA)	Estado
		2014	2021		
Descargas de aguas residuales no depuradas.	Coliformes fecales	120 000 NMP/100 ml	110 000 NMP/100 ml	1000 NMP/100ml	Bajo, sobrepasa el criterio de calidad
Actividades antropogénicas urbanas, descargas de residuos sólidos y escombros, minería de pétreos.	Sólidos totales	132 mg/L	72 mg/L	Max incremento de 10% de la condición natural	Medio, presencia de sólidos disueltos
Descargas de aguas residuales	Aceites y grasas	4 mg/L	2,8 mg/L	0,3 mg/l	Bajo, excede el criterio de calidad
Actividades industriales y minería de pétreos.	Plomo	0,376 mg/L	*	0,001 mg/l	Bajo, excede criterio de calidad, toxico para la flora y fauna.

Descargas de AR sin depurar	Mercurio	0,003 mg/L	*	0,0002 mg/l	Bajo, tóxico
--------------------------------	----------	---------------	---	-------------	--------------

Fuente: Elaboración propia (2024). (*) Sin dato.

3.3. Indicadores socio económicos del método PER

La población de la ciudad de Loja según datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) ha variado como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.

Población

Habitantes población urbana	Año		
	2001	2010	2022
Total	142.271	180.617	203.496

Fuente: Elaboración propia (2024). Tomado de <https://censoecuador.ecudatanalytics.com/>

El tamaño de la muestra, calculado utilizando la Ecuación 1 con un nivel de confianza del 95% y $z=1,96$ es 96 individuos. Sin embargo, se encuestó a 103 habitantes, seleccionados entre los ciudadanos con viviendas a lo largo de los márgenes del río, segmentados al inicio del tramo urbano, centro y en la zona de intersección con el río Zamora, que también atraviesa la ciudad de Loja. En cuanto a los especialistas de instituciones con competencias en la gestión de recursos hídricos en la zona de estudio, la muestra incluyó a 6 técnicos. Es importante señalar que el número de funcionarios es bajo, lo que afectó el tamaño de la muestra. Además, la falta de acceso a la información y la negativa de algunos de ellos a responder la encuesta limitaron aún más la participación.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de las encuestas de los diferentes indicadores del PER

Tabla 6

Indicadores socio económicos del PER

Indicador Presión Socio-Económico. Vector: Recolección de los desechos sólidos						
Ítem	Opciones	Escala	Frecuencia	%	Media	
¿Cuál es la principal forma de eliminación de los desechos sólidos en su comunidad?	Terreno baldío o quebrada	Bajo	1	103	100	1,00
		Medio	2	0	0	
		Alto	3	0	0	
	La entierran.	Bajo	1	103	100	1,00
		Medio	2	0	0	
		Alto	3	0	0	
	La queman.	Bajo	3	103	100	1,00
		Medio	2	0	0	
		Alto	1	0	0	
Camión recolector	Bajo	1	103	100	1,00	
	Medio	2	0	0		
	Alto	3	0	0		

Indicador: Aprovechamiento y demanda del recurso hídrico. **Vector:** Índice de sostenibilidad hídrica

Ítem	Opciones	Escala	Frecuencia	%	Media	
¿Conoce si existen sistemas de tratamiento de aguas residuales en su área de trabajo que permita la reutilización del agua en actividades agrícolas o industriales?	Si	3	2	33	1,67	
	No sabe	2	0	0		
	No	1	4	67		
¿Existen programas para promover prácticas agrícolas que optimicen el uso del agua?	Si	3	2	33	1,83	
	No sabe	2	1	17		
	No	1	3	50		
Conoce usted si ¿Se realizan evaluaciones para medir el impacto industrial en el recurso hídrico?	Si	3	1	17	1,50	
	No sabe	2	1	17		
	No	1	4	67		
¿Las industrias están adoptando tecnologías eficientes en el uso del agua?	Si	3	1	17	1,50	
	No sabe	2	1	17		
	No	1	4	67		
¿Considera usted que se están utilizando tecnologías de bajo consumo de agua en el sector industrial?	Si	3	0	0	1,67	
	No sabe	2	4	67		
	No	1	2	33		
De los siguientes enunciados según su criterio, señale en qué medida afecta al uso y aprovechamiento del agua:	Fugas y pérdidas en infraestructura.	Bajo	3	0	0	1,50
		Medio	2	3	50	
		Alto	1	3	50	
	Prácticas ineficientes de riego para la agricultura.	Bajo	3	0	0	1,33
		Medio	2	2	33	
		Alto	1	4	67	
	Hábitos domésticos derrochadores.	Bajo	3	0	0	1,00
		Medio	2	0	0	
		Alto	1	6	100	

Indicador Socio-Económico. Vector: Conciencia ciudadana sobre contaminación hídrica

Ítem	Opciones	Escala	Frecuencia	%	Media	
En su opinión, ¿La comunidad local participa en la protección y conservación de los recursos hídricos de la cuenca del río Malacatos?	Si	3	15	15	1,93	
	No sabe	2	66	64		
	No	1	22	21		
En su economía familiar, ¿En qué grado considera usted que los gastos médicos están relacionados con la calidad de agua que utiliza?	Bajo	3	7	7	1,78	
	Medio	2	66	64		
	Alto	1	30	29		
A medida que la	Demanda de	Bajo	3	0	0	1,41

población crece, la demanda del consumo de agua también. En su opinión, ¿cuál sería el impacto en las siguientes áreas?:	consumo humano.	Medio	2	42	41	
		Alto	1	61	59	
		Bajo	3	5	5	
	Agricultura.	Medio	2	69	67	1,77
		Alto	1	29	28	
		Bajo	3	33	32	
	Industria.	Medio	2	47	46	2,10
		Alto	1	23	22	

Indicador: Institucionalidad y gobernabilidad. Vector: Inversión en monitoreo de calidad de agua

Ítem	Opciones	Escala	Frecuencia	%	Media
¿La institución en la que se desempeña tiene la competencia de monitoreo de calidad de agua?	Si	3	5	83	2,67
	No sabe	2	0	0	
	No	1	1	17	
En caso afirmativo la institución anterior ¿El monitoreo de la calidad del agua del río Malacatos se lo realiza mensual o trimestralmente?	Si	3	1	17	1,33
	No sabe	2	0	0	
	No	1	5	83	
¿Considera que la institución en la que trabaja cuenta con los recursos económicos y técnicos necesarios para cumplir con su función?	Si	3	1	17	1,67
	No sabe	2	2	33	
	No	1	3	50	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Los resultados del indicador socioeconómico sobre la gestión del cauce del río Malacatos en el tramo urbano y su valor ponderado según el método "Presión, Estado y Respuesta", se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Indicadores socio económicos del PER

Indicadores.		Media general	Observación
Presión	Cobertura de alcantarillado y saneamiento.	2,00	Detección de descargas clandestinas de aguas residuales urbanas: Problema de malos olores y proliferación de roedores. Se realiza la recolección de residuos mediante vehículos de servicio de aseo. Sin embargo, se ha observado a lo largo del río Malacatos la presencia de basura y escombros, los cuales obstaculizan el curso natural del mismo.
	Manejo de residuos sólidos	1,00	
Estado	Calidad del agua.	1,46	1,48

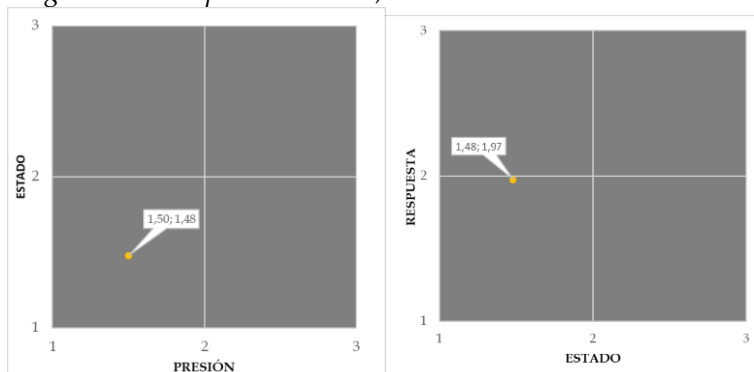
Indicadores.	Media general	Observación
Índice de sostenibilidad hídrica	1,50	El índice de sostenibilidad hídrica revela un nivel bajo de gestión del cauce en la zona urbana, destacando deficiencias tecnológicas y prácticas ineficientes que afectan su sostenibilidad.
Respuesta Políticas y normativas sobre calidad hídrica.	2,11	Baja respuesta institucional, evidenciando limitada implementación de políticas y protocolos sobre gestión de calidad de la cuenca urbana.
Conciencia ciudadana sobre contaminación hídrica.	1,80	Baja conciencia ciudadana sobre contaminación del cauce del Malacatos
Inversión en monitoreo de calidad de agua.	1,89	Baja inversión en monitoreo de calidad del agua. Sin asignación de presupuesto.
Identificación de fuentes de contaminación puntuales y difusas.	2,09	Medio nivel de conocimiento o de fuentes contaminantes. No existe un catastro de
	1,97	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Con el propósito de analizar la relación cuantitativa entre los indicadores del *PER*, se presentan diagramas de dispersión que muestran la interacción entre presión y estado, así como entre estado y respuesta. Estos diagramas son útiles para visualizar las correlaciones o patrones entre las variables. En la Figura 6 se pueden observar dichos diagramas.

Figura 6.

Diagramas de dispersión P vs E; E vs R



Fuente: Elaboración propia (2024).

4. Discusión

El modelo (P-E-R), desarrollado por la OCDE y *Environmental Canadá* en 1993, ofrece una estructura organizativa simple para analizar la interacción entre las actividades humanas y el medio ambiente, centrándose en este trabajo en los recursos hídricos. Este enfoque busca responder interrogantes fundamentales sobre los factores que presionan al ambiente, su estado actual y las acciones adoptadas para mitigar estos efectos. A través de sus indicadores, el modelo P-E-R ha delineado una secuencia causal que ilustra cómo las actividades humanas afectan la calidad en el tramo urbano del río Malacatos, y cómo el gobierno y la sociedad han respondido con medidas para reducir estos impactos.

En este contexto, como se muestra en la Tabla 3, los cambios en el uso del suelo de la cuenca entre 2014 y 2020 indican una disminución del 2,49% en la cobertura de bosques naturales y del 4% en la vegetación arbustiva y herbácea. Esta diferencia es ocupada por el aumento de 4,08% en tierras agropecuarias y del 2,57% en áreas urbanizadas. Uno de los efectos inmediatos a nivel de cuenca es que, el sellado antrópico del suelo implica que el 100% de la lluvia se convierte en escorrentía, impidiendo la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo y los acuíferos (Henríquez y Azócar, 2006). Estos cambios en el uso del suelo son un claro indicador implícito de la presión a la que está sometida la cuenca.

Según Camarasa-Belmonte *et al.* (2018) una cuenca de drenaje conforma una unidad sistémica en la que todos los elementos están interrelacionados. Por lo tanto, cambios en cualquier parte pueden provocar reacciones en el resto, llegando a desequilibrar el sistema fluvial. Considerando además que, la expansión de áreas agropecuarias conlleva el uso de productos químicos que inevitablemente llegarán al cauce del río Malacatos por arrastre, afectando su calidad.

En la Tabla 4, se identifican como “Presión” las acciones antrópicas que originan Los resultados que indican que las actividades humanas en las márgenes del cauce del río Malacatos son responsables de las altas concentraciones de coliformes fecales, aceites, grasas, plomo y mercurio, superando los criterios de calidad establecidos por la normativa ecuatoriana. Esto señala una significativa contaminación orgánica y tóxica, reflejando un grave impacto sobre la calidad del agua. El “Estado” se califica de acuerdo con los criterios de calidad establecidos en la normativa TULSMA, proporcionando un marco claro para evaluar el impacto de estas presiones sobre la calidad del agua.

Aunque estos resultados provienen de estudios puntuales y no existen datos de un plan de monitoreo consistente en el tiempo ni con un número definido de parámetros; proporcionan información fiable y sustentada sobre la calidad del agua en el tramo urbano del río Malacatos.

Castro *et al.* (2014) señalan que la calidad del agua se mide mediante distintos parámetros que cuantifican el grado de alteración de sus cualidades naturales y la clasifican para un uso determinado. Sin embargo, para aplicar como base de evaluación los denominados Índices de Calidad de Agua (ICA), es necesario disponer de una amplia base de datos y considerar parámetros que no siempre están incluidos en uno u otro método. La elección de estos parámetros dependerá, como se ha mencionado, del uso que se requiera hacer del recurso.

El enfoque multidimensional adoptado en este estudio, centrado en la gestión de los recursos hídricos, incluye un análisis de la percepción ciudadana sobre aspectos como el conocimiento de los indicadores ambientales relacionados con la calidad del agua, así como factores sociales, económicos e institucionales. Este enfoque pone en evidencia la visión preocupante por la ciudadanía sobre la calidad hídrica del cauce urbano del río Malacatos.

La baja calificación en los indicadores de estado, con un puntaje de 1,46 para la calidad del agua y 1,50 para el índice de sostenibilidad hídrica, reflejan claramente la percepción de la contaminación existente. Los resultados en los indicadores de conciencia ciudadana sobre la contaminación hídrica (1,80) e inversión en monitoreo de calidad del agua (1,89) no reflejan fielmente la realidad, conclusión basada en el hecho de que no existe una base de datos robusta sobre la calidad del agua en este cauce. Sin embargo, ese es el resultado de la encuesta. Las demás puntuaciones en los indicadores de respuesta resaltan falencias significativas en la gestión institucional y en las prácticas de manejo del recurso.

Adicionalmente, se refuerza el nivel de percepción de la ciudadanía sobre la calidad del agua en el tramo urbano del río Malacatos con los datos proporcionados en la Tabla 4. Estos valores cuantitativos representan el indicador más contundente respecto al grado de contaminación de este cauce urbano.

Finalmente, en los gráficos de dispersión se observa que la puntuación de 1,48 en el eje de "Estado" indica un estado del agua bajo, lo que refleja una condición de calidad del agua bajo. Este bajo puntaje podría ser el resultado de factores como la alta concentración de coliformes fecales, aceites, grasas, plomo y mercurio, tal como se discutió en los párrafos anteriores. La proximidad de las puntuaciones (1,50 para Presión y 1,48 para Estado) muestra una correlación directa entre la presión ejercida sobre el sistema y el estado actual del agua. Esto revela que las acciones antrópicas y los cambios en el uso del suelo están teniendo un impacto tangible y negativo en la calidad del agua del río Malacatos.

Asimismo, la relación entre las puntuaciones de "Estado" y "Respuesta" muestra que, a pesar de ciertos esfuerzos por parte de las instituciones y la comunidad, la calidad del agua resulta baja. Esto implica que las acciones tomadas hasta el momento no han sido suficientes para mejorar la calidad del agua. La moderada puntuación en "Respuesta" indica que hay que mejorar las estrategias y acciones de mitigación. Esto incluye implementar un plan de monitoreo adecuado, fortalecer la infraestructura de saneamiento y promover prácticas sostenibles entre los actores involucrados.

El enfoque multidimensional adoptado en este estudio refuerza la importancia de considerar múltiples factores y actores, sin embargo, el estudio también afronta la suficiencia de los esfuerzos actuales en la gestión hídrica, mostrando que, a pesar de las medidas básicas implementadas, la calidad del agua en el río Malacatos es baja, lo que evidencia la necesidad de enfoques más integrados y efectivos.

En términos prácticos, los resultados subrayan la urgencia de mejorar las estrategias de gestión de la cuenca del río Malacatos. Desde una perspectiva teórica, el estudio aporta valiosa evidencia sobre la utilidad del modelo *PER* para evaluar la interacción entre actividades humanas y el medio ambiente, especialmente en contextos urbanos. Los valores obtenidos y su interpretación proporcionan un marco robusto para futuras investigaciones y generación de política pública de gestión ambiental.

Una de las principales limitaciones del estudio es la falta de una base de datos amplia y detallada sobre la calidad del agua. Los resultados se basan en estudios puntuales, lo que puede afectar la fiabilidad y la representatividad de los resultados. Además, los indicadores cuantitativos utilizados no reflejan completamente la realidad debido a la carencia de datos significativos.

5. Conclusiones

La recolección de datos se vio obstaculizada por la falta de transparencia y acceso a información actualizada por parte de los servidores públicos de las instituciones como MAATE, ARCERNN, MAG y los GADs municipales. Esto resalta la necesidad de mejorar los mecanismos de acceso a datos ambientales para investigaciones orientadas a promover la sostenibilidad, evidenciando también debilidades institucionales en las políticas públicas, aspecto a considerar para futuras investigaciones. Como alternativa, se optó por utilizar datos de investigaciones realizadas por otras instituciones académicas.

La aplicación del método P-E-R permitió analizar la relación entre los factores que ejercen presión y afectan la calidad del agua en la cuenca del río Malacatos. Los indicadores de uso de suelo revelan cambios significativos entre 2014 y 2020, con una disminución de áreas boscosas (2.49%) y una expansión de zonas agropecuarias (4.08%) y urbanas (2.56%). Estos cambios indican alteraciones como la reducción de la cobertura boscosa, que en conjunto con otros factores afectan la capacidad de regulación hídrica de la cuenca y aumentan el riesgo de desbordamientos durante condiciones climáticas extremas.

El análisis de la calidad del agua en 2014 y 2021 muestra concentraciones elevadas de diversos contaminantes que exceden significativamente los límites permisibles establecidos en la normativa TULSMA. En particular, se han detectado niveles elevados de aceites y grasas (4 mg/l frente a 0,375 mg/l), plomo (0,376 mg/l frente a 0,0028 mg/l) y mercurio (0,003 mg/l frente a 0,0002 mg/l), lo cual indica un claro deterioro en la calidad del agua, asociado a descargas de aguas residuales sin tratamiento y otras actividades antrópicas.

La percepción de la población local y de los especialistas encuestados muestran una preocupación significativa sobre la calidad hídrica en la cuenca del río Malacatos. La baja calificación en los indicadores de calidad del agua (1.48) refleja la contaminación existente, mientras que las puntuaciones en los indicadores de respuesta (1.97) señalan deficiencias en la gestión institucional y en las prácticas de manejo del recurso hídrico.

Para mejorar futuras investigaciones utilizando el método *PER*, es recomendable promover la transparencia ambiental y facilitar el acceso abierto a datos cruciales sobre la calidad del agua en la cuenca, siendo fundamental fomentar la colaboración estrecha entre instituciones académicas y gubernamentales para compartir datos y conocimiento, estableciendo alianzas estratégicas que maximicen recursos y experiencia, mejorando así la calidad de la información disponible.

6. Referencias

- Aburto Ríos, P. (2019). *Diagnóstico ambiental del sistema Lagunar Mandinga mediante el modelo conceptual Presión-Estado - Respuesta* [Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. RAA-BUAP. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/4626>
- Albán Vallejo, L. N. (2015). *Propuesta de educación ambiental para la ciudad de Loja* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Loja. Repositorio Digital. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10937>
- Álvarez-Villa, O. D., Ospina, S., Pérez, K., Monsalve, G., Blessent, D. y Vélez, J. I. (2017). Implementación eficiente de un código en paralelo para resolver la ecuación de flujo subterráneo en medios heterogéneos y anisótropos. *Aqua-LAC*, 9(2), 1-14. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2017-v9-2-01>

- Beltrán Atoche, E. C. (2023). *Gestión ambiental y desarrollo sostenible en la percepción de los ciudadanos del distrito de Santiago de Surco, 2023* [Tesis de Maestría]. Universidad César Vallejo. Repositorio Digital Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/126830>
- Camarasa-Belmonte, A. M., López, M. P. C. y García, E. I. (2018). Land use change, runoff generation and soil loss. Synergies and compensations in a Mediterranean ephemeral stream (Barranc del Carraixet, 1956-2011). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 2018(78), 127-153. <https://doi.org/10.21138/bage.2714>
- Campoverde Salas, M. A. (2019). *Balance hídrico diario de la microcuenca hidrográfica del río Malacatos en la provincia de Loja* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Loja. Repositorio Digital. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/22525>
- Carrillo Jara, N. (2010). *El crecimiento urbano de la ciudad de Loja y su influencia sobre los recursos naturales circundantes* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Loja. Repositorio Digital. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5777>
- Carvajal Ortiz, S. Y., Preciado Valencia, K. L. y Rodríguez Estacio, J. (2019). Presión - Estado - Respuesta en la gestión de las áreas protegidas de la provincia de Esmeraldas. *Gestión Ambiental*, 17. <https://revistas.pucese.edu.ec/gestion-ambiental/article/view/386>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., y Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Chavarría-Solera, F., Garita Sánchez, N. y Gamboa-Venegas, R. (2015). Indicadores de gestión ambiental: Instrumento para medir la calidad ambiental de la Universidad Nacional de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 49(1), 37. <https://doi.org/10.15359/rca.49-1.3>
- Esquivel González, B. E., y Molano Claros, B. M. (2014). *Indicadores ambientales para la identificación de la calidad del recurso hídrico de la cuenca alta del río Bogotá bajo el modelo ordenador de Presión-Estado-Respuesta* [Tesis de pregrado]. Universidad de la Salle. Ciencia Unisalle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/835/
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A. y Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería Del Agua*, 25(2), 115. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Henríquez, C. y Azócar, G. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 36, 61-74. <https://shorturl.at/WPrca>
- López Ramos, D. R. y Bocado Delgado, E. F. (2022). Evaluación de la sostenibilidad de cuencas hidrográficas. Estudio de caso: Cuenca del Chili, Arequipa-Perú. *Revista Alfa*, 6(18), 453-462. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.182>
- Maldonado Mendieta, G. A. (2014). *Monitoreo de la calidad de agua del Río Malacatos, tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica Particular de Loja. RiUTPL. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10606>

- Moreira-Cevallos, J. E. (2020). Contaminación ambiental de los ríos Bravo y Muerto, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia Los Esteros, cantón Manta. *Polo del Conocimiento*, 5(2), 556-578. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i2.1298>
- Orellana Samaniego, M. L., Sellers Walden, C. y Martínez Gavilanes, J. (2017). Índice de calidad ambiental urbana de Cuenca. *Universidad Verdad*, 73, 65-77. <https://doi.org/10.33324/uv.v1i73.38>
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2000). *Frameworks to Measure Sustainable Development*. OECD Publications Service.
- Pandia, E. A. (2016). Modelo presión, estado, respuesta (p-e-r), para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua caso: cuenca del río Puyango Tumbes. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 19(37), 39-46. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i37.12953>
- Pesantes Zhanay, B. A. (2021). *Calidad del agua en microcuencas de quebradas: Las Pavas - Shushuhuayco - Turunuma y del cementerio en barrios occidentales de la ciudad de Loja, provincia de Loja*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Guayaquil. Repositorio UG. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/40000c6b-be31-4e33-876e-ecca9bf17348>
- Pino Neculqueo, M. E. (2001). *Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental y urbana en las Agendas 21 local y ecoauditorías municipales. El caso de las regiones urbanas europeas*. Càtedra Victoriano Muñoz.
- Rivas-Casarrubia, J. D. (2020). Indicadores de Vulnerabilidad Social como Herramienta de Planificación y Gestión de Riesgos Ambientales en Colombia. In *Vestigium Ire*, 14(1), 41-55. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/2024>
- Salas Facho, A. J. (2018). *Influencia de indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER) en el desarrollo sostenible de la zona de la franja ribereña del río Chillón distrito Los Olivos*. [Tesis de pregrado]. Universidad César Vallejo. Repositorio Digital Institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21826>
- Sánchez Rojas, A. (2023). *Sistema antrópico y calidad del agua en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Cajamarca. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5914>
- Villamil Castillo, H. A. (2022). Sustainable land-use planning management in Latin America: A systematic literature review. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(98), 417-434. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.98.3>
- Yaguana, R. y Cartuche, V. (2022). Variación de diatomeas (Bacillariophyta) en un gradiente del estado de conservación de ribera del río Malacatos, Loja- Ecuador. *CEDAMAZ*, 12(2). <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i2.1626>
- Zúñiga Torres, A. L. (2014). *Modelación de la calidad de agua del río Malacatos, tramo comprendido desde el Sector Dos Puentes hasta Sauces Norte*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica Particular de Loja. RiUTPL. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/10606>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as: Levantamiento de información: Villa Aguinosa, Luis Eduardo

Financiación: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

AUTOR/ES:

Sonia Lorena Gonzaga Vallejo

Universidad Técnica Particular de Loja.

Máster en Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos por la Universidad de Alcalá de Henares, España; Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente Universidad Politécnica de Valencia – España. Ingeniero Civil por la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. Consultora individual en obras de ingeniería hidráulica y sanitaria. Directora de varios proyectos en el área de saneamiento para entidades gubernamentales, directora de varios proyectos de investigación, extensión y vinculación con la sociedad de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

slgonzaga@utpl.edu.ec

Orcid ID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0003-3453-2419>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&pli=1&user=QKrdedgAAAAJ>