

## ODS 6 : Agua limpia y saneamiento

### **Justificación**

El monitoreo de la calidad del agua es fundamental para garantizar la salud de los ecosistemas y de las comunidades que dependen de este recurso. En este contexto, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) combinado con análisis de decisiones multicriterio permite un análisis más detallado de la distribución y variabilidad de los parámetros físico-químicos del agua, facilitando así una toma de decisiones más informada y efectiva para la gestión ambiental del ecosistema acuático. De esta manera, el uso integrado de SIG y métodos multicriterio representa un avance importante en la planificación y conservación de cuerpos de agua sensibles, optimizando los recursos y promoviendo prácticas sostenibles (1).

Asimismo, comprender las percepciones locales sobre la calidad del agua resulta esencial para identificar barreras y oportunidades en la comunicación ambiental, lo que permite implementar estrategias más efectivas de prevención, educación y gestión del recurso hídrico adaptadas a las necesidades de cada comunidad (2).

Por otro lado, el estudio sobre la dinámica de la calidad del agua del río Cunas aporta datos valiosos sobre las variaciones espaciales y temporales de los parámetros fisicoquímicos, información que resulta fundamental para evaluar los posibles riesgos asociados a la salud humana y la integridad del ecosistema. Gracias a estos hallazgos, se pueden diseñar estrategias de gestión y mitigación más efectivas para proteger los recursos hídricos y garantizar un suministro seguro para las comunidades que dependen de este río (3).

La evidencia recopilada en diferentes años sobre parámetros como pH, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos totales confirma la variabilidad temporal de la calidad del agua y permite identificar riesgos para la salud pública y el ambiente (4).

Finalmente, el uso de tecnologías emergentes como sistemas IoT ha demostrado ser eficiente para el monitoreo en tiempo real de parámetros críticos en acuicultura, lo que valida su aplicación en soluciones accesibles de bajo costo que mejoran el control de la calidad del agua en contextos comunitarios (5). A su vez, la revisión de literatura sobre contaminación del agua destaca la importancia de monitorear continuamente variables como pH, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos totales, pues constituyen información clave para la toma de decisiones ambientales y el manejo sostenible de los recursos hídricos (6).

## **Delimitación de parámetros**

Para analizar la severidad de la polución del agua tres parámetros pueden ser utilizados: físicos, químicos y biológicos (7). Sin embargo, con el fin de hacer el proyecto viable, se ha limitado a solo parámetros químicos y físicos, puesto a que el parámetro biológico requiere un sistema de detección de microorganismos cuya implementación constituye otro proyecto.

Dentro de los parámetros físicos se incluye la turbidez y la temperatura, mientras que el PH y el oxígeno disuelto están dentro de los parámetros químicos. La conductividad junto al total de sólidos disueltos (TDS) pertenece en ambas categorías por ser de carácter físico-químico.

## **Limitaciones**

Se debe tener en cuenta que los parámetros utilizados son limitados y no pueden medir aquellos que requieran sensores especializados como la concentración de solventes, concentraciones específicas de un cierto metal o contenido de amoníaco. El propósito es detectar anomalías para notificar a las autoridades y dejar que ellos hagan la evaluación adecuada de la calidad del agua, pero los parámetros especificados poseen suficiente peso para que dicha notificación tenga validez.

## **Uso del ECA para detectar anomalías con parámetros individuales**

Para satisfacer condiciones básicas de vida, el agua tiene que ser accesible y no debe representar un riesgo para la salud humana. La autoridad responsable de hacer cumplir dicho principio es la Autoridad Ambiental Nacional (AAN), la cual establece el Estándar de Calidad del Agua (ECA) como las medidas máximas permitidas de concentración de parámetros químicos, físicos y biológicos que no representen un riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (8).

De las categorías especificadas por la ECA se considerarán las tres más importantes para abordar la problemática.

Categoría 1, subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de aguas potables.

Categoría 3, subcategoría D1: Riego de vegetales

Categoría 4, subcategorías E1 y E2: Conservación del ambiente acuático de lagunas, lagos y ríos.

La primera forma de interpretación de los valores en los sensores es de manera individual. A primera vista, la comparación directa de los valores obtenidos con las categorías permite un descarte básico e incompleto, identificando valores anómalos no correspondientes.

Los parámetros por sí solos tienen una gran importancia, por ejemplo: La turbidez es causada por material suspendido que puede facilitar la adsorción de microorganismos y metales pesados. La temperatura influye en la biosorción de metales pesados. Un PH excesivamente alto o bajo puede ser perjudicial para el uso del agua. El TDS puede diferenciar entre aguas dulces, salobres o saladas mientras que la conductividad eléctrica permite determinar si se puede utilizar para irrigar o apagar incendios. Por último, el oxígeno disuelto es muy útil para determinar polución y calidad (7). Con este parámetro, obteniendo resultados en una línea de tiempo se puede calcular la demanda bioquímica de oxígeno.

### **Interpretación con relaciones solapantes**

Utilizando el oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y pH se puede determinar la probable presencia de microorganismos. Un DO con tendencia decreciente indica demanda bioquímica de oxígeno, también un efecto de la solubilidad del oxígeno ante la temperatura (6). Si éste está cerca del óptimo, las bacterias se reproducen más rápido, tendrán mayor demanda, descompondrá la materia orgánica y a medida que el oxígeno disuelto se acaba, las actividades anaeróbicas comienzan. Si existe turbidez causada por partículas físicas, éstos pueden ofrecer un lugar para que las bacterias permanezcan (7), aumentando más la probabilidad de presencia. Sumando el hecho de que mayor turbidez incrementa la absorción de los rayos solares (7) y por tanto la temperatura, se puede saber que el oxígeno disuelto disminuirá. También, un pH relativamente neutro contribuye al favorecimiento del entorno microbiano.

Para detectar la presencia probable de metales pesados también se necesita más de un parámetro, el pH y la turbidez. Las partículas suspendidas que causan turbidez pueden adsorber metales pesados, mientras que un pH bajo puede corroer o disolver sustancias y metales (7).

En conclusión, cuando más de un parámetro coincide con un diagnóstico, sus valores aumentan en significado y sirven para hacer un diagnóstico más probable acerca del estado del agua. La relación solapada de los parámetros es naturalmente el siguiente nivel de interpretación.

### **Parámetros visuales no automatizados**

Si bien las anteriores formas de interpretación llevan a conocer el estado del agua, las observaciones pueden corroborar las mediciones hechas electrónicamente, así como permitir formular una hipótesis acerca de su proveniencia. A parte del olor y color se pueden utilizar algunos parámetros del ECA (8), como:

- Materiales flotantes de origen antropogénico
- Presencia visible de película de aceites y grasas
- Presencia de espuma persistente

Oliendo y observando su color se puede determinar la causa de la turbidez, sea por la presencia de algas, por su similitud al desagüe, partículas físicas u otros. En caso de haber una lectura anómala se lo puede relacionar al material flotante de origen antropogénico. Por otro lado, en caso de que la anomalía esté presente en PH y turbidez, observar la presencia de espuma persistente puede indicar la presencia posible de detergentes como causas principales de las lecturas.

Otro ejemplo de uso es para corroborar la demanda bioquímica de oxígeno. En caso de tener altos niveles de demanda y turbidez, su olor puede indicar la presencia de bacterias anaeróbicas, lo cual verifica el bajo nivel de oxígeno disuelto. En caso de tener un color muy turbio, puede indicar que la fuente de agua está yendo bajo un proceso de eutrofización, un crecimiento excesivo de algas.

Estas observaciones pueden ayudar bastante en caso de que la anomalía se de en un solo parámetro y no se lo pueda relacionar a otros para obtener una interpretación más detallada.

## Referencias

1. Batina A, Šiljeg A. Enhancing water quality monitoring in a coastal shallow lake using GIS and multi-criteria decision analysis. *Environ Sustain Indic.* diciembre de 2025;28:100881.
2. Rangelcroft S, Dextre RM, Richter I, Grados Bueno CV, Kelly C, Turin C, et al. Unravelling and understanding local perceptions of water quality in the Santa basin, Peru. *J Hydrol.* 1 de octubre de 2023;625:129949.
3. Custodio M, Peñaloza R, Chanamé F, Hinostroza-Martínez JL, De la Cruz H. Water quality dynamics of the Cunas River in rural and urban areas in the central region of Peru. *Egypt J Aquat Res.* 1 de septiembre de 2021;47(3):253-9.
4. Data on the spatial and temporal variability of physical-chemical water quality indicators of the Cunas River, Peru. *Chem Data Collect.* 1 de junio de 2021;33:100672.
5. Bresnahan PJ, Wirth T, Martz T, Shipley K, Rowley V, Anderson C, et al. Equipping smart coasts with marine water quality IoT sensors. *Results Eng.* marzo de 2020;5:100087.
6. Misman NA, Sharif MF, Chowdhury AJK, Azizan NH. Water pollution and the assessment of water quality parameters: a review. *Desalination Water Treat.* mayo de 2023;294:79-88.
7. Omer NH. Water Quality Parameters. En: *Water Quality - Science, Assessments and Policy* [Internet]. IntechOpen; 2019 [citado 21 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/69568>
8. Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM [Internet]. [citado 21 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>