



Vertimiento de aguas residuales domiciliarias y el grado de contaminación del río Pisco, Ica

Discharge of domestic wastewater and the degree of contamination of the Pisco River, Ica

Descarte de águas residuais domésticas e o grau de contaminação do rio Pisco, Ica

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.313>

Violeta Victoria Barrera Castillo
vbarrerac_1405@hotmail.com

Pedro Córdova Mendoza
pedro.cordova@unica.edu.pe

Jaime Antonio Martínez Hernández
jaime.martinez@unica.edu.pe

Teresa Oriele Barrios Mendoza
oriele.barrios@unica.edu.pe

Isis Cristel Cordova Barrios
isis.cordova@unica.edu.pe

Víctor Alberto Candia Palomino
vcandia@unica.edu.pe

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga. Ica, Perú

Artículo recibido 22 de julio 2024 / Arbitrado 28 de agosto 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

RESUMEN

Introducción: El vertimiento de aguas residuales domésticas en cuerpos de agua superficiales, como ríos, lagos y océanos, constituye uno de los problemas ambientales más graves a nivel mundial. El **objetivo**, fue verificar el vertimiento de aguas residuales domiciliarias contribuye en el grado de contaminación del río Pisco, Ica, 2023. **Materiales y métodos:** El enfoque es cuantitativo, tipo descriptiva, el diseño es experimental-transversal. Se utilizaron técnicas de muestreo estandarizadas para la recolección de muestras de agua en diferentes momentos del año. Se realizaron análisis de "demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos totales suspendidos, coliformes totales", entre otros indicadores, utilizando métodos reconocidos en el ámbito científico. **Resultados:** revelaron que, las concentraciones de los elementos evaluados se encuentran dentro de los límites aceptables establecidos por las normativas ambientales. La DBO sugiere una carga controlada de materia orgánica, y las concentraciones de sólidos suspendidos y coliformes totales están por debajo de los umbrales críticos. **La discusión:** Los hallazgos destacan la importancia de un monitoreo continuo y la necesidad de implementar medidas preventivas ante posibles cambios en las condiciones del vertimiento de fluido sobrantes domiciliarias. Se resaltó la relevancia de la concientización pública sobre prácticas sostenibles y la colaboración entre entidades gubernamentales, comunidades locales y sectores industriales para preservar a largo plazo el río Pisco y su ecosistema acuático. **Conclusiones:** este estudio proporciona una visión integral de la naturaleza del fluido en el río Pisco, evidenciando condiciones ambientales relativamente saludables en las estaciones de muestreo seleccionadas, pero subrayando la importancia de mantener esfuerzos de conservación y gestión sostenible.

Palabras clave: Aguas; Contaminación; Domiciliarias; Residuales; Vertimiento

ABSTRACT

Introduction: The discharge of domestic wastewater into surface water bodies, such as rivers, lakes and oceans, constitutes one of the most serious environmental problems worldwide. The **objective** was to verify the discharge of domestic wastewater contributes to the degree of pollution of the Pisco River, Ica, 2023. **Materials and methods:** The approach is quantitative, descriptive type, the design is experimental-cross-sectional. Standardized sampling techniques were used to collect water samples at different times of the year. Analyses of "biochemical oxygen demand (BOD), total suspended solids, total coliforms", among other indicators, were performed using methods recognized in the scientific field. **Results:** they revealed that the concentrations of the evaluated elements are within the acceptable limits established by environmental regulations. The BOD suggests a controlled load of organic matter, and the concentrations of suspended solids and total coliforms are below the critical thresholds. **Discussion:** The findings highlight the importance of continuous monitoring and the need to implement preventive measures in the event of possible changes in the conditions of discharge of residual household fluids. The relevance of public awareness about sustainable practices and collaboration between government entities, local communities and industrial sectors to preserve the Pisco River and its aquatic ecosystem in the long term was highlighted. **Conclusions:** This study provides a comprehensive view of the nature of the fluid in the Pisco River, evidencing relatively healthy environmental conditions at the selected sampling stations, but underlining the importance of maintaining conservation and sustainable management efforts.

Key words: Water; Pollution; Household; Waste; Discharge

RESUMO

Introdução: O despejo de águas residuais domésticas em corpos de água superficiais, como rios, lagos e oceanos, constitui um dos mais graves problemas ambientais a nível mundial. O objetivo foi verificar o despejo de águas residuais domésticas que contribui para o grau de contaminação do rio Pisco, Ica, 2023. **Materiais e métodos:** A abordagem é quantitativa, descritiva, o desenho é experimental-transversal. Foram utilizadas técnicas de amostragem padronizadas para recolher amostras de água em diferentes alturas do ano. A análise da "demanda bioquímica de oxigénio (DBO), sólidos suspensos totais, coliformes totais", entre outros indicadores, foi realizada através de métodos reconhecidos no meio científico. **Resultados:** revelaram que as concentrações dos elementos avaliados estão dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela regulamentação ambiental. A DBO sugere uma carga controlada de matéria orgânica, e as concentrações de sólidos em suspensão e de coliformes totais estão abaixo dos limites críticos. **A discussão:** Os resultados realçam a importância da monitorização contínua e a necessidade de implementar medidas preventivas contra possíveis alterações nas condições de descarga do excedente de fluido doméstico. Foi destacada a relevância da sensibilização pública sobre práticas sustentáveis e da colaboração entre entidades governamentais, comunidades locais e setores industriais para preservar o rio Pisco e o seu ecossistema aquático a longo prazo. **Conclusões:** Este estudo fornece uma visão abrangente da natureza do fluido no Rio Pisco, evidenciando condições ambientais relativamente saudáveis nas estações de amostragem selecionadas, mas sublinhando a importância de manter os esforços de conservação e gestão sustentável.

Palavras-chave: Águas; Poluição; Domiciliária; Resíduos; Despejo

INTRODUCCIÓN

El vertimiento de aguas residuales domésticas constituye una problemática ambiental de creciente relevancia en el escenario global contemporáneo. A nivel mundial, la contaminación del agua se ha convertido en un desafío crucial para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 6, que busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. En este contexto, la presente investigación se enfoca en el análisis del impacto que tiene este tipo de vertimiento en el río Pisco, ubicado en la región de Ica. Este recurso hídrico, fundamental para la zona, enfrenta una amenaza considerable debido a la descarga incontrolada de aguas residuales, lo que representa un desafío para la sostenibilidad del ecosistema acuático y para la calidad de vida de las comunidades que dependen de él.

En las últimas décadas, la urbanización ha experimentado una transformación notable, influyendo tanto en los aspectos sociales como económicos. Esta evolución ha conllevado una redistribución geográfica de las poblaciones, lo que también ha incidido en el surgimiento de problemas ambientales. Además, los procesos de edificación no solo incrementan el consumo de energía y recursos, exacerbando los desafíos ambientales, sino que, según los autores, también pueden promover una mayor conciencia ecológica entre los habitantes (1). Señalan que la urbanización

desempeña un papel crucial en la intensificación de los problemas ambientales, ya que genera un aumento en el consumo de recursos, la producción de residuos y la contaminación, afectando tanto los ecosistemas como la calidad de vida de las poblaciones. (2).

En este escenario, los vertimientos de aguas residuales domésticas son resultado directo de actividades diarias como el lavado, la cocina y el baño, y pueden considerarse como insumos en el marco de la teoría de producción doméstica (3). Las aguas residuales domésticas son aquellas que provienen de áreas residenciales y resultan del metabolismo humano y las actividades del hogar, y su inadecuada disposición final puede generar un impacto ambiental considerable (4). Además, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) destaca que, debido a la alta concentración de contaminantes, estas aguas requieren tratamiento antes de ser vertidas en cuerpos receptores (5).

Por su parte, la UNESCO señala que, a nivel mundial, la contaminación por aguas residuales se ha convertido en un problema significativo en los últimos años, impulsado por el crecimiento poblacional y el mayor uso del agua en diversas actividades. Este desafío se intensifica debido a la carencia de métodos adecuados de disposición final, lo que ha llevado a que muchas cuencas hidrográficas sean tratadas imprudentemente como vertederos (6). La SUNASS, a través de un estudio sobre aguas residuales, identificó varios

puntos no autorizados para su vertimiento. Además, destacó la importancia de cumplir con las normativas vigentes, como los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS), para regular y controlar adecuadamente estos vertimientos, asegurando así la protección del medio ambiente y la salud pública (7). Los vertidos de las áreas cercanas al río Pisco son descargados directamente en el cauce, causando una notable contaminación. Para evaluar el impacto ambiental de estos vertidos, se emplean varios parámetros, incluyendo la demanda bioquímica de oxígeno y el nivel de oxígeno disuelto. Estos indicadores son esenciales para medir la calidad del agua y determinar el grado de contaminación en el río (8).

Es importante tomar en consideración algunas investigaciones que anteceden el presente estudio, en los cuales se realizó una evaluación del impacto de la descarga de aguas residuales domésticas en los afluentes del Caño Grade. Para ello, establecieron tres estaciones de muestreo y llevaron a cabo cuatro monitoreos durante períodos de alta precipitación. Los resultados revelaron un valor promedio del índice ICOMO de 4.8, lo que indicaba una contaminación media del agua en la zona (9). Por otro lado, evaluaron el impacto ambiental de los vertimientos de aguas residuales en la cuenca del río Portoviejo, analizando su capacidad de autodepuración. Identificaron los puntos de vertimiento con mayor impacto y

concluyeron que estos afectaban negativamente la calidad del agua, especialmente en las áreas más críticas, manifestándose en bajas concentraciones de oxígeno disuelto (10).

También, destacan que los impactos ambientales asociados con la minería incluyen la erosión, la contaminación del suelo, y la degradación de las aguas superficiales y subterráneas, además de la alteración de los ecosistemas. La contaminación del agua, en particular, tiene un efecto significativo en la limnología de los lagos afectados y en las comunidades acuáticas, afectando a organismos como las algas diatomeas, los cladóceros, el zooplancton y los quironómidos (11). Por otro lado, subrayan que la minería está cada vez más relacionada con el riesgo hídrico, tanto en términos de acceso como de calidad del agua en las áreas cercanas. Esta conexión es especialmente relevante en regiones con escasez de agua o en zonas situadas aguas arriba de comunidades que dependen de esas fuentes para su consumo y actividades agrícolas (12).

Para profundizar este análisis, es fundamental establecer un marco teórico sólido. En este sentido, se comienza definiendo un concepto central como es la contaminación del agua. Este fenómeno ocurre cuando sustancias o energías ajenas al ecosistema acuático alteran su composición natural, comprometiendo su equilibrio y los servicios que brinda. En términos más amplios, se refiere a cualquier cambio perjudicial en la calidad

del agua que impide que cumpla su rol natural (13). Añade que esta contaminación modifica las propiedades originales del agua, representando un riesgo para su uso y afectando negativamente el entorno circundante (14).

Seguidamente se tiene el vertimiento de aguas residuales domiciliarias, como el acto de descargar o liberar aguas residuales provenientes de actividades residenciales, como el lavado, la cocina y el baño, en cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado o en el suelo. Estas aguas residuales suelen contener una mezcla de contaminantes físicos, químicos y biológicos que pueden alterar la calidad del agua receptora y tener impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública (15). Las aguas residuales, implica el uso de técnicas y métodos combinados para eliminar contaminantes y microorganismos, transformando las aguas en seguras y adecuadas para reutilización o para proteger el medio ambiente. El objetivo principal es eliminar contaminantes físicos, químicos y microbiológicos para obtener agua limpia o efluentes tratados (16).

También se tienen los recursos hídricos, es un proceso que coordina el manejo conjunto de agua, tierra y recursos asociados. Su objetivo es fomentar el desarrollo económico y social, mientras reduce las presiones ambientales que afectan la cantidad y calidad del agua (17).

Y finalmente, el grado de contaminación que se define como el nivel de alteración en la

calidad de un recurso, como el agua, el aire o el suelo, causado por la introducción de sustancias o agentes contaminantes. Este grado puede ser evaluado mediante diversos indicadores que miden la concentración de contaminantes y sus efectos sobre el medio ambiente y la salud humana (18, 19).

En relación con la delimitación del área de estudio, la investigación se centra específicamente en la cuenca del río Pisco, ubicada en la región de Ica. Este enfoque ha sido seleccionado debido a la importancia estratégica de dicha área tanto a nivel nacional como regional. La cuenca del río Pisco es fundamental para el desarrollo socioeconómico local, y comprender detalladamente los factores que inciden en la problemática del vertimiento de aguas residuales es clave para mitigar sus impactos. Este análisis permitirá abordar el problema de manera más efectiva, tomando en cuenta las particularidades de la región y las comunidades que dependen de este recurso hídrico vital.

La justificación de esta investigación radica en la necesidad urgente de evaluar los efectos del vertimiento de aguas residuales en el río Pisco, dado su papel esencial en el suministro de agua para actividades agrícolas, industriales y domésticas en Ica. La contaminación de este recurso hídrico presenta riesgos considerables para la salud pública y el equilibrio ambiental, subrayando la importancia de abordar esta problemática de manera integral.

Atendiendo a lo anterior, esta investigación se enfoca en verificar el nivel de contaminación del río Pisco generado por el vertimiento de aguas residuales domésticas. Este análisis se realizará a través de la evaluación de parámetros físico-químicos y biológicos, con el fin de identificar las fuentes específicas de contaminación. Además, se busca proponer posibles medidas de mitigación que respondan a la problemática en un contexto local, regional y nacional, considerando la relevancia del río Pisco para las comunidades y ecosistemas que dependen de él.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es aplicada, ya que se basa en información teórica para desarrollar nuevos conocimientos y resolver problemas reales, con el objetivo de validar o refutar las hipótesis propuestas. Además, el estudio es de tipo observacional-prospectivo-transversal, dado que la información se recolectó en un único momento

específico. El estudio tiene un nivel descriptivo, ya que busca describir el fenómeno tal como ocurre en la realidad sin manipulación de variables. El objetivo es especificar las características y propiedades del fenómeno en estudio, obteniendo información de manera independiente o en conjunto. El diseño de la investigación es experimental-transversal (20, 21).

La población de estudio está conformada por la cuenca del río Pisco, ubicada en el distrito de Pisco.

La investigación se lleva a cabo en el Distrito de San Clemente, que se encuentra en la provincia de Pisco, en la región de Ica, Perú. Este distrito limita al este con el distrito de Independencia, al oeste con el océano Pacífico, al norte con la provincia de Chincha y al sur con los distritos de Pisco y Túpac Amaru Inca. San Clemente está situado a unos 9 km al este de la ciudad de Pisco.



Figura 1. Ubicación del punto de Monitoreo en el Río Pisco.

Desde el punto de vista geográfico, San Clemente se encuentra en la ribera derecha del río Pisco, en un terreno de topografía ondulada que combina planicies y elevaciones, con predominancia de depósitos de salitre y tiza. El río Pisco fluye cerca del pueblo, desempeñando un papel crucial en el entorno local y en las actividades de la población.

Este espacio geográfico permitirá analizar las interacciones entre las comunidades y el río, evaluando el impacto de los vertimientos de aguas residuales domiciliarias en el ecosistema acuático y la calidad del agua. La selección de esta población específica facilitará una comprensión detallada de los factores que influyen en la contaminación del río y permitirá la formulación de estrategias

adaptadas a las particularidades de la cuenca. Las muestras serán tomadas en puntos clave del río, cercanos a áreas urbanas y rurales, teniendo en cuenta la influencia de actividades industriales y agrícolas (22).

La técnica de recolección de datos: se realizó principalmente en la ribera del río Pisco, en el distrito de San Clemente, cuyas coordenadas UTM están detalladas en la Tabla 1. La ubicación fue seleccionada por su cercanía a posibles fuentes de contaminación, su variabilidad geográfica y su representatividad de las condiciones ambientales. Este punto de monitoreo es esencial para evaluar la calidad del agua y analizar el impacto de los vertimientos de aguas residuales domiciliarias en esta sección del río, Tabla 1.

Tabla 1. Descripción y ubicación en coordenadas UTM.

Estaciones de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 18 L)		
	Este	Norte	
AS – 01	375038	8486390	A 200 m aprox. (aguas arriba)
AS – 02	374785	8486484	Tubería de descarga (planta de tratamiento de boca del río)
AS – 03	374595	8486412	A 200 m aprox. (aguas abajo)

Coordenadas UTM en el WGS-84, zona 18L
 A&B Consulting Group Peru E.I.R.L.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyeron formatos de cadena de custodia, fichas de laboratorio y un equipo portátil multiparámetro (Marca: Hach Co., Modelo: HQ40d, Serie: 180300003690). Este dispositivo

permitió medir parámetros físico-químicos in situ, como la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica, brindando información precisa sobre la calidad del agua en el campo Figura 2.



Figura 2. Multiparámetro en el punto de monitoreo AS-02. Descarga de agua residual proveniente de la planta de tratamiento Boca del Río.

Las técnicas de procesamiento de datos, se seleccionaron cuidadosamente los métodos para obtener información precisa y relevante en el marco de la investigación, con el fin de abordar las hipótesis y alcanzar los objetivos propuestos. Las técnicas incluyeron: Inspección de la zona: se identificaron los puntos de monitoreo clave para la evaluación de la calidad del agua. Recolección de muestras y análisis por laboratorio acreditado Envirotest: garantizando la fiabilidad de los resultados. Elaboración del informe de monitoreo ambiental: basado en el análisis de laboratorio y la normativa vigente. Conclusiones del monitoreo: derivadas de los resultados obtenidos, proporcionando una evaluación completa.

En cuanto al análisis e interpretación de datos obtenidos, se organizaron sistemáticamente

utilizando Excel, facilitando el análisis y garantizando la validez de los resultados en el estudio sobre la calidad del fluido en el área de investigación.

RESULTADOS

El punto de monitoreo seleccionado ofrece una visión clave para analizar la calidad del agua en la cuenca del río Pisco. A través de mediciones constantes, se recopila información relevante sobre las variaciones en los parámetros físico-químicos y biológicos que influyen en la salud del ecosistema acuático. Además, su ubicación estratégica facilita la identificación de posibles fuentes de contaminación y la evaluación de la eficacia de las medidas de gestión aplicadas en la zona Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del muestreo de calidad de agua.

AMETRSO		AS-01 AS-02 AS-03			ES DE CALIDAD DE AGUA (ECA) D.S. N°004-2017-MINAM		
					“CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL SUBCATEGORIA A: AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE”	“CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES”	“CATEGORIA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO”
Aceites y grasas	µg/L	0,41	0,84	0,31			5
Demanda química de oxígeno	µg/L	<21	<12	<24	40		
Demanda bioquímica de oxígeno	µg/L	<3	<4	<3			10
Sólidos totales suspendidos	µg/L	<12,3	<1,3	<12,3			≤100
pH	Unidad	7,87	7,85	7,73			6,5-9,0
Coliformes totales	NMP(100ml)	<223	<180	<228			2000
Sólidos totales disueltos	µg/L	<118	<76	<226		1000	
Conductividad eléctrica	µS/cm	369	348	367			1000
Temperatura	°C	26,3	25,8	26,7			Δ3
Oxígeno disuelto	µg/L	5,9	3,1	5,1			≥5

La relación entre la concentración de elementos físicos y el grado de contaminación del río Pisco en la región de Ica es un aspecto fundamental que requiere un análisis detallado. La cantidad de componentes físicos, actúa como un indicador clave de la salud del río. Un estudio minucioso de estos elementos permitirá entender mejor la dinámica de la contaminación y aplicar medidas específicas para reducir su impacto, contribuyendo así a una gestión más eficiente de la calidad del agua y la conservación del ecosistema del río. A continuación, Figuras 3, 4, 5 y 6.

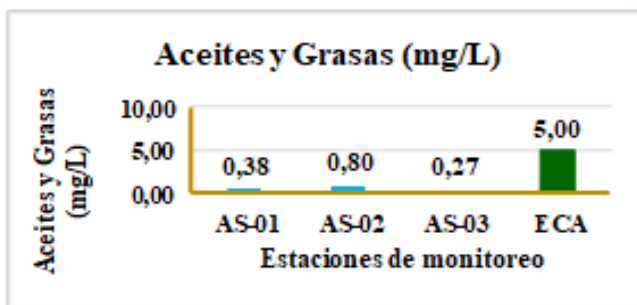


Figura 3. Aceites y grasas en el río Pisco.

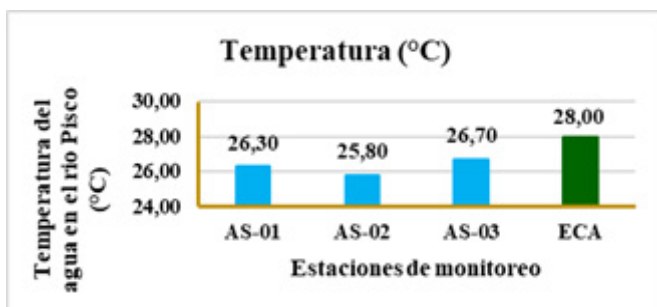


Figura 4. Temperatura del agua en el río Pisco.

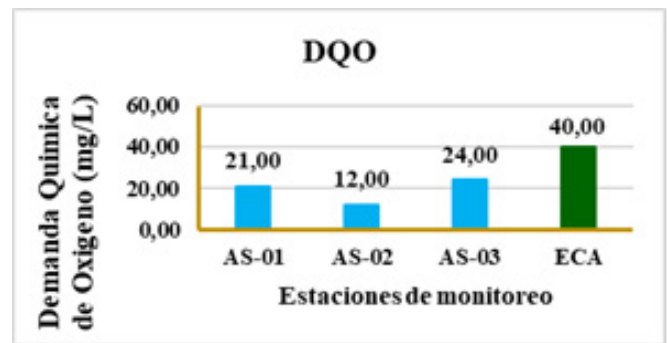


Figura 5. DQO

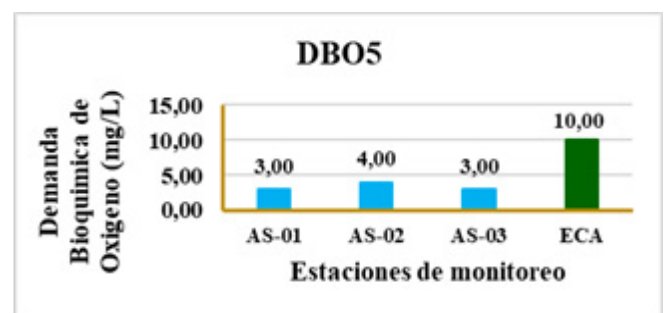


Figura 6. DBO5

En las figuras anteriores se muestra que, la demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto y en los estándares de calidad de agua en el río Pisco. La influencia sustancial de la demanda bioquímica de oxígeno y el oxígeno disuelto en los estándares de calidad del agua en el río Pisco se manifiesta en la necesidad de verificar la contaminación hídrica, que puede ser originada tanto por fuentes naturales como antropogénicas. La contaminación natural, originada sin intervención humana, puede introducir ciertas sustancias en el agua que afectan sus condiciones físicas y químicas. Sin embargo, es la contaminación antropogénica, derivada de actividades humanas como la minería,

agricultura, industria y uso doméstico, la que presenta mayor gravedad debido a la diversidad de contaminantes que introduce. Entre ellos se encuentran los compuestos problemáticos como los fenoles, cianuros, cromo y detergentes, que pueden comprometer drásticamente la calidad del agua.

Es crucial considerar tanto la contaminación natural como la de origen humano al evaluar los estándares de calidad del agua. La contaminación antropogénica, derivada de diversas actividades

humanas, introduce contaminantes que pueden deteriorar la calidad del agua, afectando el ecosistema y las comunidades dependientes. Asimismo, la temperatura juega un rol fundamental en los niveles de oxígeno disuelto, ya que un aumento en la temperatura puede reducir la calidad del agua al incrementar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Este enfoque integral facilita la comprensión de las interacciones que afectan la calidad del agua en la cuenca del río Pisco, Figura 7.

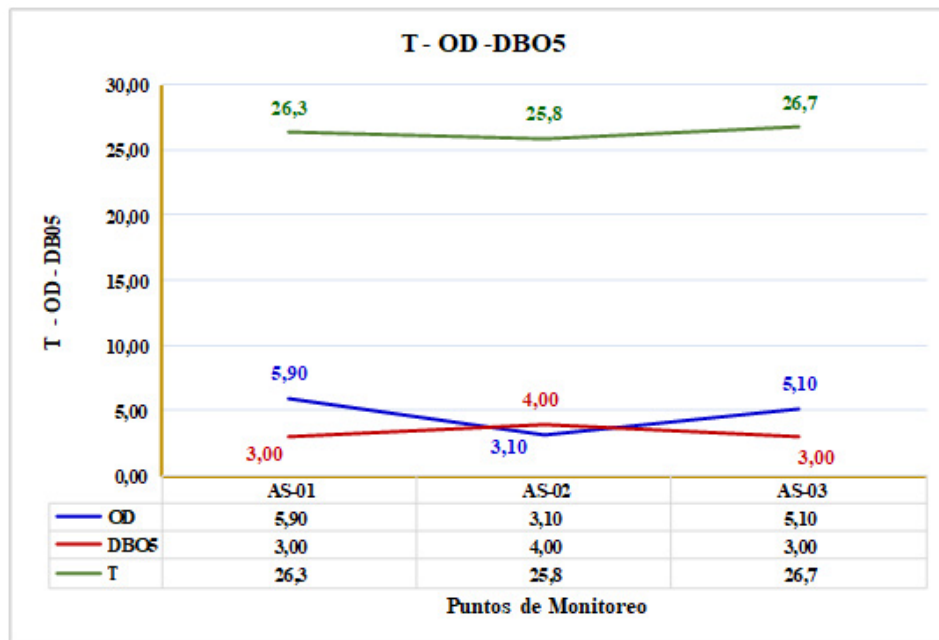


Figura 7. Relación entre la temperatura-oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno.

La Figura 7, muestra que, la temperatura del agua afecta directamente la cantidad de oxígeno que puede disolverse en ella. En este sentido, se observa que a medida que la temperatura aumenta (de 26.30°C a 25.80°C), la concentración de oxígeno disuelto disminuye (de 5.90 mg/l a 3.10 mg/l). Este comportamiento refleja la relación

inversa entre la temperatura y la solubilidad del oxígeno en el agua, donde temperaturas más altas disminuyen la capacidad del agua para mantener oxígeno disuelto.

Los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) se mantienen relativamente constantes en los datos registrados (3 µg/l, 4 µg/l

y 3 µg/l). La DBO indica la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición de la materia biológica en el agua a través de la acción bacteriana. Aunque en este caso no se observa una relación clara con la temperatura, es importante considerar que la DBO5 puede verse influenciada por factores como la composición de la materia orgánica y las condiciones del ecosistema.

En cuanto a la calidad del agua en el río Pisco, los datos sugieren que las variaciones de temperatura pueden estar afectando la disponibilidad de oxígeno disuelto, lo que influye en los procesos biológicos y en la salud de los organismos acuáticos. Un aumento en la DBO5 podría reflejar una mayor presencia de materia orgánica, lo que incrementaría la actividad bacteriana y disminuiría el oxígeno disuelto, afectando la calidad del agua y el equilibrio ecológico del río Pisco.

Discusión

El monitoreo integral en los puntos AS-01, AS-02 y AS-03, con la finalidad de saber sobre el grado de contaminación de las aguas del río Pisco, revela que varios parámetros clave del agua del río Pisco están dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Los niveles de aceites y grasas, pH, temperatura, y conductividad eléctrica se mantienen en rangos aceptables, mientras que el oxígeno disuelto en uno de los puntos está por debajo del estándar,

y luego vuelve a su normalidad indicando un entorno saludable para la vida acuática. Las concentraciones de DBO y DQO están por debajo del umbral permitido, sugiriendo una carga de materia orgánica adecuada. Los sólidos suspendidos y disueltos también se mantienen dentro de los límites. En cuanto a los coliformes totales, los valores están por debajo del límite permitido, lo que indica baja contaminación microbiológica. Estos resultados destacan la importancia del monitoreo continuo para evaluar la calidad del agua y respaldar políticas de gestión ambiental para proteger el ecosistema fluvial del río Pisco (23-25). Lo que proporcionan una base sólida para desarrollar estrategias de mitigación y preservar la integridad ecológica del río frente a las presiones de la contaminación antropogénica.

Sobre el vertimiento de aguas residuales domiciliarias y su efecto en los estándares de calidad del agua del río Pisco, se resalta la importancia de considerar esta fuente potencial de contaminación. Los análisis muestran que parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto están relacionados con estos vertimientos, sugiriendo un impacto significativo en la calidad del agua. Esta evidencia subraya la necesidad de implementar medidas para controlar los vertimientos y proteger el ecosistema acuático del río. Los niveles de DBO5 están dentro de los límites establecidos, indicando que la carga de materia orgánica es aceptable

(26). No obstante, el monitoreo continuo de estos parámetros es crucial, ya que variaciones en la DBO5 y el oxígeno disuelto pueden señalar contaminación tanto natural como antropogénica. La investigación proporciona una base para desarrollar políticas de gestión que aseguren la preservación de la calidad del agua del río Pisco. La literatura científica apoya esta observación, destacando la importancia de mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto para la vida acuática y cómo la descomposición de materia orgánica puede reducir estos niveles, afectando negativamente la biodiversidad y el ecosistema.

CONCLUSIONES

Se puede afirmar que la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno y el oxígeno disuelto ejerce un papel de gran relevancia en la determinación de los estándares de calidad del agua en el río Pisco. Estos parámetros interconectados no solo actúan como indicadores críticos de la salud del ecosistema acuático, sino que también influyen directamente en la aptitud del agua para cumplir con los criterios de calidad establecidos.

Cabe destacar que, la disminución del oxígeno disuelto, directamente relacionada con el aumento de la temperatura, limita la capacidad del río para sustentar la vida acuática y favorece la proliferación de organismos menos exigentes en términos de oxígeno, lo cual puede alterar

la estructura y función de las comunidades biológicas. Además, los valores de DBO5, aunque relativamente constantes en este estudio, indican la presencia de materia orgánica biodegradable en el agua, lo que sugiere una carga contaminante adicional proveniente de las aguas residuales.

Por tanto, es esencial un abordaje integral que tome en consideración tanto la capacidad del agua para sostener la vida como la presencia y capacidad de descomposición de la materia orgánica presente. El entendimiento y la gestión adecuada de esta relación son fundamentales para garantizar la protección y conservación sostenible de los recursos acuáticos del río Pisco.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sheng P, Zhai M, Zhang Y, Kamal M. The effects of urbanization on household wastewater emissions in China: Efficient- and inefficient- emissions. *Environ. Pollut.* 2020; 267 (1): 115350. <https://acortar.link/2YPipn>
2. Bai X et al. "Linking Urbanization and the Environment: Conceptual and Empirical Advances," *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2017; 42 (1): 215-240. <https://acortar.link/ADtC3q>
3. Filippini M, Hunt L. US residential energy demand and energy efficiency: A stochastic demand frontier approach. *Energy Econ.* 2012; 34(5), 1484-1491. <https://acortar.link/uhORqv>
4. Crombet S, Grillet A, Rodríguez A, Rodríguez S, Pérez N. Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 2016; 18(1), 49-56. <https://acortar.link/8hxtUY>

5. ANA. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Lima - Perú: Ministerio de Agricultura y Riego, 2016. <https://acortar.link/vkrTHn>
6. UNESCO. El agua en un mundo en constante cambio. El 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. 2016. <https://acortar.link/YmaJ77>
7. SUNASS. SUNASS y GIZ Presentan Estudio Sobre la Situación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. NOTA DE PRENSA No 037-2016 Con, Lima - Perú. 2016. <https://acortar.link/cZTgbY>
8. Pérez N. Simulación Matemática de la Interacción Entre La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y el Oxígeno Disuelto (OD) en el Río Chili con el Método de los Elementos Finitos. Universidad Nacional de San Agustín, 2017. <https://acortar.link/SQMOo2>
9. Aguilar S, Solano G, Evaluación Del Impacto Por Vertimientos De Aguas Residuales Domésticas, Mediante La Aplicación Del Índice De Contaminación (Icom) En Caño Grande, Localizado En Villavicencio-Meta., Universidad Santo Tomás. Villavicencio. Facultad ed Ingeniería Ambiental, 2018. <https://acortar.link/UjsdMO>
10. Quiroz L, Izquierdo E, Menéndez C. Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. Cent. Azúcar. 2018; 45 (1): 1-11. <https://acortar.link/OfFFpJ>
11. Luoto T, Leppänen J, Weckström J. Waste water discharge from a large Ni-Zn open cast mine degrades benthic integrity of Lake Nuasjärvi (Finland). Environ. Pollut. 255. 2019, <https://acortar.link/wQr94o>
12. Thomashausen S, Maennling N, Mebratu T. A comparative overview of legal frameworks governing water use and waste water discharge in the mining sector," Resour. Policy. 2017; 55(1): 143-151. <https://acortar.link/ZDfkLb>
13. Lima L. Efecto del Vertimiento de Aguas Residuales Domiciliarias en la Calidad del Agua en el Río Sicra Lircay-Huancavelica 2018. Universidad Continental, 2020. <https://acortar.link/CxTedb>
14. Vaca F. Analisis de la Filtración Natural de Aguas Residuales Domesticas en el Caserío de Shushunga 2018. Universidad de Guayaquil. 2019.
15. D.S. N°004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias," El Peruano. Peruano, Lima-Perú. 2017; 6–9. <https://acortar.link/zcd5IR>
16. Yahuara M. Analisis de la filtración natural de aguas residuales domesticas en el caserío de shushunga 2018," Universidad De Lambayeque, 2019. <https://acortar.link/OmGQ8W>
17. Gavrilesco D, Teodosiu C, David M. Environmental assessment of wastewater discharges at river basin level by means of waste absorption footprint. Sustain. Prod. Consum. 2020. 21 (1); 33-46. <https://acortar.link/KQVS1W>
18. World Health Organization, WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region. Dinamarca: Oficina Regional de la OMS para Europa Ciudad de las Naciones Unidas, 2018. <https://acortar.link/gUGfRr>
19. Adeniji O, Sibanda T, Okoh A. Recreational water quality status of the Kidd's Beach as determined by its physicochemical and bacteriological quality parameters. Heliyon. 2019. 5(6). <https://acortar.link/RrxDns>
20. Supo J. Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015. <https://acortar.link/928tcU>
21. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa y mixta. Mexico: McGraw-Hill Education, 2018. <https://acortar.link/nIEptp>
22. Baena G. Metodología de la Investigación. Serie integral por competencias, 3a edición. Mexico: Grupo Editorial Patria, 2017. <https://acortar.link/SwaiLy>
23. Chirinos C. Índice de Calidad de Agua y Contenido de Metales Pesados en el Río San Juan, Cerro de Pasco. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2022. <https://acortar.link/pvKL9d>

- 24.** USEPA. Method 1604: Total Coliforms and Escherichia coli in Water by Membrane Filtration Using a Simultaneous Detection Technique (MI Medium). Standard Methods. Washington, DC. 2002; 20460. <https://acortar.link/TqK4MA>
- 25.** WHO. Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edi. 2017. <https://acortar.link/gYKDvC>
- 26.** Escobar-Mamani F, Moreno-Terrazas E, Mamani H, Pérez G. Physicochemical characterization and presence of heavy metals in the trout farming area of Lake Titicaca, Peru, Rev. Sains Tanah. 2023; 20(2). 140-149. <https://acortar.link/iyKUgH>