



Sólidos totales disueltos en agua superficial para consumo humano en San Juan de Pillo, Perú

Total dissolved solids in surface water for human consumption in San Juan de Pillo, Peru

Sólidos totais dissolvidos em água superficial para consumo humano em San Juan de Pillo, Peru

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.310>

Esmila Yeime Chavarría Márquez
esmila.418@gmail.com

Mery Luz Cusiche Huamani
meryluz@gmail.com

Julio Miguel Angeles Suazo
julioangeles@unat.edu.pe

Luz Luisa Huamani Astocaza
luzluisa20@gmail.com

Wilfredo Sáez Huamán
wilfredo.saez@unh.edu.pe

César Marino Basurto Contreras
cbasurto@unco.edu.pe

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Pampas-Perú

Artículo recibido 23 de julio 2024 / Arbitrado 26 de agosto 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

RESUMEN

El monitoreo de los sólidos disueltos totales (TDS) en el agua es crucial para asegurar su calidad, especialmente en fuentes destinadas al consumo humano. Esta investigación se centró en determinar las concentraciones de TDS en el agua utilizada por la comunidad de San Juan de Pillo, Acraquia. Se llevó a cabo un estudio cuantitativo con diseño de campo, recolectando muestras de un canal de riego en dos periodos de 2024: enero, con mayor caudal, y abril, con menor caudal. Se realizaron 12 muestreos en tres horarios diferentes cada semana durante cuatro semanas. Los resultados se analizaron utilizando la prueba de hipótesis "t" de Student, encontrando diferencias significativas en los niveles de TDS entre los meses estudiados. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un monitoreo continuo para garantizar el acceso a agua potable segura, ya que las concentraciones de TDS no cumplen con los estándares del decreto supremo 004-2017 del Ministerio del Ambiente del Perú.

Palabras clave: Aguas superficiales; Calidad del agua; Estándares ambientales; Monitoreo; Sólidos disueltos totales (TDS)

ABSTRACT

The monitoring of total dissolved solids (TDS) in water is crucial to ensure its quality, especially in sources intended for human consumption. This research focused on determining TDS concentrations in the water used by the community of San Juan de Pillo, Acraquia. A quantitative study was conducted with a field design, collecting samples from an irrigation canal during two periods in 2024: January, with higher flow, and April, with lower flow. Twelve samples were taken at three different times each week over four weeks. The results were analyzed using Student's "t" hypothesis test, revealing significant differences in TDS levels between the studied months. These findings underscore the need for continuous monitoring to ensure access to safe drinking water, as TDS concentrations do not meet the standards of Supreme Decree 004-2017 from the Ministry of Environment of Peru.

Key words: Environmental standards; Monitoring; Surface water; Total dissolved solids (TDS); Water quality

RESUMO

O monitoramento dos sólidos dissolvidos totais (TDS) na água é crucial para garantir sua qualidade, especialmente em fontes destinadas ao consumo humano. Esta pesquisa concentrou-se em determinar as concentrações de TDS na água utilizada pela comunidade de San Juan de Pillo, Acraquia. Um estudo quantitativo foi realizado com um desenho de campo, coletando amostras de um canal de irrigação durante dois períodos em 2024: janeiro, com maior fluxo, e abril, com menor fluxo. Doze amostras foram coletadas em três horários diferentes a cada semana durante quatro semanas. Os resultados foram analisados usando o teste de hipótese "t" de Student, revelando diferenças significativas nos níveis de TDS entre os meses estudados. Esses achados ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo para garantir o acesso a água potável segura, uma vez que as concentrações de TDS não atendem aos padrões do Decreto Supremo 004-2017 do Ministério do Meio Ambiente do Peru.

Palavras-chave: Águas superficiais; Qualidade da água; Padrões ambientais; Monitoramento; Sólidos dissolvidos totais (TDS)

INTRODUCCIÓN

El agua potable se refiere al agua que es segura para el consumo humano, cumpliendo con estándares de calidad que garantizan su ausencia de contaminantes nocivos y microorganismos patógenos que puedan causar enfermedades. Debe ser libre de sustancias químicas y metales pesados, tener un sabor y olor agradables, ser transparente y clara, y cumplir con las normativas establecidas por autoridades sanitarias como la Organización Mundial de la Salud. Las fuentes de agua potable incluyen aguas superficiales como ríos y lagos, aguas subterráneas de acuíferos y pozos, procesos de desalinización que convierten agua salada en dulce, y sistemas de recolección de agua de lluvia. El acceso a agua potable es fundamental para la salud pública, ya que previene enfermedades transmitidas por el agua, contribuye a una buena higiene y saneamiento, y es esencial para la nutrición y el bienestar general.

La situación mundial del agua potable es alarmante, con aproximadamente 2.200 millones de personas que aún carecen de acceso a suministros seguros de agua potable y 3.500 millones sin servicios adecuados de saneamiento, según informes de la UNESCO y la ONU (1). En total, entre 2.000 y 3.000 millones de personas sufren escasez de agua durante al menos un mes al año, lo que afecta gravemente su seguridad alimentaria y acceso a la electricidad. Se estima que la población urbana que enfrenta escasez de agua

se duplicará para 2050, pasando de 930 millones en 2016 a entre 1.700 y 2.400 millones (2).

El crecimiento demográfico, la urbanización y el cambio climático están exacerbando la crisis del agua, aumentando la demanda que ya supera el crecimiento poblacional. A pesar de algunos avances, como el aumento del acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura del 69% al 73% entre 2015 y 2022, los desafíos persisten. La falta de acceso a agua potable y saneamiento adecuado no solo amenaza la salud pública, sino que también incrementa el riesgo de conflictos locales y regionales (3,4).

A esta crisis se une la contaminación del agua potable como problema crítico que afecta la salud pública y el medio ambiente a nivel mundial. Más de 2.000 millones de personas consumen agua de fuentes contaminadas, lo que provoca enfermedades diarreicas, cólera, disentería y fiebre tifoidea, resultando en más de 500.000 muertes anuales debido a la insalubridad del agua. Las principales causas de esta contaminación incluyen el vertido de aguas residuales no tratadas, la escorrentía agrícola que introduce pesticidas y fertilizantes en los cuerpos de agua, y la contaminación industrial que libera metales pesados y productos químicos peligrosos. Además, contaminantes emergentes como microplásticos y productos farmacéuticos están siendo cada vez más detectados en las fuentes de agua, complicando aún más la situación. La falta de acceso a agua

potable segura no solo afecta la salud individual, sino que también contribuye a la propagación de enfermedades infecciosas y altera los ecosistemas acuáticos, lo que subraya la necesidad urgente de mejorar la gestión del agua y las infraestructuras sanitarias para proteger este recurso vital (5).

En el caso particular de los sólidos totales disueltos (TDS) son un indicador clave de la calidad del agua, ya que representan la concentración de todas las sustancias disueltas, como sales, minerales y materia orgánica, en una muestra de agua. Estos sólidos pueden influir en el sabor del agua, su conductividad eléctrica y su capacidad para soportar vida acuática. Niveles elevados de TDS pueden resultar en un agua con sabor desagradable y pueden causar problemas como corrosión en tuberías y depósitos de cal en equipos. Además, aunque no se consideran contaminantes primarios, los TDS son cruciales para evaluar la potabilidad del agua; la EPA establece un límite secundario de 500 mg/L para asegurar que el agua sea agradable al paladar. Por lo tanto, el monitoreo de los TDS es esencial para garantizar la calidad del agua y proteger la salud pública (6).

La 23.^a edición de los Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales de la Asociación Estadounidense de Salud Pública, Sección 2540, define los TDS como componentes de los sólidos totales en una muestra de agua, que pasan a través de un tamaño de poro nominal de 2,0 μm o menos en condiciones específicas

(7,8). El aumento de las concentraciones de TDS y TSS en los cuerpos de agua les impide cumplir su propósito de ser potable, generar energía, enfriar industrialmente, sustentar la biodiversidad, servidores ecosistémicos, recreación, rutas de transporte, eliminación de desechos, producción agrícola, irrigación, producción de energía, planificación regional y piscicultura (9).

En esta dirección, el deterioro de los cuerpos de agua por parámetros como TDS es causado por el cambio climático, el desarrollo y la urbanización asociados con la impermeabilidad de la superficie resultante del aumento de la población y la contaminación causada por cambios ambientales rápidos e incontrolados incluyendo sequías, descargas de aguas residuales, contaminación por nutrientes, sedimentos y cambios en el uso de la tierra y la cobertura terrestre que resultan en impactos negativos como la proliferación de algas verdeazuladas dañinas, eutrofización acelerada y turbidez extrema, entre otros, que tienen implicaciones negativas en la sostenibilidad de los recursos hídricos limitados (10,11).

En el Centro poblado de San Juan de Pillo en Perú, no se cuenta con agua potable y este líquido es escaso en época de estiaje; en cambio en épocas de precipitaciones es abundante y las personas optan por consumir agua de diversas fuentes y puntos acuíferos. En estas fuentes naturales lo que destaca como parámetro a controlar es la concentración de sólidos disueltos

totales en el agua (TDS), los cuales deben estar por debajo de 1,000 mg/L-1 para que el agua sea considerada potable (Reglamento Calidad del Agua para Consumo Humano en Perú). Las fuentes de agua sin tratamiento pueden causar problemas de salud para las personas y otros seres vivos debido a la alta concentración de materia orgánica, carga bacteriana y otros agentes nocivos, metales pesados, sólidos en suspensión y otros contaminantes (12).

Los sólidos disueltos totales comprenden sales orgánicas y partículas de materia orgánica disueltas en estas fuentes de agua. El aumento de las concentraciones de sólidos disueltos totales (TDS) en los cuerpos de agua impiden cumplir su propósito de servir como agua potable para el consumo de la población, generar energía, enfriar industrialmente, sustentar la biodiversidad, brindar servicios ecosistémicos, recreación, rutas de transporte, eliminación de desechos, producción agrícola, irrigación, producción de energía, planificación regional y piscicultura (13). Entonces, los TDS se definen como la porción de sólidos orgánicos e inorgánicos que pasan a través del mismo filtro (14). Por tanto, la concentración de TDS se puede determinar directamente pesando el residuo que queda después de la evaporación de un volumen conocido de la muestra de agua filtrada (7).

En este sentido, la importancia de la presente investigación radica en evaluar y analizar la calidad

de estas aguas como sólidos disueltos totales para su consumo en diversos hogares. Por ende, cabe mencionar que el estudio de los sólidos disueltos totales es de gran interés, en tal sentido este indicador se recoge dentro de los parámetros a tener en cuenta para su evaluación en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Perú (15), donde se hace mención la categoría A1 para su posible potabilización.

Más aun, cuando se consume agua directamente de fuentes naturales como es el caso de la comunidad de San Juan de Pillo. Asimismo, los sólidos disueltos totales (TDS) elevados alteran la estructura (cambios en la composición química) y los procesos (como descomposición, ciclo de nutrientes y estructura trófica) de los ecosistemas de agua dulce, lo que afecta la sostenibilidad de los bienes y servicios que brindan y las condiciones socioeconómicas de las comunidades dependientes (16).

En cuanto a los efectos sobre la salud humana, niveles elevados de TDS pueden afectar la palatabilidad del agua, haciendo que tenga un sabor amargo o salado, lo que puede llevar a las personas a evitar su consumo. Además, estudios han indicado una posible relación entre altos niveles de TDS y problemas de salud como enfermedades cardiovasculares y cáncer, sugiriendo que la dureza del agua, relacionada con los TDS, podría influir en la incidencia de estas enfermedades. La Organización Mundial

de la Salud establece que el agua potable debería tener un máximo de 500 mg/L de TDS para ser considerada aceptable, ya que concentraciones superiores pueden estar asociadas con efectos adversos en la salud (17,18).

El objetivo de esta investigación es determinar las concentraciones de sólidos totales disueltos en las aguas destinadas para consumo humano en la comunidad de San Juan de Pillo-Acraquia-Pampas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño de campo, lo que permitió obtener datos empíricos sobre las concentraciones de sólidos disueltos totales (TDS) en el agua destinada al consumo humano en la comunidad de San Juan de Pillo. Este enfoque se eligió debido a su capacidad para proporcionar una representación precisa y objetiva de la realidad del fenómeno estudiado. Al centrarse en datos numéricos y observacionales, se busca no solo identificar las características actuales del recurso hídrico, sino también establecer una base para futuras investigaciones y comparaciones temporales.

El estudio es de tipo descriptivo, lo que significa que se centra en caracterizar las concentraciones de TDS en el agua a través de mediciones numéricas, sin manipular variables independientes. Este enfoque permite documentar el estado actual del recurso hídrico y su variabilidad a lo largo del

tiempo, proporcionando información valiosa sobre la calidad del agua. Además, al ser descriptivo, este tipo de estudio facilita la identificación de patrones y tendencias en los datos recolectados, lo que puede ser útil para la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua y la salud pública en la comunidad.

La investigación se llevó a cabo en el centro poblado de San Juan de Pillo, ubicado en el distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja. Esta área fue seleccionada debido a su dependencia del agua del canal de riego para actividades agrícolas y consumo humano, lo que la convierte en un sitio relevante para evaluar la calidad del agua. La elección del área también se basa en la necesidad de comprender cómo las variaciones estacionales pueden influir en las concentraciones de TDS.

El muestreo se realizó en un canal de riego que también es utilizado por la población local para abastecerse de agua potable. Se establecieron dos períodos de muestreo en el año 2024: enero, periodo caracterizado por un mayor caudal debido a las lluvias estacionales, y abril, periodo con menor caudal cuando las fuentes hídricas tienden a disminuir. En cada uno de estos meses, se llevaron a cabo muestreos semanales durante cuatro semanas consecutivas, recolectando muestras en tres horarios diferentes: 6:00 a.m., 1:00 p.m. y 5:00 p.m. Esto resultó en un total de 12 muestras por mes (3 muestras x 4 semanas), acumulando 24 muestras para análisis posterior.

Las muestras fueron recolectadas utilizando botellas ámbar de vidrio con capacidad de 1 litro, las cuales son ideales para proteger los componentes químicos del agua frente a la luz y evitar alteraciones en los resultados analíticos. Cada muestra fue etiquetada meticulosamente con información relevante como fecha, hora y ubicación GPS para asegurar la trazabilidad y facilitar el análisis posterior. Este procedimiento garantiza que cada muestra sea representativa del estado del agua en el momento específico de su recolección, permitiendo así una evaluación precisa y confiable sobre la calidad del agua destinada al consumo humano.

El análisis del contenido de TDS se realizó mediante un equipo multiparámetro calibrado con soluciones estándar específicas para cada parámetro medido. Este equipo permite obtener lecturas precisas y confiables sobre la calidad del agua, asegurando que los resultados sean consistentes y válidos. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de química de la Universidad Autónoma de Tayacaja en un cooler con hielo para mantener su integridad hasta el momento del análisis. Este procedimiento es crucial para evitar cualquier cambio químico que pudiera alterar los resultados finales y garantizar que los datos reflejen fielmente las condiciones iniciales del agua muestreada.

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando la prueba de hipótesis "t" de Student

para determinar si existían diferencias significativas entre las concentraciones promedio de TDS en los períodos de mayor y menor caudal. Se estableció un nivel de significancia estadística con un valor $p \leq 0.05$, lo que permite inferir conclusiones sobre la calidad del agua en función del caudal disponible. Este análisis estadístico no solo proporciona una comprensión más profunda sobre las variaciones en los niveles de TDS, sino que también ayuda a identificar posibles factores influyentes relacionados con las condiciones ambientales y estacionales que afectan la calidad del recurso hídrico.

RESULTADOS

Los resultados de la investigación sobre los sólidos totales disueltos (STD) en el agua destinada al consumo humano en la comunidad de San Juan de Pillo se presentan a través de tres figuras que reflejan las mediciones realizadas en dos periodos: enero y abril. Estas mediciones se llevaron a cabo en tres horarios distintos: a las 6:00 a.m., 1:00 p.m. y 5:00 p.m., lo que permite un análisis detallado de las variaciones en la calidad del agua a lo largo del día y entre los diferentes meses. Los resultados obtenidos resaltan la importancia del monitoreo continuo de la calidad del agua potable. Las variaciones significativas en las concentraciones de sólidos totales disueltos entre los meses indican que factores estacionales y temporales pueden influir en la calidad del agua, lo cual es fundamental

para garantizar el acceso a agua potable segura para la comunidad.

En este sentido, en la primera medición realizada a las 6:00 a.m., los resultados mostraron diferencias significativas entre las concentraciones de STD en enero y abril. Las letras distintas asignadas a cada mes indicaron que los niveles de sólidos totales disueltos eran significativamente más altos en enero (E) en promedio que en abril (A), lo que sugiere una variación estacional en la calidad del agua Figura 1, debido a una menor variabilidad de los datos para el mes de enero, sin embargo, el valor más alto en una muestra se observó en el mes de abril.

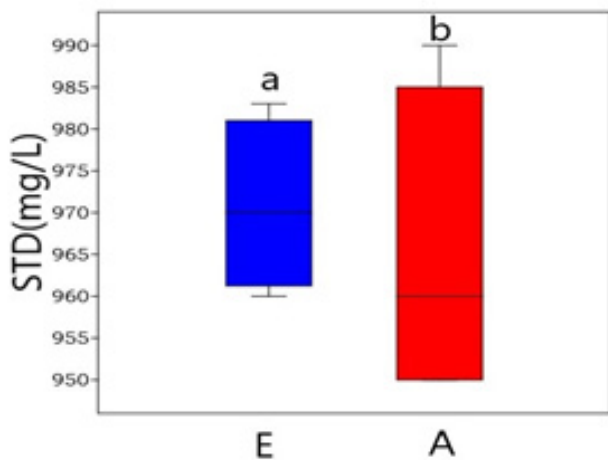


Figura 1. Sólidos totales disueltos (STD) [mg/L] en enero(E) y abril(A) medidos a las 6 horas. Letras distintas entre meses indica diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la segunda medición realizada a la 1:00 p.m., se observaron resultados que reflejan un patrón similar al de la medición matutina. Las letras distintas asignadas a los meses de enero y abril indican diferencias significativas en las

concentraciones de sólidos totales disueltos (STD), con un valor de $p \leq 0.05$. Esto implica que las mediciones realizadas en estos dos meses no son solo variaciones aleatorias, sino que representan cambios reales y estadísticamente significativos en la calidad del agua Figura 2. Esta observación es notable, ya que contrasta con los resultados de la medición a las 6:00 a.m., donde las concentraciones eran más altas en enero. Este cambio en los niveles de sólidos disueltos puede ser indicativo de varios factores ambientales y antropogénicos que afectan la calidad del recurso hídrico.

Uno de los factores que podría estar influyendo en esta variación es el caudal del agua. Durante el mes de abril, es posible que se produzcan lluvias que aumenten el flujo del agua, lo que a su vez puede arrastrar más sedimentos y contaminantes hacia el canal de riego. Esto podría resultar en un incremento en los niveles de sólidos disueltos, reflejando una mayor carga contaminante en el agua durante este periodo. Además, la actividad agrícola también juega un papel crucial en la calidad del agua. En muchas comunidades rurales, como San Juan de Pillo, las prácticas agrícolas pueden contribuir significativamente a la contaminación del agua. Durante abril, es probable que haya un aumento en la actividad agrícola debido al ciclo de cultivo. La interacción entre el caudal del agua y las prácticas agrícolas resalta la complejidad de los factores que afectan la calidad del recurso hídrico a lo

largo del año. Este patrón observado en las mediciones realizadas a la 1:00 p.m. subraya la importancia de un monitoreo continuo y detallado para comprender mejor cómo estos factores influyen en la calidad del agua potable disponible para la comunidad.

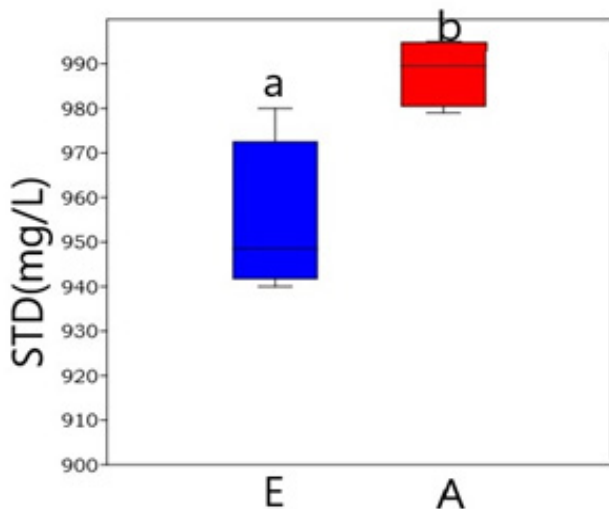


Figura 2. Sólidos totales disueltos (STD) [mg/L] en enero (E) y abril(A) medidos a las 13 horas. Letras distintas entre meses indica diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Por último, en la tercera medición realizada a las 5:00 p.m., los resultados indicaron diferencias significativas entre los niveles de STD en enero y abril ($p > 0.05$). Esto sugiere que, durante este horario específico, las concentraciones de sólidos totales disueltos se mantuvieron relativamente constantes a lo largo de los dos periodos evaluados Figura 3.

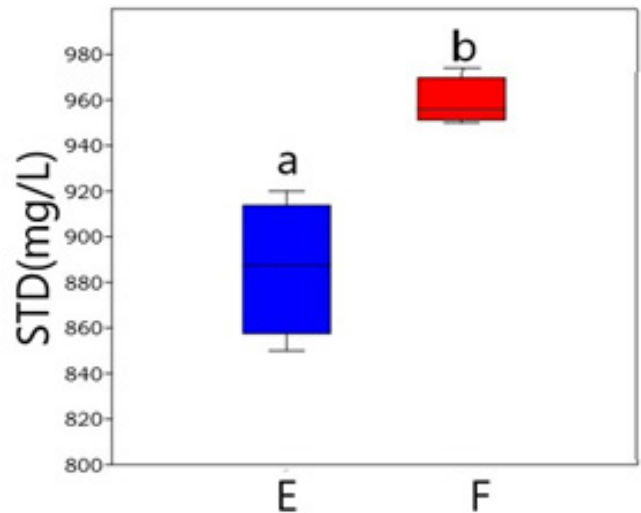


Figura 3. Sólidos totales disueltos (STD) [mg/L] en enero (E) y abril(A) medidos a las 17 horas. Letras distintas entre meses indica diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

DISCUSIÓN

En las fuentes naturales de agua consideradas para consumo humano en San Juan de Pillo muestreadas en el periodo de mayor caudal oscilaron los sólidos totales disueltos (TDS) entre 850 mg/L hasta 983 mg/L, los TDS son determinantes en la calidad de agua, también se puede relacionar con otros parámetros. Un parámetro determinante son los sólidos disueltos totales, debido a que la medición de TDS lleva mucho tiempo, a menudo se estima a partir de la conductividad eléctrica. En cambio, en periodo de menor caudal la concentración de TDS de aguas naturales para consumo humano se determinó desde 950 mg/L hasta 995 mg/L con una tendencia

ligera de aumento en la concentración con respecto al periodo de mayor caudal. En época seca y en época húmeda respectivamente; debido al incremento de la precipitación fluvial se tiene una dilución generando una disminución de sólidos disueltos totales en época húmeda (19).

En este sentido, las concentraciones más altas de TDS en el agua significan una mayor conductividad y también pueden significar una disminución del oxígeno disuelto (20). Los TDS son productos de la descomposición orgánica de raíces, palos o troncos en los arroyos o riachuelos, es decir de la descomposición y liberación de moléculas orgánicas, la precipitación atmosférica, la desorción de iones ligados a sólidos y la disolución de minerales del suelo o sedimentos son otros factores que contribuyen al TDS en los arroyos; estos factores contribuyen a los procesos químicos y biológicos, como la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto, el pH, el carbono orgánico y la descomposición de las rocas (7).

El incremento de las concentraciones de los TDS de las fuentes naturales de agua para consumo humano afecta las características organolépticas del agua y puede ser perjudicial para la salud, por tanto, debe estar dentro los límites máximos permisibles, en este caso menor a 1000 mg/L. Las cargas o concentraciones de TDS y los sólidos suspendidos totales SST en una masa de agua tienen un impacto significativo en la administración y la sostenibilidad de los recursos hídricos. Además, de causar incrustaciones y

corrosión en las tuberías y otros sistemas de agua (21), el aumento de TDS puede tener un impacto en el sabor del agua potable. Puede incrementar los costos de operación de estas instalaciones y disminuir la eficacia de los sistemas de tratamiento de agua. Por lo tanto, es fundamental monitorear y administrar estos indicadores de calidad del agua para disminuir los efectos perjudiciales para la salud humana y acuática, así como para el medio ambiente (13). Los TDS elevados pueden reducir la salud y el bienestar humanos a través de la degradación de la calidad del agua potable (21). Los componentes que contribuyen a los TDS elevados pueden movilizar metales tóxicos del suelo, los sedimentos y la infraestructura y causar o exacerbar condiciones de salud como la hipertensión y las enfermedades cardíacas (16).

Existen varios factores de la contaminación del agua entre ellos por causas antropogénicas y el calentamiento global, quienes generan cambios climáticos muy drásticos, la sierra central de Perú no es ajena a ello. El deterioro de los cuerpos de agua por parámetros como sólidos disueltos totales (TDS) es causado por el cambio climático, el desarrollo y la urbanización asociados con la impermeabilidad de la superficie resultante del aumento de la población y la contaminación causada por cambios ambientales, incluyendo sequías, descargas de aguas residuales, contaminación por nutrientes, sedimentos y cambios en el uso de la tierra y la cobertura terrestre que resultan en impactos negativos como

la proliferación de algas dañinas, eutrofización acelerada y turbidez extrema, entre otros, que tienen implicaciones negativas en la sostenibilidad de los recursos hídricos limitados (13). En la región investigada se pueden observar varios de los procesos mencionados como el cambio climático, el desarrollo y la urbanización, sin embargo, los resultados muestran que los valores de TDS se encuentran por debajo del límite establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (15).

Por otra parte, los procesos que generan TDS orgánicos en arroyos incluyen la liberación de moléculas orgánicas durante el crecimiento biológico (por ejemplo, raíces de plantas, microbios) y la descomposición de materia biológica dentro del arroyo o la orilla del arroyo. Los procesos que generan TDS inorgánicos en arroyos incluyen la disolución de minerales del suelo/sedimento, la desorción de iones unidos a sólidos y la introducción de iones presentes en la precipitación atmosférica y la descarga de aguas subterráneas. La formación de TDS inorgánicos por disolución y desorción depende de muchos parámetros asociados con procesos biológicos y químicos, como el pH, la fuerza iónica, la temperatura y las concentraciones de oxígeno disuelto y carbono orgánico (9).

Los sólidos totales disueltos (TDS) consisten principalmente en minerales inorgánicos y materia orgánica, y también se incluye una

gran variedad de sales (9). Una concentración elevada de TDS significa que el agua puede tener problemas estéticos, que pueden estar asociados con manchas, sabor o precipitación (22). Los niveles de TDS, en un sentido amplio, reflejan la carga contaminante del sistema acuático (23). El exceso de nutrientes estimula el crecimiento de los productores primarios y puede provocar la transición de un estado de agua clara a uno turbio. Por lo tanto, los niveles de nutrientes son indicadores importantes de eutrofización, lo que podría excluir a un embalse como fuente confiable de agua potable (23). Por el contrario, las concentraciones TDS del agua para consumo humano de la comunidad San Juan de Pillo-Acraquia-Pampas, es menor que 1000 mg/L; por lo tanto, cumple con el ECA del D.S. 004-2017-MINAM, categoría A1, en consecuencia, puede ser potabilizada por desinfección.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de sólidos disueltos totales de las aguas destinadas para consumo humano en la comunidad de San Juan de Pillo-Acraquia no igualan los estándares de calidad ambiental del decreto supremo 004-2017 del ministerio del ambiente de Perú.

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UNESCO/ONU. UNESCO. 2023. Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua). UNESCO. <https://www.unesco.org/es/articulos/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-unesco/onu-agua>
2. UNESCO. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2024: l'eau pour la prospérité et la paix. UNESCO; 2024. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388949>
3. Alarcón-Hincapié J, Zafra-Mejía C, Echeverri-Prieto L. Cambio climático y recursos hídricos en Colombia. Rev UDCA Actual Divulg Científica. 2019;22(2). <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1368>
4. Lifeng L. United Nations. United Nations; 2023. Escasez de agua, crisis climática y seguridad alimentaria mundial: un llamamiento a la acción colaborativa | Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/escasez-de-agua-crisis-clim%C3%A1tica-y-seguridad-alimentaria-mundial-un-llamamiento-la>
5. Nunez C. National Geographic. 2011. La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo que hay que saber. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>
6. Hernández J. MICROLAB industrial. 2015. Los sólidos en el agua. <https://www.microlabindustrial.com/blog/los-solidos-en-el-agua>
7. Butler B, Ford R. Evaluating relationships between total dissolved solids (TDS) and total suspended solids (TSS) in a mining-influenced watershed. Mine Water Environ. 2018;37(1). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29962822/>
8. Ferdous J, Rahman T, Ghosh S. Detection of Total Dissolved Solids from Landsat 8 OLI Image in Coastal Bangladesh. Proc Int Conf Clim Change. 2019;3(1):35-44. <https://tiikmpublishing.com/proceedings/index.php/iccc/article/view/273>
9. Miranda J, Krishnakumar G. Microalgal diversity in relation to the physicochemical parameters of some Industrial sites in Mangalore, South India. Environ Monit Assess. 2015;187(11):664. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-015-4871-1>
10. Adjovu G, Stephen H, Ahmad S. Spatial and Temporal Dynamics of Key Water Quality Parameters in a Thermal Stratified Lake Ecosystem: The Case Study of Lake Mead. Earth. 2023;4(3):461-502. <https://www.mdpi.com/2673-4834/4/3/25>
11. Cheng C, Zhang F, Shi J, Kung H. What is the relationship between land use and surface water quality? A review and prospects from remote sensing perspective. Environ Sci Pollut Res Int. 2022;29(38). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35708802/>
12. Sória M, Tavares E, Pinto A, Stumpf L, Zarnott D, Bubolz J, et al. Evaluation of physicochemical water parameters in watersheds of southern Brazil. Rev Ambiente Água. 2020;15:e2596. <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/PwpsDFBVfBwmcKNC4CPGsZD/?lang=en>
13. Adjovu G, Stephen H, James D, Ahmad S. Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. Remote Sens. 2023;15(14):3534. <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3534>
14. Baird R, Bridgewater L. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. <https://cmc.marmot.org/Record/b57522091>
15. Ministerio de Salud Lima-Perú. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.pdf. J.B. GRAFIC E.I.R.L.; 2011. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
16. Merriam E, Strager M, Petty J. Source water vulnerability to elevated total dissolved solids within a mixed-use Appalachian River basin. PLOS Water. 2022;1(8):e0000035. <https://journals.plos.org/water/article?id=10.1371/journal.pwat.0000035>
17. Fong W, Colpas F, Severiche C. Evaluación de la precisión y exactitud para la determinación gravimétrica de sólidos disueltos totales en aguas.

Cienc E Ing Rev Investig Interdiscip En Biodivers Desarro Sosten Cienc Tecnol E Innov Procesos Product Ind. 2015;2(2):4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8742422>

18. Sigler W, Bauder J. Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. Universidad Estatal de Montana; 2020. https://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

19. Chuquimia R, Valdez S, Choque R, Quintanilla J, et al. Calidad del agua en el río Ichalaya, su relación con los drenajes de bocaminas de Mina Matilde, municipio Carabuco. Rev Boliv Quím. 2023;40(4):9-20. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602023000400009

20. Misman N, Sharif M, Chowdhury J, Azizan N. Water pollution and the assessment of water quality parameters: a review. Desalination Water Treat. mayo de 2023;294:79-88. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624010130>

21. Kaushal S, Likens G, Pace M, Utz R, Haq S, Gorman J, et al. Freshwater salinization syndrome on a continental scale. Proc Natl Acad Sci. 2018;115(4):E574-83. <https://doi.org/10.1073/pnas.1711234115>.

22. Sibanda T, Chigor V, Koba S, Obi C, Okoh A. Characterisation of the physicochemical qualities of a typical rural-based river: ecological and public health implications. Int J Environ Sci Technol. 2014;11(6):1771-80. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0376-z>

23. Zhang C, Zhang W, Huang Y, Gao X. Analysing the correlations of long-term seasonal water quality parameters, suspended solids and total dissolved solids in a shallow reservoir with meteorological factors. Environ Sci Pollut Res Int. 2017;24(7):6746-56. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8402-1>