




Artículo original / Original article

Parámetros químicos del agua en un centro de producción de truchas de Huancavelica, Perú

Water chemical parameters in a trout production center in Huancavelica, Peru

Alberto Hugo Deza-Matías ^{1*}; Yenny Marlene Sánchez-Quispe ¹; Prísila Tello-García ²

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Instituto de Investigación - Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Perú

RESUMEN

El objetivo del estudio fue verificar si los parámetros químicos del agua en un centro truchícola de Huancavelica cumplen la normativa ambiental nacional. Esta investigación de tipo básica y descriptiva, de diseño no experimental de tipo transversal fue desarrollada en un centro truchícola abastecido por el río Sacsamarca, a través de canales de derivación, con un caudal total de 330 L/s. Se establecieron seis puntos de muestreo de aguas en los estanques de inicio, crecimiento y engorde de trucha, empleando la técnica de observación y como instrumento la ficha de observación para el registro de las mediciones realizadas con instrumentos mecánicos. Se tomaron datos de pH, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, nitratos y fosfatos, que fueron procesados y posteriormente comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente (MINAM). Solo en un punto de muestreo el pH mostró un valor ligeramente por debajo del rango referencial de los ECA (6.5 a 9.0) mientras que en otros cuatro se registraron niveles de fosfatos ligeramente altos en comparación con el valor referencial de 0.05 mg/L establecidos para fósforo total en los ECA. En conclusión, salvo los fosfatos, los parámetros químicos del agua del centro truchícola cumplen con los estándares ambientales nacionales.

Palabras clave: acuicultura; efluentes acuícolas; estándares ambientales; región andina; sostenibilidad

ABSTRACT

The objective of this study was to verify whether the chemical parameters of the water in a trout farm in Huancavelica comply with national environmental regulations. This basic and descriptive study, with a non-experimental, cross-sectional design, was conducted in a trout farm supplied by the Sacsamarca River through diversion canals, with a total flow of 330 L/s. Six water sampling points were established in the trout starter, grow-out, and grow-out ponds, using observation techniques and observation sheets to record measurements taken with mechanical instruments. Data were collected on pH, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, nitrates, and phosphates, which were processed and subsequently compared with the MINAM Environmental Quality Standards (ECA). Only at one sampling point did the pH show a value slightly below the reference range of the ECAs (6.5 to 9.0), while at four points slightly high phosphate levels were recorded compared to the reference value of 0.05 mg/L established for total phosphorus in the ECAs. In conclusion, except for phosphates, the chemical parameters of the water at the trout farm comply with national environmental standards.

Keywords: aquaculture; aquaculture effluents; environmental standards; Andean region; sustainability

Cómo citar / Citation: Deza Matías, A. H., Sánchez Quispe, Y. M. & Tello García, P. (2025). Parámetros químicos del agua en un centro de producción de truchas de Huancavelica, Perú. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 4(2), e106. <https://doi.org/10.56926/repia.v4i2.106>

Editor: Dr. Fred William Chu Koo 



1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con un reciente reporte, la acuicultura en el mundo ha crecido a un ritmo anual de 6.6% desde 2020, contribuyendo a proporcionar más del 57% de los productos acuáticos empleados para el consumo humano directo según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2024). En ese contexto, la producción peruana de trucha arcoíris alcanzó un volumen de cosecha de 39,958.8 TM en el 2023, siendo liderada por Puno y Pasco, con el 56.37% y 11.8% de la producción nacional, respectivamente. Con un porcentaje de 11.5% y, ubicándose en el tercer lugar del ranking aparece la región Huancavelica, con una producción truchícola de 4,613 TM según el Anuario Estadístico pesquero y acuícola del Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2023), gracias al empuje de criadores privados y al alto potencial hídrico que posee dicha región, con seis cuencas hidrográficas, 34 subcuencas y 76 microcuencas (Gobierno Regional de Huancavelica, 2021).

El notable incremento en la producción de trucha arcoíris observada en años recientes en la región Huancavelica supone de alguna forma posibles afectaciones sobre la calidad del agua utilizada en los centros de producción, sea por el uso de alimento balanceado, los productos de excreción de los organismos cultivados y/o, los fármacos utilizados para controlar enfermedades en los peces. Según Tahar et al. (2018) los centros de cultivo de trucha generalmente operan con sistemas de flujo continuo, y que el impacto que estos sistemas de producción podrían tener en la calidad del agua sigue siendo poco estudiado.

La Ley de Recursos Hídricos (Congreso de la República, 2017), señala que el agua es un preciado recurso de los pueblos, parte integrante de los ecosistemas, renovable a través del ciclo hidrológico y que tiene valor sociocultural, económico y ambiental, por lo que, de acuerdo a las leyes y normas del Perú, su uso debe ser eficiente, sostenible, integrado y equilibrado, para fines poblacionales, productivos y sectoriales. Asimismo, en el 2017, el Estado peruano a través del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (MINAM, 2017), aprobó los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) donde se categoriza al recurso hídrico según el tipo de uso, incluyendo el uso pesquero y acuícola (Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales) y en este caso en particular, para calidad ambiental del agua de ríos (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos).

De acuerdo con Skoronski et al. (2018) el concepto de acuicultura sostenible se ha introducido recientemente debido a los impactos ambientales de la piscicultura. Se considera acuicultura sostenible a la producción de organismos acuáticos, manteniendo una interacción armoniosa con los ecosistemas y las comunidades locales (Valenti, 2000; Valenti et al., 2011). En el caso específico de la actividad truchícola en Huancavelica, el impacto potencial de los efluentes de las granjas sobre los recursos hídricos no se ha estudiado en profundidad. Por lo tanto, los procedimientos para regular, controlar y monitorear el impacto ambiental de las granjas piscícolas no están bien establecidos en dicha región. La falta de datos específicos sobre la calidad de los efluentes de las granjas de cada lugar y su impacto en los arroyos y ríos receptores constituye una limitación importante para el establecimiento de medidas regulatorias y sistemas adecuados de gestión de residuos a nivel regional.

En tal sentido, la presente investigación tomó como objeto de estudio una parte del caudal del río Sacsamarca utilizada en un centro de producción de trucha para determinar si la actividad piscícola allí realizada estaría ocasionando algún nivel de afectación sobre el cuerpo de agua utilizado. La importancia socioambiental del estudio, radica en que evaluamos ciertos parámetros químicos del agua en dicho centro acuícola y lo comparamos con los valores referenciales (Estándares de Calidad Ambiental - ECA) recomendados por el Ministerio del Ambiente y de esta forma pudimos verificar si la calidad del recurso hídrico presenta algún tipo de afectación o se encuentra dentro de los valores aceptables por la normativa ambiental nacional. De esta forma, contribuimos también a que, los organismos relacionados al sector acuícola puedan realizar una correcta gestión de la piscicultura enmarcada en la gobernanza del agua, huella hídrica, y el cuidado integral de los recursos hídricos, para garantizar un aprovechamiento racional y sostenible de tan preciado recurso en Huancavelica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en un centro de producción de *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) localizada en la comunidad de Sacsamarca, provincia y departamento de Huancavelica, zona andina del Perú. La infraestructura piscícola estuvo conformada por nueve estanques de concreto, los cuales se hallaban operativos y en cuyo interior se acondicionan a los peces según estadio de cultivo. Para el manejo de los alevinos (fase de inicio), se utilizan estanques de 23.25 m², en la fase crecimiento (juveniles) se emplean estanques de 45 m², mientras que la etapa de engorde o acabado se lleva a cabo en estanques de 75 m².

Identificación del sitio por estaciones (E):

E1 = Estanques de alevinos (fase de inicio), compuesto por tres estanques.

E2 = Estanques de juveniles (fase de crecimiento), compuesto por tres estanques.

E3 = Estanques de engorde o acabado, compuesto por tres estanques.

El caudal de agua del río Sacsamarca que se capta e ingresa al centro y abastece a los nueve estanques es de 330 L/s. Los puntos de muestreo fueron seleccionados mediante la técnica no probabilística - criterial. Para el recojo de los datos, se empleó la técnica de observación y como instrumento la ficha de observación donde registramos los valores finales de las mediciones realizadas con los instrumentos mecánicos. Se procesaron los datos recolectados y luego se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

Determinación de los puntos de muestreo (M) para medir la calidad del agua

El muestreo fue realizado en cada estanque seleccionado y en la estación respectiva, conformándose de esta manera dos grupos: entradas y salidas.

- ✓ La E1 presenta los puntos de muestreo M1 (entrada) y M2 (salida)
- ✓ La E2 presenta los puntos de muestreo M3 (entrada) y M4 (salida)

- ✓ La E3 presenta los puntos de muestreo M5 (entrada) y M6 (salida)

De esta forma, se recogió la información de forma más precisa y segura, respecto a la posible variación de la calidad del agua. Las muestras de agua fueron tomadas en seis puntos de muestreo M1 y M2 de la E1 (inicio), M3 y M4 de la E2 (crecimiento) y M5 y M6 de la E3 (engorde), lo cual se muestra en la Figura 1. Cada uno estos puntos fueron georreferenciados con el uso de un GPS marca GARMIN y modelo GPSmap-76CSx.



Figura 1. Distribución de estaciones y puntos de muestreo en estanques de cultivo de trucha arco iris en Sacsamarca (Huancavelica)

Tabla 1.

Conformación de las muestras por grupos y localización geográfica.

Entradas	Coordenadas	Salidas	Coordenadas
M1	500377.63 8584310.45	M2	500376.64 8584326.25
M3	500353.09 8584333.91	M4	500361.10 8584351.56
M5	500361.28 8584351.81	M6	500361.38 8584375.83

Procedimiento de recolección de datos

La toma de muestras se realizó una sola vez y de forma manual. Consistió en el uso de frascos de vidrio de 1.2 L esterilizados de boca ancha y con tapa, debidamente rotulados. Durante la recolección de las muestras, enjuagamos el recipiente con agua de la misma fuente y seguidamente se sumergió en forma inclinada (ángulo de 30°) a una profundidad máxima de 20 cm, dirigiendo la boca del frasco en sentido contrario a la corriente natural. La toma de muestras se hizo en horas de la tarde, luego de la alimentación de los peces. El horario escogido fue el siguiente: M1 a las 15:00 h, M2 a las 15:30 h, M3 a las 16:00 h, M4 a las 16:30 h, M5 a las 17:00 h y M6 a las 17:30 h.

Determinación de los parámetros químicos

De cada muestra de agua colectada se analizaron los siguientes parámetros químicos: pH, oxígeno disuelto (DO), demanda química de oxígeno (DQO), nitratos y fosfatos. Para ello, utilizamos un fotómetro multiparámetro compacto HANNA HI83399 para análisis de calidad del agua. Previo a su lectura en el fotómetro multiparámetro, las muestras fueron debidamente preparadas usando los reactivos químicos recomendados por el fabricante.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se empleó estadística descriptiva para el análisis de los datos, obteniéndose las medias y desviaciones estándar. La información fue registrada en la ficha de observación para luego ser ordenadas en una base de datos en hojas de Microsoft Office Excel. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS ver. 25. (IBM SPSS Statistics - 2017). La representación gráfica de los resultados por cada parámetro analizado se realizó mediante gráficos de barras.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez analizados los datos de los parámetros químicos evaluados, se realizó una comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del MINAM para el agua (ver Tabla 2), verificándose que las concentraciones de oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y nitratos en todas las estaciones de muestreo se hallaron dentro de los valores referenciales recomendados por los ECA del MINAM.

Tabla 2.

Parámetros químicos evaluados en estanques de un centro de producción de trucha de la comunidad de Sacsamarca (Huancavelica) y valores referenciales establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente (MINAM). (E = estación, M = punto muestral).

Parámetros	Unidad	E1		E2		E3		ECA MINAM Cat. 4
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
pH	UpH	7.0	6.8	7.0	6.7	6.6	6.3	6.5 – 9.0
Nitratos	mg/L	2.2	2.4	2.2	2.6	2.5	3.5	13.0
Fosfatos	mg/L	0.04	0.25	0.02	0.26	0.27	0.37	0.05*
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	1.6	2.1	2.2	2.2	2.3	3.0	10.0
Oxígeno disuelto	mg/L	7.0	6.8	6.5	6.5	6.4	6.0	≥5

* Fósforo total.

Únicamente en uno de los puntos de muestreo el pH mostró valores por debajo del rango referencial de los ECA (6.5 a 9.0). Asimismo, pudimos observar que cuatro puntos de muestreo tuvieron niveles de fosfatos por encima del valor referencial de los ECA, convirtiéndose en el único parámetro crítico para la calidad del agua.

3.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

En la Figura 2 puede observarse que los valores de pH de cinco puntos de muestreo se hallan dentro de los rangos referenciales establecidos en los ECA (6.5 a 9.0). La variación del pH en función a la estación seleccionada y los puntos de muestreo fueron las siguientes: En la E1, el pH ingresó en 7.0 (M1) y descendió hasta 6.8 en el punto de salida (M2). Lo mismo sucedió en la E2

donde el pH ingresó en 7.0 (M3) y bajó hasta llegar a 6.7 en el punto de salida (M4). Finalmente, en la E3 (fase de engorde/acabado), el agua ingresó al estanque con un pH de 6.6 (M5) y salió del sistema con un nivel de acidez de 6.3 (M6), un valor que se encuentra ligeramente por debajo del nivel mínimo del rango establecido en los ECA del MINAM para ríos de costa y sierra peruana.

Sin embargo, esta no representaría una amenaza para la vida acuática ya que normas internacionales, tales como la Directiva 2006/44/EC del Consejo Europeo aprobado el 06/09/2006, que regula la calidad de las aguas dulces para proteger o mantener la vida de organismos como los peces en dicho continente, estipula que el pH debe estar comprendido entre 6.0 y 9.0 (Ivan et al., 2024).

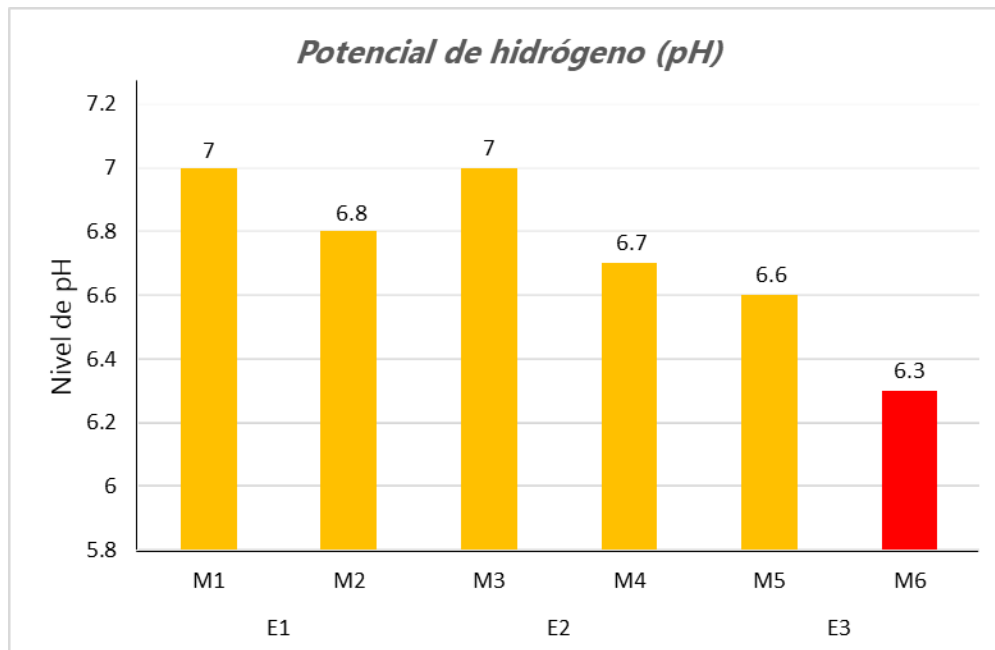


Figura 2. Valores de pH del agua obtenidos en estanques de cultivo de trucha arcoíris abastecidos por el río Sacsamarca, región Huancavelica

El declive de los niveles de pH entre las muestras de entrada y salida de agua de los estanques registrados en el presente trabajo, son variaciones hasta cierto punto esperables en truchicultura, debido básicamente a ciertos procesos metabólicos como la respiración de los peces. Por ejemplo, este fenómeno también fue reportado en Irlanda por Tahar et al. (2018) quienes observaron una disminución general del pH en las aguas de las zonas de ingreso y salidas de un sistema de producción de flujo continuo de trucha en dicho país, probablemente debido a la producción de CO₂ derivado del metabolismo de los peces. Estos autores midieron valores medios de pH en las áreas de entrada de agua que se situaban entre 8.2 a 8.4 de pH, y valores de pH en las salidas en el rango de 7.9 a 8.0, es decir, registraron una disminución de entre 0.3 a 0.4 de pH del agua. En nuestro estudio, el rango de disminución del pH entre grupos (entrada vs. salida) osciló entre los 0.2 a 0.3 de pH, valores similares a los reportados por estos investigadores. Finalmente, en la sierra del Perú, Chanamé et al. (2022) reportaron niveles de pH entre 7.63 a 8.13, en puntos de descarga de aguas de un centro truchícola hacia el río Chira.

3.2. Nitratos (NO₃)

La Figura 3 muestra los resultados obtenidos de la medición de los nitratos en los sistemas de cultivo de trucha en la comunidad huancavelicana de Sacsamarca. En lo que respecta a las concentraciones de nitratos en los puntos de ingreso de agua, podemos observar que éstas oscilaron entre mínimas de 2.2 mg/L (M1 y M3) a máximas de 2.5 mg/L (M5), sin embargo, estas sustancias químicas elevaron sus niveles en los puntos de salida de los estanques, oscilando entre 2.4 mg/L (M2) y 3.5 mg/L (M6). Sin embargo, en ningún caso los nitratos llegaron a superar el nivel referencial de los ECA para aguas de ríos de costa y sierra, cuyo valor es de 13 mg/L.

De acuerdo con Deza (2023), los compuestos nitrogenados como los nitratos, son sustancias que dependiendo de su concentración pueden resultar tóxicos. Están presentes en el agua de los estanques, producto de las excretas del metabolismo de los peces, y del alimento no consumido (residuos); y también son liberados durante la descomposición que hacen los microorganismos como las bacterias sobre la materia orgánica. Si bien los valores de nitratos registrados en el presente trabajo no superaron el umbral establecido por la normativa ambiental peruana, podrían ser motivo de preocupación ya que representan hasta 2.5 veces por encima de los valores referenciales (<1.0 mg/L) establecidos por la legislación ambiental brasileña para aguas de clase II (Resolución N° 357/2005/CONAMA).

Por ejemplo, un estudio realizado por Funck et al. (2019) en Delfim Moreira, una comunidad del estado de Minas Gerais (Brasil), localizada a 1,260 m s.n.m., reportó valores de nitratos que oscilaron entre 0.37 y 0.54 mg/L en las zonas de ingreso de agua de dos centros de producción de trucha arcoíris afincadas en dicha localidad. Asimismo, cuando mismos estos autores monitorearon las concentraciones de nitratos en las zonas de descarga (salida) del agua, determinaron que éstas oscilaron entre 0.33 y 0.78 mg/L, cumpliendo las normas ambientales de Brasil. Otro estudio similar realizado en Santa Catarina (Brasil) por Skoronski et al. (2018) reportó concentraciones medias de nitratos de 0.34 mg/L en el punto de ingreso de agua a los estanques de cultivo de trucha, mientras que los valores de salida oscilaron entre 0.43 y 0.46 mg/L, cumpliendo también con la normativa de su país.

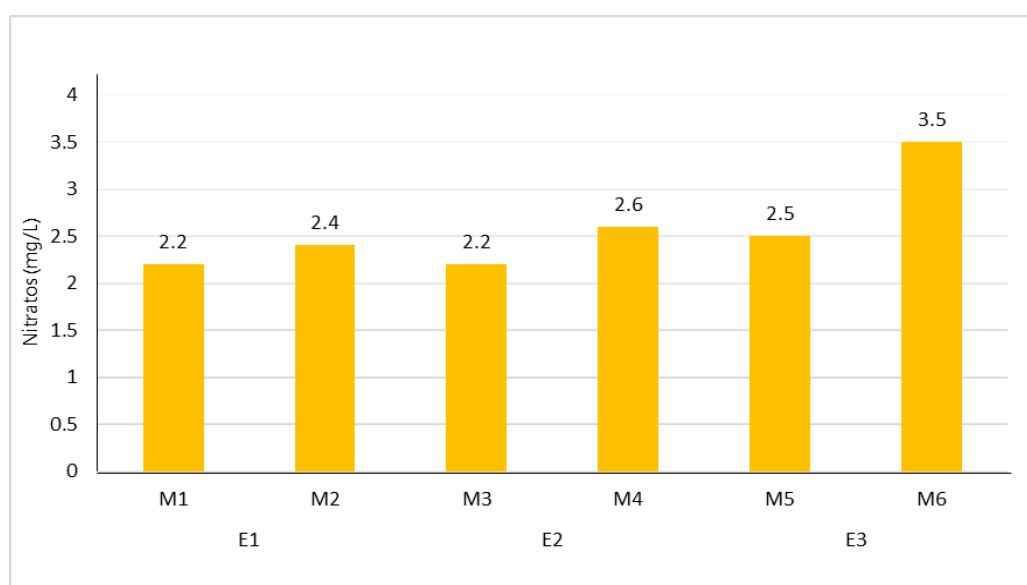


Figura 3. Concentración de nitratos (mg/L) obtenidos en estanques de cultivo de trucha abastecidos por el río Sacsamarca, región Huancavelica

Del mismo modo, un estudio publicado por Pepe-Victoriano et al. (2024) reveló concentraciones de nitratos en el sistema de cultivo que se mantuvieron entre mínimas de 0.4 a máximas de 1.45 mg/L al evaluar el rendimiento productivo de trucha arcoíris en Copaquilla, una localidad situada a casi 3,000 ms.n.m en el norte de Chile. Si bien los niveles de nitratos reportados en nuestro trabajo no son nocivos para la trucha y en regla, no transgreden la normativa peruana, tal vez sea una señal de alarma para las entidades nacionales encargadas de velar por la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos.

3.3. Fosfatos (PO_4)

Con respecto a las concentraciones de fosfatos registrados en Sacsamarca, podemos observar que en cuatro puntos de muestreo (M2, M4, M5 y M6) los valores superaron el valor referencial para fósforo total establecidos en los ECA. Esto es preocupante porque normalmente en la medición de la calidad del agua, el fósforo total suele ser más alto que la concentración de fosfatos (ortofosfatos). Esto se debe a que el fósforo total incluye todas las formas de fósforo presentes en el agua, tanto las formas orgánicas como inorgánicas, mientras que los fosfatos (ortofosfatos) se refieren específicamente a la forma inorgánica de fósforo directamente disponible para los organismos. En tal sentido, si los valores de fosfatos sobrepasan el valor de referencia establecido para el Fósforo Total en los ECA (0.05 mg/l) para ambientes acuáticos de categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, E3: Ríos de costa y sierra), tendríamos la certeza de que los valores de fósforo total de dichas aguas excederían largamente el valor referencial propuesto por la normativa ambiental nacional.

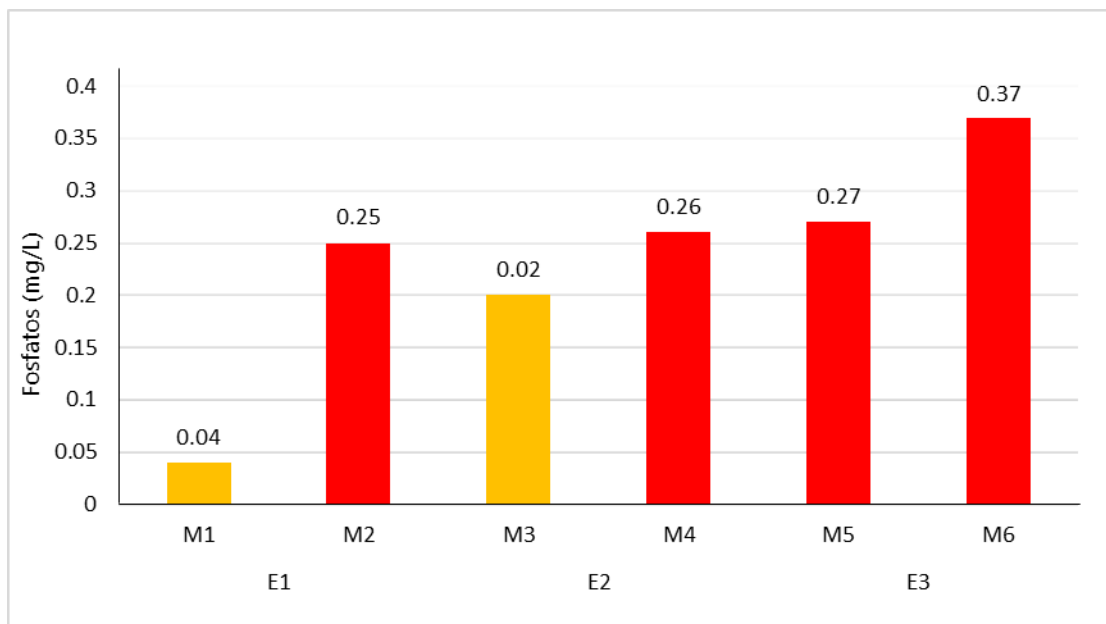


Figura 4. Concentraciones de fosfatos (mg/L) en el agua de estanques de cultivo de trucha arcoíris abastecidos por el río Sacsamarca, Huancavelica

Cuando comparamos nuestros resultados con la de otros investigadores pudimos encontrar similitudes y en ciertos casos diferencias. Por ejemplo, Pulatsu et al. (2004), reportaron altas concentraciones de fosfatos asociadas al mayor contenido de este compuesto en las raciones utilizadas en las granjas de trucha. Por lo tanto, los autores del estudio sugieren un mejor control

de las tasas de alimentación para evitar el aporte de fósforo al medio acuático. Estos resultados concuerdan con las de nuestra investigación puesto que se apreció valores hasta en cuatro puntos superiores a 0.05 mg/L. En otro trabajo, Funck et al. (2019) también reportaron un aumento en la concentración de fosfatos en estanques de cultivo de truchas (de 0.046 a 0.057 mg/L y de 0.041 a 0.127 mg/L de fosfatos) en Brasil.

Por su parte, Castro et al. (2022) evaluaron los parámetros químicos del agua en un sistema de crianza de truchas en jaulas flotantes la laguna Aricota (Tacna, Perú) y encontraron que el contenido de fósforo fue de 0.08 ± 0.014 mg/l (80 mg/m³), resulta muy inferior al valor ECA (0.35 mg/l) establecido para lagos y lagunas en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

La alta concentración de fosfatos en las piscigranjas registradas en el presente trabajo puede tener relación directa con el proceso de alimentación de los peces, al adicionar al sistema de cultivo, alimentos balanceados ricos en fósforo, como también a la fracción de alimento que no es consumido por los peces (Deza, 2023; Vicencio et al., 2025). Esta sospecha se corrobora con los resultados de Ocola (2022), quien encontró concentraciones de fósforo superiores al valor del ECA en todos los puntos de muestreo de un sistema de cultivo intensivo de truchas en el Lago Titicaca (Puno, Perú).

3.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO es un parámetro importante que indica la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Normalmente este parámetro se utiliza como un indicador de contaminación del agua y de su contenido orgánico.

En el presente trabajo, los niveles de DQO oscilaron entre mínimo 1.6 mg O₂/L (M1), hasta alcanzar los 3.0 mg O₂/L (M6), siendo los valores de DQO de los puntos de salida (efluentes) siempre superiores a los puntos de muestreo localizados en las zonas de ingreso del agua del río Sacsamarca (ver Figura 5). Para nuestra sorpresa, los ECA no tienen un valor o un rango referencial para este importante parámetro.

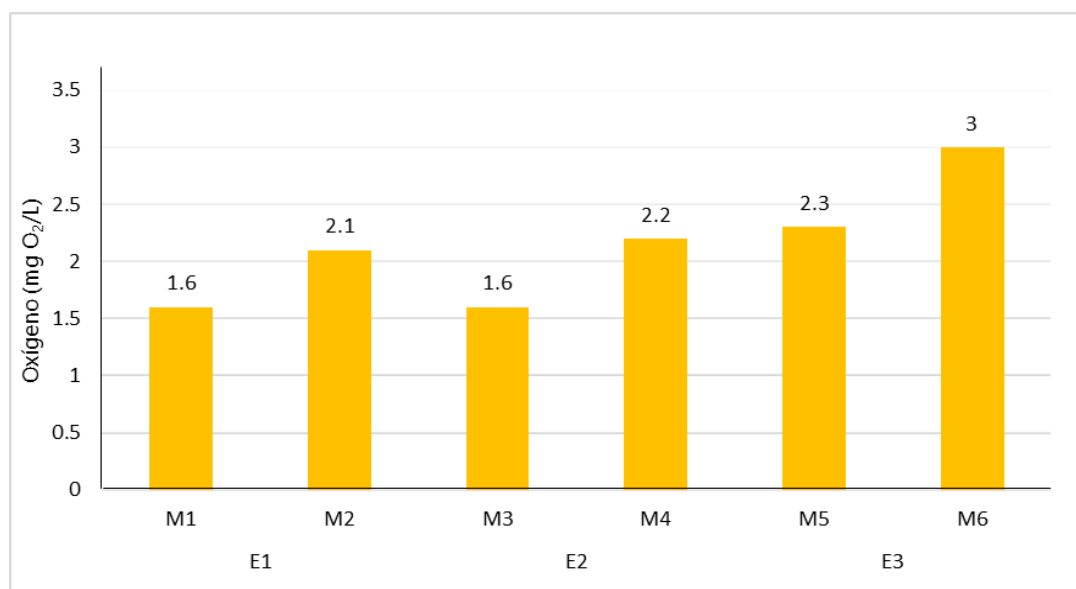


Figura 5. Valores de la Demanda Química de Oxígeno (mg O₂/L) en el agua de estanques de cultivo de trucha arcoíris abastecidos por el río Sacsamarca, Huancavelica

Al analizar los valores de DQO obtenidos en el presente trabajo con estudios realizados en otras latitudes, pudimos observar que son bastante bajos comparados con el trabajo publicado por Fiordelmondo et al. (2020), quienes registraron valores mínimos de DQO entre 6.0 a 8.0 mg O₂/L y máximos de 28.0 a 33.0 mg O₂/L al monitorear por un periodo de 10 años, la calidad del agua en estanques de crianza de truchas en Italia. Sin embargo, nuestros registros de DQO fueron consistentes con aquellos reportados por Varol y Balci (2020) en tres distintos centros de producción de trucha en Turquía, donde oscilaron entre 0.90 y 3.82 mg O₂/L.

3.5. Oxígeno Disuelto (OD)

Los niveles de oxígeno disuelto registrados en los seis puntos de muestreo oscilaron entre 6.0 y 7.0 mg/L, suficientes para garantizar un apropiado aprovisionamiento de oxígeno a las truchas manejadas en dicho centro de producción. En ninguno de los casos el oxígeno disuelto sobrepasa el valor mínimo de ≥ 5 mg/l establecido por los ECA para aguas de Categoría 4 del MINAM. Las concentraciones de oxígeno en las zonas de salida (descarga) de agua fueron siempre menores que en las zonas de entrada de agua provenientes del río Sacsamarca y esto se explica por el consumo de oxígeno realizada por los peces en cultivo.

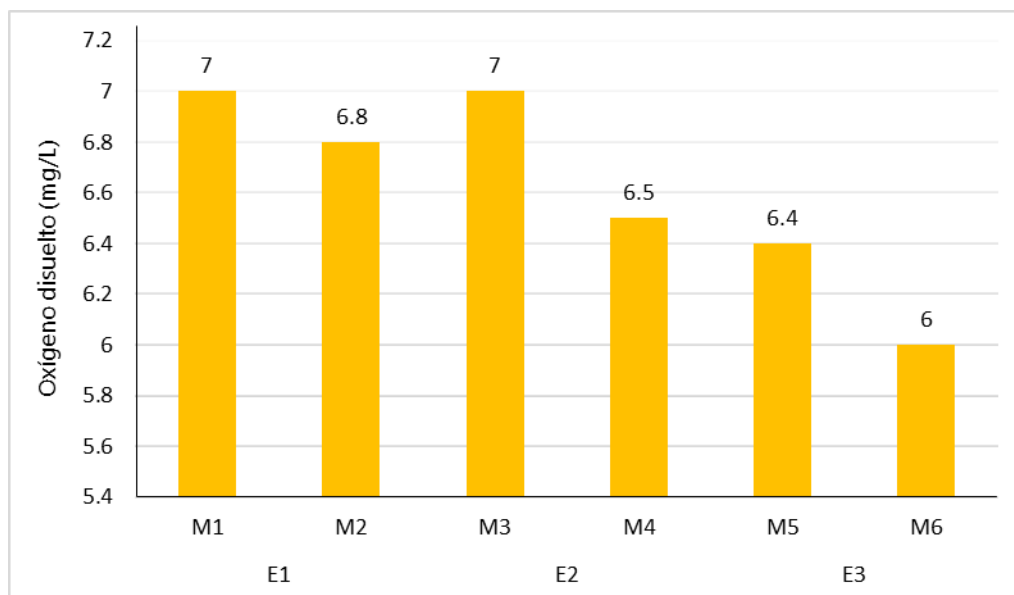


Figura 6. Concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L) en el agua de estanques de cultivo de trucha arcoíris abastecidos por el río Sacsamarca, Huancavelica

El oxígeno disuelto juega un importante papel en el metabolismo de la trucha y por ello es indispensable proveer un ambiente altamente oxigenado para permitir que estos peces desarrollen con normalidad sus actividades de alimentación, digestión y excreción y obtengan una óptima tasa de crecimiento. Los niveles de OD registrados en el presente trabajo son similares los reportados por Funck et al. (2019) en un cultivo de truchas en Brasil, donde los valores de OD oscilaron entre 6.58 y 6.85 mg/L en las estaciones lluviosa y seca, respectivamente. Por su parte, en Polonia, Sidoruk et al. (2020) evaluaron la calidad de agua en un centro de producción de truchas con sistemas de estanques con flujo continuo, oscilando el OD en concentraciones entre 7.4 y 9.1 mg/L, valores por encima de los registrados en nuestro trabajo. Asimismo, en el departamento de Junín

(Perú), Chanamé et al. (2022) registraron niveles de oxígeno disuelto entre 7 y 7.88 mg/L en puntos de descarga de aguas de un centro truchícola hacia el río Chira.

CONCLUSIONES

Se evaluaron los parámetros químicos del agua que abastece al centro de producción de truchas de Sacsamarca, encontrándose que las concentraciones de oxígeno disuelto y nitratos estuvieron dentro de los valores referenciales dictaminados por los ECA. En lo que respecta al pH, este parámetro solo en un punto de muestreo se halló ligeramente por debajo del valor ECA. La DQO y los fosfatos no están considerados en los ECA, pero en el caso de la DQO podemos afirmar que se mantuvo en niveles adecuados si los comparamos con otros estudios. Sin embargo, en el caso de los fosfatos consideramos que este parámetro merece mayor atención por parte del personal del área de producción que opera el centro truchícola pues sus valores superaron el valor referencial establecido por la autoridad ambiental peruana para el fósforo total. Tal vez un manejo más adecuado al proceso de alimentación podría disminuir esos niveles. Se concluye que el agua a la salida de la piscigranja es de calidad media o moderada, y no afecta significativamente al recurso hídrico, no siendo perjudicial al ecosistema acuático.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización y análisis formal: Deza-Matías, A. H.

Investigación: Deza-Matías, A. H., Sánchez-Quispe, Y. M. y Tello-García, P.

Metodología, administración de proyecto y supervisión: Deza-Matías, A. H.

Validación: Sánchez-Quispe, Y. M. y Tello-García, P.

Visualización: Deza-Matías, A. H.

Redacción –borrador original y redacción –revisión y edición: Deza-Matías, A. H., Sánchez-Quispe, Y. M. y Tello-García, P.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro Machaca, Y. R. del C., Vera Olvea, N. C., & Mendoza Aquino, M. (2022). Evaluación del impacto ambiental debido a la crianza de Trucha en la laguna Aricota, Tacna. *Ingeniería Investiga*, 4. <https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.584>

Chanamé Z., F., Bedriñana S., M., & Bedriñana M., D. (2022). Efecto de la crianza intensiva de truchas sobre la calidad del agua del río Chía en el distrito de Ingenio, Junín - Perú. *Prospectiva*

- Universitaria*, 12(1), 66–71. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2015.12.457>
- Congreso de la República. (2017). *Ley N° 29338. Ley de los Recursos Hídricos*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N°-29338.pdf>
- Deza Matías, A. H. (2023). *Crianza funcional de truchas arco iris en estanques* (Primera Ed). Imprenta de Luna Beraún, Leonel Tony.
- FAO. (2024). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- Funck, A. P. M., Simões, J. A. B., Ferreira, M. G., Martins, E. de F. F., Oliveira, F. A. da S., Rodrigues, L. dos S., Melo, M. M., & Miranda Filho, K. C. (2019). Water Quality and Effluents Generated during Rainbow Trout Culture in a Raceway System. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 16(5). <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.16.002921>
- Gobierno Regional de Huancavelica. (2021). *Plan de Desarrollo Regional Concertado al 2030 del Gobierno Regional de Huancavelica, Mapa de Cuencas Hidrográficas*.
- Ivan, I., Marin, M., Posan, P., Maftel, M., Stavrescu-Bedivan, M., Popescu, A., & Nicolae, C. G. (2024). Physicochemical water parameters - limiting factors on the rainbow trout growth in recirculating aquaculture systems. *Scientific Papers. Series Animal Science*, 67(2), 582–590. https://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2024/issue_2/Art75.pdf
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones Complementarias*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Ocola Villasante, D. B. (2022). Evaluación de las características físico químicas del agua y la composición del sustrato en zonas de crianza intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en el Lago Titicaca, Pomata-Puno. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 1(Vol. 4, Num. 1), 19–29. <https://doi.org/10.47190/nric.v4i1.2>
- Pepe-Victoriano, R., Pepe-Vargas, P., Yañez-Valenzuela, M., Aravena-Ambrosetti, H., Olivares-Cantillano, G., Méndez-Abarca, F., Huanacuni, J. I., Méndez, S., & Espinoza-Ramos, L. (2024). Growth of *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow Trout) through a Recirculation System in the Foothills of the Extreme North of Chile. *Animals*, 14(17), 2567. <https://doi.org/10.3390/ani14172567>
- PRODUCE. (2023). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2023*. <https://www.producepresarial.pe/anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2023/>
- Pulatsu, S., Rad, F., Köksal, G., Aydın, F., Benli, K., & Topçu, A. (2004). The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu Stream, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4, 9–15. <https://avesis.gazi.edu.tr/file?id=9c851d7c-90fd-4b9b-ada3-72b30e959d8f>
- Sidoruk, M., Kobus, S., Cymes, I., & Sidoruk, M. (2020). Impact of trout breeding in a cascade water flow technology on water quality. *Journal of Elementology*, 2/2020. <https://doi.org/10.5601/jelem.2019.24.3.1906>
- Skoronski, E., Nascimento, A., Hessa, E., Rodrigues, A., Libardo, K., Fritzke, W., & Perez, T. (2018). Evaluation of small scale trout farming impact on water quality in Santa Catarina State, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(5), 981–988. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue5-fulltext-11>

- Tahar, A., Kennedy, A., Fitzgerald, R. D., Clifford, E., & Rowan, N. (2018). Full Water Quality Monitoring of a Traditional Flow-Through Rainbow Trout Farm. *Fishes*, 3(3), 28. <https://doi.org/10.3390/fishes3030028>
- Valenti, W. C. (2000). *Aquaculture for Sustainable Development*.
- Valenti, W., Kimpara, J. M., & Zajdiband, A. D. (2011). Measuring sustainability in aquaculture systems. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26(303). https://www.researchgate.net/profile/Wagner-Valenti/publication/281275147_Measuring_sustainability_in_aquaculture_systems/links/55df5e2708ae2fac4718fa1b/Measuring-sustainability-in-aquaculture-systems.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Varol, M., & Balci, M. (2020). Characteristics of effluents from trout farms and their impact on water quality and benthic algal assemblages of the receiving stream. *Environmental Pollution*, 266, 115101. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115101>
- Vicencio, P. E. L., Dela Cruz, M. M. C., & Reyes, A. P. (2025). Environmental Assessment of Fishpond Water: Physicochemical and Microbial Analysis of Water Quality in Aquaculture. *International Journal of Environment, Engineering and Education*, 7(1), 25–34. <https://doi.org/10.55151/ijeedu.v7i1.164>