

# 69

Fecha de presentación: diciembre, 2021

Fecha de aceptación: enero, 2022

Fecha de publicación: marzo, 2022

## EVALUACIÓN

DE MATERIA ORGÁNICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ICHU,  
PERÚ

### ORGANIC MATTER EVALUATION OF THE ICHU RIVER BASIN, PERU

Luz Luisa Huamaní Astocaza<sup>1</sup>

E-mail: [luz.huamani@unh.edu.pe](mailto:luz.huamani@unh.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1397-6251>

Elmer René Chávez Araujo<sup>1</sup>

E-mail: [elmer.chavez@unh.edu.pe](mailto:elmer.chavez@unh.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7781-4078>

Víctor Guillermo Sánchez Araujo<sup>1</sup>

E-mail: [victor.sanchez@unh.edu.pe](mailto:victor.sanchez@unh.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

Wilfredo Sáez Huamán<sup>1</sup>

E-mail: [wilfredo.saez@unh.edu.pe](mailto:wilfredo.saez@unh.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1485-8273>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Huamaní Astocazam L. L., Chávez Araujo, E. R., & Sánchez Araujo, V. G., & Sáez Huamán, W. (2022). Evaluación de materia orgánica de la microcuenca del río Ichu, Perú *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 588-596.

#### RESUMEN

La investigación aborda la evaluación de materia orgánica de la microcuenca del río Ichu. El objetivo consistió en determinar el porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable de la microcuenca del río Ichu del sector de la ciudad de Huancavelica. La metodología aplicada fue de nivel explicativo, para el cual, se determinó la demanda bioquímica de oxígeno DBO5 en seis puntos de muestreo durante un periodo de cuatro meses, la temperatura promedio del cuerpo de agua, el potencial de hidrogeno in situ y el porcentaje de remoción de materia orgánica. La población estuvo constituida por el caudal de agua del río, la muestra fue de medio litro por unidad experimental. En los resultados se evidencia variaciones del DBO5 desde 20,8 mg/L hasta 27 mg/L aguas abajo superando a 10 mg/L del Estándar de Calidad Ambiental ECA y 5,93% de remoción de materia orgánica biodegradable. De acuerdo a la norma ambiental peruana en el sector del río correspondiente a la ciudad de Huancavelica el DBO5 no cumple con el ECA para agua, categoría 4 de conservación del ambiente acuático en consecuencia se evidencia bajo porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable del río Ichu.

**Palabras clave:** Agua del río, materia orgánica biodegradable, porcentaje de remoción, demanda bioquímica de oxígeno, sector de la ciudad de Huancavelica.

#### ABSTRACT

The research presents the evaluation of organic matter from the Ichu River micro-basin. The objective was to determine the percentage of biodegradable organic matter removal from the Ichu River micro-basin in the Huancavelica city sector. The applied methodology was of an explanatory level, for which, the biochemical oxygen demand BOD5 was determined in six sampling points during a period of four months, the average temperature of the water body, the potential of hydrogen in situ and the percentage of removal of organic matter. The population consisted of the river water flow; the sample was half a liter per experimental unit. The results show variations in BOD5 from 20.8 mg/L to 27 mg/L in low waters, exceeding 10 mg / L of the ECA Environmental Quality Standard and 5.93% removal of biodegradable organic matter. According to the Peruvian environmental standard in the river sector corresponding to the city of Huancavelica, the BOD5 does not comply with the ECA for water, this is category 4 of conservation of the aquatic environment, consequently, a low percentage of removal of biodegradable organic matter from the Ichu River is evidenced.

**Keywords:** River water, biodegradable organic matter, removal percentage, Biochemical Oxygen Demand, Huancavelica city sector.

## INTRODUCCIÓN

“Durante la última década, debido a la concentración de la población en zonas urbanas ha aumentado la presión de las ciudades sobre los recursos naturales, la dotación de vivienda y la prestación de servicios públicos (agua, saneamientos básicos, energía, etc)” (Velasco, et al., 2019). En efecto al descargar las aguas residuales de origen doméstica e industrial al igual que los residuos sólidos producen cambios en la apariencia del cuerpo de agua del río, olores muy desagradables, así como variaciones en la temperatura; afectando el hábitat de la biodiversidad acuática del río en cuanto a la escasez de oxígeno que es vital para la fauna y flora acuática, además de aumentar el riesgo de causar enfermedades si estas aguas son utilizadas en la agricultura sin ningún tratamiento. Según Humanante, et al. (2021), **“el control de saneamiento del agua significa un factor fundamental para la salud del consumidor de los productos a beneficiarse de las aguas tratadas”**.

La investigación se realizó en la microcuenca del río Ichu sector de la ciudad de Huancavelica, ubicada a 3660 m.s.n.m. al oeste de la región Lima de Perú, durante el periodo agosto a diciembre del 2019, para determinar la carga de materia orgánica del río Ichu por presión antropogénica de la ciudad de Huancavelica en varios puntos de muestreo. Teniendo en cuenta que el agua es vital para la existencia de la humanidad, este recurso hídrico está siendo cada vez limitado y muy vulnerable a ser contaminada, más aún, si las aguas residuales no tienen un eficiente proceso de purificación o tratamiento adecuado mediante la planta de tratamiento de aguas residuales PETAR de las ciudades o simplemente no se realiza ningún tipo de tratamiento antes de ser desechado a los ríos, como en este caso de las poblaciones adyacentes a la micro cuenca del río Ichu. **“La presencia de áreas altamente urbanizadas y contaminadas afecta tanto la cantidad como la composición de la materia orgánica en los ríos a través de las cargas de efluentes y descargas de escorrentías urbanas en las cuencas hidrográficas”**. (Knapik, et al., 2015)

La contaminación debido a la materia orgánica es a menudo el que produce una mayor perturbación en el ecosistema la mortalidad de peces, olores, efectos ornamentales, desagradables, la misma que es producida por la disminución del OD, la materia orgánica en términos de remoción o descomposición biológica puede ser biodegradable y no biodegradable (Carpio, 2014).

En tal sentido, en este caso es necesario realizar un control de la carga de materia orgánica del río Ichu en el sector de la ciudad de Huancavelica. En este contexto se

planteó el siguiente problema de investigación. ¿Cuál es el porcentaje de remoción de la materia orgánica biodegradable de la microcuenca del río Ichu del sector de la ciudad de Huancavelica?

Al desembocar las aguas residuales con cargas orgánicas a la microcuenca del río Ichu produce una serie de reacciones químicas al mezclarse con desechos sólidos generando olores desagradables, agotando el oxígeno al tratar de realizar una autodepuración en consecuencia la biodiversidad acuática del cuerpo receptor es afectada y poniendo en peligro la salud de las personas que tienen sus viviendas en la ribera del río de la ciudad de Huancavelica; es decir no se realiza ningún tipo de monitoreo para garantizar la calidad del agua del río por parte de las autoridades del sector EMAPA Huancavelica, ANA, entre otras.

Las aguas río abajo discurre varios kilómetros hasta mezclarse con las aguas del río Mantaro, en su trayecto existen grandes extensiones de agricultura y campesinos dedicados a la ganadería de varias poblaciones como el de Yuli, Acoria, Moya entre otros centros poblados, al ser utilizadas como regadío de una serie de productos agrícolas y como bebida para los animales e incluso para algunos habitantes en el tramo descrito se convierte en un peligro para la salud, teniendo en cuenta que se consumen los productos de la agricultura y se benefician a los animales para consumo humano. En consecuencia, se justifica el presente estudio ya que tiene un aporte al conocimiento para la prevención de una serie de efectos negativos de las aguas del río Ichu para la biodiversidad y un peligro para la salud humana.

En esta perspectiva en el presente estudio, se realizó la recopilación de información in situ mediante la técnica de la observación de las condiciones del río como receptor de carga orgánica proveniente de la población de la ciudad de Huancavelica, así mismo, se realizó muestreos de agua en diferentes sectores del río para sus respectivos análisis, determinación del porcentaje de carga orgánica contrastando con estándares nacionales entre otras fuentes documentales para cumplir con el objetivo general: Determinar el porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable de la microcuenca del río Ichu del sector de la ciudad de Huancavelica y como objetivos específicos: Determinar los parámetros fisicoquímicos como la temperatura y potencial de hidrógeno del agua de río; y determinar las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno en el agua del río Ichu del sector de la ciudad de Huancavelica. Según Gualdrón (2016),  $DBO_5$  es un indicativo de la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargado en corrientes de agua

en las que existen condiciones aeróbicas. Generalmente, se determina la demanda a los cinco (5) días y mediante ecuaciones de cinética bacteriana se extrapolan los resultados a los 20 días, para obtenerlos más rápidamente.

En tal sentido, se determinó la demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_5$ , la temperatura promedio del cuerpo de agua y otros parámetros in situ en diferentes puntos de muestreo en el sector de estudio del río Ichu realizados mensualmente, para evaluar el porcentaje de remoción de la carga orgánica y análisis respectiva, se aplicó la estadística a los datos recabados en el tramo de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La calidad de las aguas residuales generalmente se evalúa mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas (Carstea, et al., 2016). Entre estas técnicas, a menudo se confía en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y el carbono orgánico total (TOC) (Bourgeois, et al., 2001; Bridgeman, et al., 2013). En tal sentido, se determinó el  $DBO_5$  mediante el sistema de medición DBO BD 600 de Lovibond Water Testing, para el cual se utilizaron botellas de incubación para la DBO, de 56 a 428 mL de capacidad, previamente esterilizadas, tapadas con una copa de papel o plástica o un capuchón metálico sobre la boca de la botella y como reactivos: Solución de tampón -Potassium Hydroxide Solution, 45% y dosificación inhibidora de nitrificación sulfato. Para el muestreo de agua de río se utilizó envases de vidrio de 500 mL, termómetro, pHmetro y GPS para especificar las coordenadas del punto de muestreo.

En la metodología aplicada, no se manipuló deliberadamente las variables midiendo tal como se presentó en el medio acuático, donde se ha utilizado el protocolo del Ministerio del Ambiente en Perú (2017), que establece la distribución de los puntos de monitoreo; un punto debe ubicarse en la naciente del recurso hídrico que debe ser el punto de referencia (blanco) y los puntos de monitoreo ubicarlos aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual al recurso hídrico; en tal sentido se han localizado cuatro descargas de aguas residuales más importantes que recibe el río Ichu en los sectores del camal municipal, hospital ESSALUD, el barrio Ascensión y el puente colgante en el barrio San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica. De acuerdo al protocolo se consideró otro punto de monitoreo a 80 metros aguas abajo antes de la confluencia del río Taxanapampa, en cada punto de monitoreo se estableció mediante coordenadas UTM, nombre y descripción del lugar previo al muestreo de agua. Luego se trasladó las muestras al laboratorio para el análisis de la  $DBO_5$ .

La investigación se realizó en las aguas de la microcuenca río Ichu en el tramo de la ciudad de Huancavelica, ubicado en la región de Huancavelica; de acuerdo al protocolo del Ministerio del Ambiente y ANA (2011) para calidad de recursos hídricos, el punto de muestreo 1, es el punto de monitoreo de referencia en blanco ubicado antes de las descargas de aguas residuales y los puntos de muestreo 2, 3, 4 y 5 son ubicados después de las descargas de las aguas residuales de la ciudad de Huancavelica y el punto 6 es el punto de monitoreo de referencia para la investigación (Figura 1).

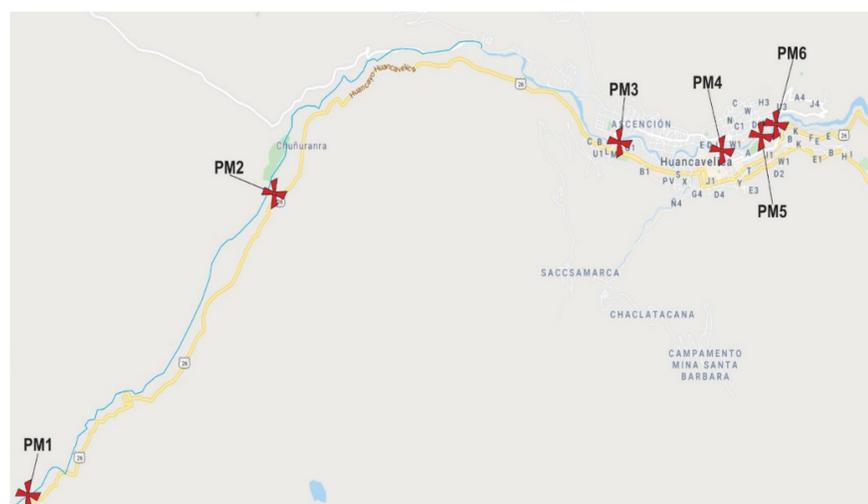


Figura 1. Esquema de ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

En la tabla 1, se presentan los puntos de muestra (PM) con sus respectivas coordenadas ubicados en la micro cuenca del río Ichu correspondiente a la parte urbana de la ciudad de Huancavelica.

Tabla 1. Puntos de muestreo en el río Ichu.

| Puntos de muestra y referencia | PM1<br>Bocatomavertiente     | PM2<br>Altura del canal       | PM3<br>Pasando por ESSALUD    | PM4<br>Ascensión              | PM5<br>Puente colgante  | PM6<br>Puente ejército    |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Coordenadas UTM                | S12°49'30.1"<br>W 75°4'23.5" | S12°47'22.1"<br>W 75°02'15.9" | S12°47'03.0"<br>W 74°59'17.3" | S12°47'06.5"<br>W 74°58'25.3" | S12°47'1"<br>W 74°58'4" | S12°46'53"<br>W 74°57'53" |

Para la recolección de muestras de agua de corrientes del río Ichu se utilizó el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, frascos de vidrio de medio litro de capacidad debidamente esterilizados, ubicado el punto de muestra se sumergió el frasco a unos 20 cm de profundidad con la boca del frasco con ligera inclinación hacia arriba a contra corriente en el cuerpo del agua de río, luego de tapar y ajustar fuertemente se rotuló para su traslado al laboratorio mediante un cooler con hielo.

Las muestras para determinación de la  $DBO_5$  se analizaron con prontitud; cuando no es posible, se recomienda refrigerar a una temperatura cercana al punto de congelación, para evitar la degradación durante el almacenamiento, dando como resultado valores bajos. Sin embargo, es necesario mantenerlas el mínimo tiempo posible en almacenamiento a bajas temperaturas 4°C o menos. Antes del análisis se calentó a 20°C. teniendo en cuenta las indicaciones para muestras simples. En este caso el análisis se emprendió en el intervalo de 2 h después de la recolección no fue necesario refrigerarlas.

Para medir el  $DBO_5$  se utilizó volúmenes de las muestras de acuerdo a la tabla 2, en cual el pH de la muestra tenía que estar entre 6.5 y 7.5 y a los que no estuvieron en este rango se reguló el pH para medir y leer el DBO en el equipo.

Tabla 2. Intervalo de nitrificación de las muestras.

| Intervalo de medida $DBO$ mg/L | Volumen de la muestra en mL | Dosificación inhibitoria de nitrificación ATU |
|--------------------------------|-----------------------------|---|
| 0 – 40                         | 428                         | 10 gotas                                      |
| 0 – 80                         | 360                         | 10 gotas                                      |
| 0 – 200                        | 244                         | 5 gotas                                       |
| 0 – 400                        | 157                         | 5 gotas                                       |
| 0 – 800                        | 94                          | 3 gotas                                       |
| 0 – 2000                       | 56                          | 3 gotas                                       |
| 0 – 4000                       | 21,7                        | 1 gotas                                       |

Las diluciones se efectuaron en probetas y luego transferidas a las botellas de DBO.

Para preparar el agua de dilución, se colocaron la cantidad de agua necesaria en una botella y se agregaron por cada botella la cantidad requerida y saturarla por agitación del equipo del DBO y también se agregó gotas de Inhibición de la nitrificación (tabla 2) a las muestras contenidas en botellas. Luego se manipuló el equipo poniendo en el rango requerido y se esperó 5 días para obtener los datos de dicha muestra.

Los datos de la demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_5$  durante cuatro meses reportados por el laboratorio de análisis de agua de la Universidad Nacional de Huancavelica fueron procesados a fin de determinar el porcentaje de materia orgánica biodegradable de las aguas del río Ichu del sector de la ciudad de Huancavelica, el mismo que se determinó mediante la fórmula (1) planteado por Zabaleta (2016).

$$e = [(DBO_{5(\text{afluente})} - DBO_{5(\text{efluente})}) / DBO_{5(\text{afluente})}] * 100 \quad (1)$$

Donde:

$e$  = % de eficiencia de remoción de materia orgánica biodegradable

$DBO_{5(\text{afluente})}$  = Concentración de materia orgánica en los puntos de muestreo 2,3,4 y 5

$DBO_{5(\text{efluente})}$  = Concentración de materia orgánica en el punto 6 de muestreo antes del encuentro con el río Taxanapampa. Luego con los datos de porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable de cada mes se calculó el promedio con la fórmula 2:

$$= X / n \quad (2)$$

Donde:

= Promedio aritmético

X = Valor individual de cada dato

n = número de datos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de la investigación en base a la información recogida mediante las técnicas e instrumentos de estudio en datos cuantitativos de análisis descriptivo e inferencial, las que se objetivan mediante cuadros estadísticos, gráficos y testimonios de acuerdo a las hipótesis de trabajo y su relación con cada una de las manifestaciones de la variable independiente.

Tabla 3. Promedio de datos medidos in situ.

| Puntos de muestra          | PM1 | PM2  | PM3  | PM4  | PM5  | PM6  |
|----------------------------|-----|------|------|------|------|------|
| Temperatura del agua en °C | 16  | 16,5 | 16,5 | 16,4 | 16,2 | 16,5 |
| Potencial de hidrógeno     | 8,3 | 7,22 | 7,7  | 7,52 | 7,14 | 7,13 |

En la tabla 3, el potencial de hidrógeno del agua desde un valor de 8,3 en el punto de muestra PM1 del río Ichu, tiene una tendencia descendente hasta pH de 7,13 en el punto 6, debido a las descargas recibidas de aguas residuales de la parte urbana de la ciudad de Huancavelica. Las temperaturas del agua de río muestreados de 8,0 a 9,20 horas tienen ligeras variaciones en todos los puntos de muestreo en promedio de 16,35 °C, factor importante para que se realicen diferentes reacciones químicas dentro del cuerpo de agua, Sarochar (2009), sobre las variaciones de temperatura menciona "la cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, estación del año, altitud".

PM = Punto de muestra.

Figura 2. DBO5 en muestras de agua del río Ichu.

En la figura 2, se muestran los resultados de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno del agua del río Ichu en mg/L de los 6 puntos de muestra, teniendo en cuenta que los muestreos fueron realizados durante los meses de setiembre a diciembre del año 2019.

PM = Punto de muestra.

Figura 3. Promedio de DBO5 del agua del río Ichu.

En la figura 3, se observa los promedios de la demanda bioquímica de oxígeno del agua del río Ichu en mg/L por punto de muestra en el sector de la ciudad de Huancavelica, apreciándose una tendencia ascendente. En el primer punto de muestra  $DBO_5$  es de 20,8 mg/L, se evidencia poca descarga de materia orgánica hacia el río; aumenta la concentración en forma ascendente hasta el punto de muestra 4 con  $DBO_5$  30,3 mg/L y luego disminuye ligeramente hasta el punto 6 aguas abajo del río con  $DBO_5$  27 mg/L.

La tendencia ascendente de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno es debido a la creciente descarga sin previo tratamiento de aguas residuales conforme discurre el cuerpo de agua del río; estas aguas residuales cargadas de gran cantidad de materia orgánica provienen de las diferentes instituciones, hospitales, microempresas, hoteles, mercados y de domicilios de la ciudad de Huancavelica.

Tabla 4. Normalidad para demanda bioquímica de oxígeno.

| Pruebas de normalidad |                                 |    |             |              |             |      |
|-----------------------|---------------------------------|----|-------------|--------------|-------------|------|
|                       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |             | Shapiro-Wilk |             |      |
|                       | Estadístico                     | gl | Estadístico | gl           | Estadístico | gl   |
| DBO <sub>5</sub>      | ,319                            | 6  | ,056        | ,803         | 6           | ,062 |

Criterio para determinar Normalidad:

P – Valor  $\geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  (Los datos provienen de una distribución **Normal**)

P – Valor  $< \alpha$  Aceptar  $H_1$  (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

Normalidad: P – Valor = 0,062  $> \alpha = 0,05$

Interpretación:

De la tabla 4, P- valor 0,062 es mayor que 0,05 por tanto, se rechaza  $H_1$  y aceptamos  $H_0$  (Los datos provienen de una distribución Normal).

Tabla 5. Medidas de tendencia central y dispersión para DBO5.

| Parámetro | fi | media | mediana | Desv. Std. | Varianza | Cuantil max. | Cuantil min. | Coef. var. |
|-----------|----|-------|---------|------------|----------|--------------|--------------|------------|
| DBO5      | 6  | 27,1  | 28,05   | 3,28       | 10,766   | 30,3         | 28,8         | 12,05      |

De la tabla 5, los resultados del procesamiento de datos correspondiente a 6 observaciones de concentración de DBO<sub>5</sub>, se encuentran entre 28,8 mg/L a 30,3 mg/L, con una media de concentración de DBO<sub>5</sub> de 27,1 mg/L, una desviación estándar de 3,28 mg/L, varianza de 10.766 mg/L y un coeficiente de variación de 12,05 mg/L, el cual nos indica que nuestros datos presentan una homogeneidad respecto la media (Figura 4).

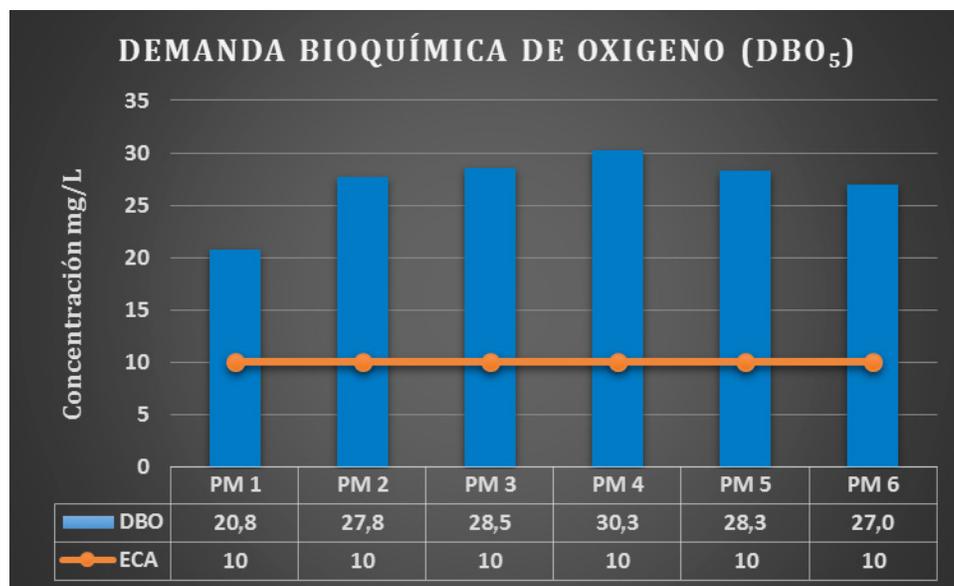


Figura 4. Comparación de concentración de DBO5 con la ECA Agua E-2.

## Prueba de hipótesis

### a) Planteamiento de la hipótesis

Ha: La concentración de  $\text{DBO}_5$  en la micro cuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica si cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2.

Ho: La concentración de  $\text{DBO}_5$  en la micro cuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2.

#### b) Niveles de significación.

Nivel de significación alfa = 0.05 %

Ha:  $u < 10$  La concentración de  $\text{DBO}_5$  en la micro cuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica si cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2.

Ho:  $u \geq 10$  La concentración de  $\text{DBO}_5$  en la micro cuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2.

#### c) Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de student y se obtuvo un p – valor:

T de una muestra

Prueba de  $\mu = 10$  vs.  $< 10$

Tabla 6. Prueba de T de Student.

| N | Media | Desv. Est. | Error estandar de la media | Límite superior de 95% | T     | P     |
|---|-------|------------|----------------------------|------------------------|-------|-------|
| 6 | 27,09 | 3,27       | 1,33                       | 29,78                  | 12,82 | 1,000 |

Utilizando el valor P:

Si,  $P - \text{Valor} > \alpha$  (Nivel de significancia) **Se acepta  $H_0$** .

Si,  $P - \text{Valor} < \alpha$  (Nivel de significancia) **Se rechaza  $H_0$** .

#### d) Regla de decisión

PRUEBA DE T:  $P - \text{Valor} = 1,000 > = 0,05$

Por tanto:

Se rechaza la Ho:  $u \geq 10$

Se acepta la Ha:  $u < 10$

Como el P – Valor es mayor que el nivel de significancia 0,05 ( $1,000 > 0,05$ ), aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de  $\text{DBO}_5$  en la micro cuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2 (Figura 5).

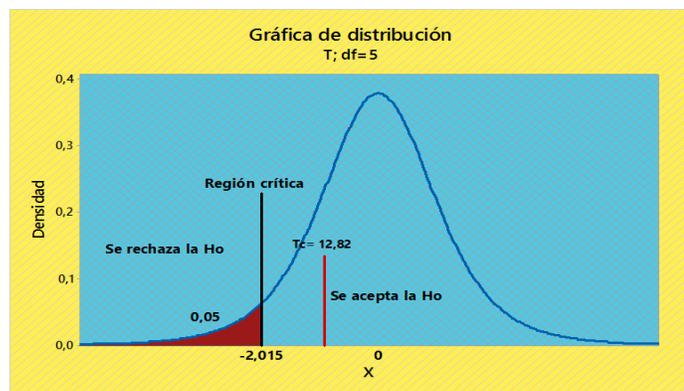


Figura 5. Campana de Gauss para la prueba de hipótesis de DBO<sub>5</sub>.

El valor de  $T_c = 12,82$  cae fuera de la región crítica ( $RC = <-\infty, t_{(0,05, 6-1)}> = <-\infty, -2,015>$ ), por tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y se **acepta la Hipótesis H<sub>0</sub>** la media de concentración de DBO<sub>5</sub>, la concentración de DBO<sub>5</sub> en la micro cuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica **no cumple** con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2, en consecuencia se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0,05.

Tabla 7. Remoción de materia orgánica biodegradable del río Ichu.

|                              | DBO <sub>5</sub> |      |      |      |       |
|------------------------------|------------------|------|------|------|-------|
|                              | Set              | Oct  | Nov  | Dic  | Prom. |
| Promedio de las PM 2,3,4 y 5 | 28,8             | 29   | 29   | 28   | 28,7  |
| Promedio remoción orgánica   | 2,78             | 6,90 | 6,90 | 7,14 | 5,93  |

Según el decreto supremo N° 004-2017 (Perú. Ministerio del Ambiente, 2017) los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 4 subcategoría E2 para ríos menciona "entendiéndose como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección", la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es de 10 mg/L. Sin embargo, esta concentración es menor en todos los sectores del río, ya que se puede apreciar la DBO<sub>5</sub> de 20,8 mg/L hasta 27 mg/L aguas abajo. Es decir, en todos los puntos de muestreo superan los estándares de calidad ambiental para agua de río. Contrastándose la hipótesis estadísticamente donde la concentración de DBO<sub>5</sub> en la microcuenca del río Ichu en la parte urbana de Huancavelica no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2, se valida la

investigación de la variable con un grado de significancia estadística de 0,05. Según Cusiche & Miranda (2019), "las descargas de aguas residuales es factor contaminante con peligro de toxicidad para la vida acuática, afectando especies de flora y fauna endémica y en general todo el ecosistema".

En la tabla 7, se observa que 5,93% de remoción de materia orgánica biodegradable representa baja biodegradabilidad de los carbohidratos lípidos y proteínas componentes de la materia orgánica (MO) en las aguas residuales que es receptor el río Ichu. Según Mejía-Lopez, et al. (2017), en su trabajo de investigación de remoción de contaminantes orgánicos en agua residual doméstica mediante prototipo a escala de laboratorio concluye que al lograr un porcentaje de remoción del 88% de la materia orgánica expresada en DQO, se recomienda a la comunidad considerar la utilización de un sistema de tratamiento de lodos activados para evitar los malos olores y la baja eficiencia del tratamiento actual.

Benítez (2013), menciona que "gran parte de las sustancias que transporta el agua residual, ya sea disuelta, suspendida o coloidal, es materia orgánica como carbohidratos, lípidos y proteínas de los cuales una parte importante es biodegradable". Es importante indicar que las materias orgánicas biodegradables son utilizadas por los microorganismos para su metabolismo y como fuente de energía a fin de cumplir con su ciclo vital. Según Hernández (2019), afirma que "esta propiedad es la que permite que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, que utilizan estas sustancias como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción". Idea que es complementada por Rosenkranz (2013), la materia fácilmente biodegradable estaría formada por las moléculas de pequeño tamaño (ácido acético, glucosa, etanol, entre otros.) que a medida que son degradadas por los microorganismos, da como resultado final el aumento de la población al ser utilizadas como fuente de alimentación.

## CONCLUSIONES

La remoción de la materia orgánica biodegradable de las aguas de la microcuenca del río Ichu del sector de la ciudad de Huancavelica es de 5,93 %. Mientras que el potencial de hidrógeno del agua tiene tendencia descendente aguas abajo de 8,3 a 7,13 en el tramo de estudio del río Ichu, debido a las descargas recibidas de aguas residuales de la parte urbana de la ciudad de Huancavelica. Las temperaturas del agua del río tienen ligeras variaciones siendo la media de 16,35 °C, muestreados de 8,0 a 9,20 horas.

La demanda bioquímica de oxígeno del agua de la microcuenca del río Ichu es de 20,8 mg/L hasta 27 mg/L aguas abajo superando los 10 mg/L de los ECA, en tal sentido en la parte urbana de Huancavelica no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA-Agua), categoría 4 (conservación del ambiente acuático) E2, se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0,05. El DBO5 presenta mayor nivel de contaminación en el sector del barrio de Ascensión en el mes de noviembre, debido a la mayor carga orgánica de las aguas residuales. En consecuencia, se recomienda realizar el tratamiento antes de desecharlo al río Ichu.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benítez, G. (2013). Análisis y modelización de la inactivación de *Escherichia coli* en aguas residuales. (Tesis de Doctorado). Universidad Complutense de Madrid.
- Bourgeois, W., Burgess, J.E., & Stuetz, R.M. (2001). On-line monitoring of wastewater quality: a review. *Chemical Technology Biotechnology*, 76(4), 337-348. \_
- Bridgeman, J., Baker, A., Carliell-Marquet, C., & Carstea, E. (2013). Determination of changes in wastewater quality through a treatment works using fluorescence spectroscopy. *Environmental Technology*, 34(21-24), 3069-3077. \_
- Carpio, P. (2014). Análisis in vitro de la capacidad de remoción de materia orgánica de aguas residuales procedente de matanza y faenamiento de ganado, mediante la utilización de quitosato. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. \_
- Carstea, E.M., Bridgeman, J., Baker, A., & Reynolds, D.M. (2016). Fluorescence spectroscopy for wastewater monitoring: A review. *Water Research*, 95, 205-219. \_
- Cusiche Pérez, L. F., & Miranda Zambrano, G. A. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1433-1447. \_
- Gualdrón, L. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. *Revista Dinámica ambiental*, 1(1), 1-20. \_
- Hernández, A. (2019). *Depuración y Desinfección de Aguas Residuales*. Garceta Grupo Editorial.
- Humanante, J.J., Deza, C.A., Moreno, L.C., & Grijalva, A.M. (2021). Biorrecuperación de aguas residuales con microorganismos. *Manglar*, 18(4), 345-356. \_
- Knapik, H.G., Fernandes, C.V., de Azevedo, J. C., Dos Santos, P.D., & Fontane, D. (2015). Biodegradability of anthropogenic organic matter in polluted rivers using fluorescence, UV, and BDOC measurements. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(104).
- Mejía-Lopez, A., Cabrera, M., & Carrillo, Y. (2017). Remoción de contaminantes orgánicos presentes en agua residual domestica mediante prototipo a escala de laboratorio. *Revista de Ciencias de la Vida*, 26(2), 72-83. \_
- Perú. Ministerio del Ambiente. (2017). Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. D.S. N° 004-2017-MINAN. El peruano.
- Rosenkranz, F. (2013). Estudio del comportamiento de reactores anaerobios de tipo asbr frente a compuestos de difícil degradación y/o efectos negativos. [http://www.usc.es/biogrup/sites/default/files/Tesis\\_doctoral\\_F.Rosenkranz.pdf](http://www.usc.es/biogrup/sites/default/files/Tesis_doctoral_F.Rosenkranz.pdf)
- Sarochar, H. (2009). Introducción a la Meteorología General. Variación de la Temperatura. [http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion\\_a\\_la\\_Meteorologia\\_I.pdf](http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_I.pdf)
- Velasco, F., Molano, A., & Pramparo, L. (2019). Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en la industria de bebidas no alcohólicas. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(26), 17-26.
- Zabaleta, E. (2016). *Evaluación del porcentaje de remoción de materia orgánica en función a las características fisicoquímicas al río grande – distrito Celendín*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca.