


Evaluación de contaminación ambiental del efluente del pozo de oxidación del distrito de Daniel Hernández, Tayacaja-2023


Evaluation of environmental contamination of the effluent from the oxidation well of the district of Daniel Hernández, Tayacaja-2023

Esmila Yeime Chavarría Marquez 


Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
esmilachavarría@unat.edu.pe

Juan Luis Paitan Crispin 


Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71390226@unat.edu.pe

Luis Alberto Sanchez Moratillo 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
74950053@unat.edu.pe

Marco Antonio Ortiz Cuicapuza 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71060212@unat.edu.pe

Nick Maykol Rodas Riveros 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71656877@unat.edu.pe

RESUMEN

Se determinó que el río Upamayo está contaminado a causa del efluente de la poza de oxidación del distrito de Daniel Hernández de la provincia de Tayacaja, pues los estándares de calidad superan en los parámetros de pH, coliformes fecales, Escherichia coli, SST y salinidad para aguas destinadas a bebida de animales. Así mismo, superan los estándares de calidad ambiental (ECA) en pH, Escherichia coli, SST y salinidad para aguas de riego no restringido. En ese sentido, las alternativas de mitigación a esta problemática serían la reducción de la boca de descargue de la poza de oxidación, optimización de la desinfección antes de que el efluente descargue, la aplicación de proyectos a fines de incrementar el caudal del río Upamayo, la inclusión de un sistema de fitorremediación dentro de las pozas de oxidación o la ejecución de un proyecto de inversión pública para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a gran escala.

Palabras clave: ECA, pH, coliformes fecales, Escherichia coli, SST, efluente.

ABSTRACT

It will be prolonged that the Upamayo river is contaminated due to the effluent from the oxidation pond of the Daniel Hernández district of the Tayacaja province, since the quality standards exceed the parameters of pH, fecal coliforms, Escherichia coli, TSS and salinity for water intended for animal drinking. Likewise, they exceed the environmental quality standards (ECA) in pH, Escherichia coli, TSS and salinity for unrestricted irrigation waters. In that, the mitigation alternatives to this problem will be the reduction of the discharge mouth of the oxidation pond, optimization of disinfection before the effluent is discharged, the application of projects to fines to increase the flow of the Upamayo river, the inclusion of a phytoremediation system within the ponds of oxidation or the execution of a public investment project for the construction of a large-scale wastewater treatment plant (PTAR).

Keywords: ECA, pH, fecal coliforms, Escherichia coli, TSS, effluent.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es un problema ambiental que afecta a la salud de la población y al equilibrio ecológico, además del efluente de la poza de oxidación en los últimos años, está causando el deterioro al medio ambiente y la salud de las personas. La evaluación de la contaminación ambiental del efluente de la poza de oxidación en el distrito de Daniel Hernández, es un problema muy importantísimo a tratar, ya que involucra no solo la determinación de los contaminantes presentes en el cuerpo receptor del efluente, sino también el planteamiento de estrategias técnicas para reducir el impacto ambiental que estos generan a las poblaciones adyacentes de este recurso lótico.

La importancia y justificación radican en proteger la salud de las personas y el medio ambiente, así como mejorar la calidad de vida de la población. Además, esta investigación puede ser útil para otras zonas que enfrentan problemas análogos a este.

Por ende, el principal objetivo de este trabajo investigativo es evaluar los estándares de calidad ambiental en el cuerpo receptor del efluente de la poza de oxidación del distrito de Daniel Hernández-Tayacaja, además, se pretende proponer soluciones y medidas preventivas para reducir la contaminación del efluente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó en las lagunas de oxidación junto a la carretera Tucuma, distrito Daniel Hernández, provincia de Tayacaja, región Huancavelica (ver figura 1). El estudio de campo se realizó en el mes de mayo y análisis de las muestras en el laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (UNAT) durante el mes de mayo, junio y julio del 2023.

El pozo de oxidación se ubica a una altitud de 3256 m.s.n.m. con coordenadas geográficas latitud 12°23' 25'' Sur y longitud 74°51'30'' Oeste.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio



Metodología de la investigación

Se llevó un proceso de investigación sistemático para la caracterización hídrica de laguna de oxidación, identificación de puntos de muestreo y análisis de método físico, químico y biológico con ayuda de la guía descrita en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

El análisis de laboratorio incluyó la toma de muestras puntuales para determinar los sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes totales. Mientras que los niveles de pH, salinidad, temperatura y conductividad se determinaron in-situ.

Técnicas e instrumentos de obtención de datos

Materiales y equipos utilizados

Para la determinación del nivel de pH, temperatura, conductividad, SST y salinidad se empleó el equipo multiparamétrico.

Para coliformes fecales y *Escherichia coli* se emplearon caldos de cultivo como el caldo lauril sulfato, caldo verde brillante y caldo EC respectivamente.

Además, se emplearon los EPPs como los guantes quirúrgicos, cofia, botas, guardapolvos y otros para la protección adecuada durante el trabajo de recolección de muestras y laboratorio.

También se utilizó materiales como wincha, libreta de campo, tubos de ensayo y Durham, papel Kraft, asa de inoculación, algodón, gradilla, mechero y entre otros. Así mismo como el autoclave, balanza analítica, equipo multiparamétrico y estufa eléctrica.

Procedimientos de fase de pre campo y campo

Primero se reconoció bien el lugar de muestreo con los respectivos EPPs, para de esa forma extraer alcuotas simples que nos permitieron determinar los niveles de pH, salinidad, temperatura, conductividad, SST y coliformes fecales.

Procedimientos de recolección de muestras

En el pozo de oxidación se ubicó el punto de vertimiento del efluente, de dicho punto se midió 50 metros aguas arriba (A) de donde se recolectó una muestra y 200 metros aguas abajo (B) del río Upamayo de donde se extrajo otra muestra.

Parámetros medidos ex-situ

Sólidos Suspendidos Totales

Para esto se empleó una filtración al vacío. Se midieron 250 ml de muestra de agua y se filtraron lentamente a través del papel filtro. Es importante precisar que el papel filtro se pesó antes y después de ser filtrado, para que de esa manera determinar el peso final de los sólidos suspendidos ($\geq 0,45$ micras).

Coliformes Totales

Esta es una prueba presuntiva que nos permite seleccionar una muestra de referencia.

Para ello, se prepara el medio de cultivo (caldo) en razón a 35,6 g de polvo de caldo lauril sulfato en 1 litro de agua.

Luego, en 9 tubos de ensayo con tubos Durham se llenan 10-1, 10-2 y 10-3 ml de caldo, se esterilizaron, se inocularon con la muestra de agua y ayuda del asa de siembra y se incubaron por 24 horas. Posteriormente, se selecciona la muestra positiva con el cual se determinan los coliformes fecales y *Escherichia coli*.

a) Coliformes fecales

Para la preparación de este caldo se pesó 40 gramos de polvo de caldo verde brillante en 1L de agua destilada. Posterior a ello, en 9 tubos de ensayo con tubos Durham se llenan 10-1, 10-2 y 10-3 ml de caldo, se esterilizan, se inoculan con la muestra positiva de la prueba presuntiva y se incuban durante 24 horas. Luego se determinan la cantidad coliformes fecales en razón al número más probable por cien (NMP/100).

b) *Escherichia coli* (EC)

Para este proceso lo primero que se hizo fue la preparación del caldo EC, para ello se hizo hervir 400 ml de agua más 14 gramos de caldo EC. Se puso en la estufa eléctrica hasta que este entre a su punto de ebullición. Posterior a ello, en 9 tubos de ensayo con tubos Durham se llenan 10-1, 10-2 y 10-3 ml de caldo, se esterilizan, se inoculan con la muestra positiva del caldo verde brillante y se incuban durante 24 horas. Luego se determina la cantidad de EC (NMP/100).

Parámetros medidos in-situ

Los parámetros como Temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad y salinidad fueron medidos in-situ con el equipo multiparamétrico de medición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1

Parámetros de contaminantes a 50 metros aguas arriba del efluente del pozo de oxidación del distrito de Daniel Hernández

Parámetros	Resultado	Unidad
pH	7,19	Unidad pH
Temperatura	17,7	°C
Coliformes fecales	14	NMP/100
<i>Escherichia coli</i>	11	NMP/100
Conductividad	842	μS/cm
Sólidos suspendidos totales (SST)	155	mg/L
Salinidad	0,4	g/L
Milivoltios	281	Mv

Tabla 2

Parámetros de contaminantes a 200 metros aguas abajo del efluente del pozo de oxidación del distrito de Daniel Hernández

Parámetros	Resultado	Unidad
pH	6,46	Unidad pH
Temperatura	19	°C
Coliformes fecales	1100	NMP/100
<i>Escherichia coli</i>	1100	NMP/100
Conductividad	756	μS/cm
Sólidos suspendidos totales (SST)	456	mg/L
Salinidad	1	g/L
Milivoltios	150	Mv

Tabla 3

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales

Parámetros	Estándares de Calidad de Agua para cada parámetro			Unidad
	Agua para riego restringido	Agua para riego no restringido	Bebida de animales	
pH	6,5-8,4	6,5-8,4	6,5-8,4	Unidad pH
Temperatura	Δ3	Δ3	Δ3	°C
Coliformes fecales	1000	2000	1000	NMP/100
<i>Escherichia coli</i>	1000	1000	1000	NMP/100
Conductividad	2500	2500	5000	μS/cm
Sólidos suspendidos totales (SST)	≤100	≤100	≤100	mg/L
Salinidad	< 0,5	< 0,5	< 0,5	g/L

Nota. Δ3=Indica variación de 3 grados celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Tabla 4

Reconteo de datos para la comparación de parámetros medidos en aguas arriba (A), aguas abajo (B) y el ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales

Parámetros	A	B	ECA para bebida de animales	ECA para riego no restringido	Contraste de A con ECA		Contraste de B con ECA		Unidad
					Para bebida de animales	Para riego no restringido	Para bebida de animales	Para riego no restringido	
pH	7,19	6,46	6,5-8,4	6,5-8,4	N	N	D	D	pH
Temperatura	17,7	19	13-119	13-19	N	N	N	N	°C

Coliformes fecales	14	1100	1000	2000	N	N	D	N	NMP/100
<i>Escherichia coli</i>	11	1100	1000	1000	N	N	D	D	NMP/100
Conductividad	842	756	5000	2500	N	N	N	N	μ S/cm
SST	155	456	≤ 100	≤ 100	D	D	D	D	mg/L
Salinidad	0,4	1	$< 0,5$	$< 0,5$	N	N	D	D	g/L
Milivoltios	281	150			Mv

Nota. N=normal, D= deficiente.

La tabla 4 muestra que del estudio in-situ y ex-situ se obtuvieron datos diferentes en las muestras de aguas A y aguas B, habiendo mayor cantidad de deficiencias por parte de la muestra B en relación a los valores máximos permitidos estipulados en los Estándares de Calidad Ambiental que el estado peruano maneja.

Por otro lado, el agua de la muestra A presenta mayor grado de normalidad en los 7 parámetros medidos, esta diferencia entre la muestra A y B podría deberse a que la muestra B forma parte de la zona de mezcla del punto de vertimiento, mientras que la muestra de aguas arriba (A) se encuentran antes.

Es decir, las aguas arriba se encontrarán menos contaminadas que las aguas que se ubican por debajo del punto de vertimiento.

Al respecto, Dourojeanni y Jouravlev (2002), mencionan que a los usuarios que habitan en aguas

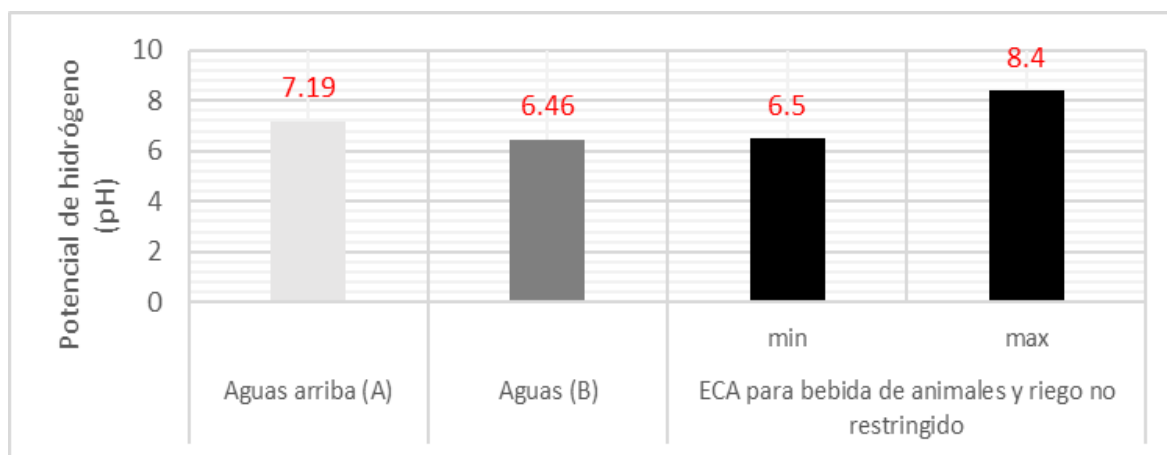
arriba casi no les interesa los efectos de sus actuares y decisiones sobre el uso del recurso acuático, perjudicando a los usuarios ubicados en aguas abajo.

Esta analogía culpabiliza la población del distrito de Daniel Hernández y Pampas que utiliza estas lagunas de oxidación para el tratamiento de sus aguas residuales domésticas y municipales, impidiendo a la población de aguas abajo a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida tal como refiere el artículo I de la Ley general del ambiente (28611).

A partir de los datos de la tabla 1 se graficó las diferencias entre las muestras de agua A y B, para que de esa forma se contraste si los valores obtenidos cumplen con los valores que el ECA estipula para cada parámetro.

Figura 2

Comparación de potencial de hidrógeno (pH) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) en relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales

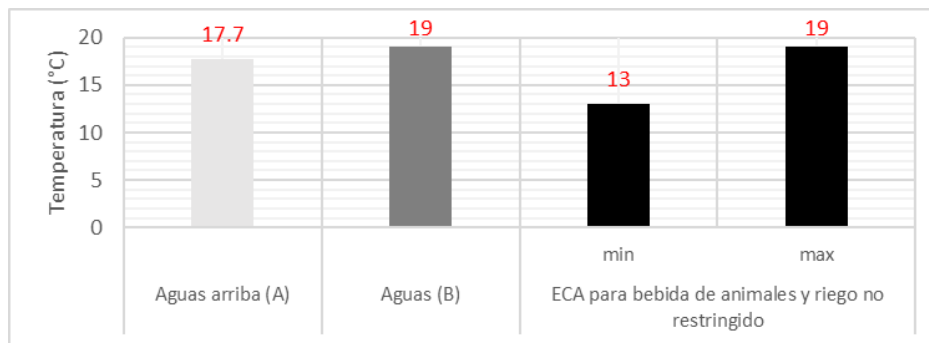


En la figura 2 podemos evidencia que los valore del potencial de hidrógeno de las muestras A y B son de 7,19 y 6,46 respectivamente. Además, nos indica que los valores mínimos y máximos son de entre 6,5 y 8,4 que un agua para bebida de animales y para

actividades de riego no restringido debería de tener. Esto argumentaría que el valor de pH de la muestra A se encuentra dentro de los valores permitidos, mientras que el valor del agua B estaría por debajo de los estándares de calidad.

Figura 3

Comparación de temperatura (°C) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) en relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales

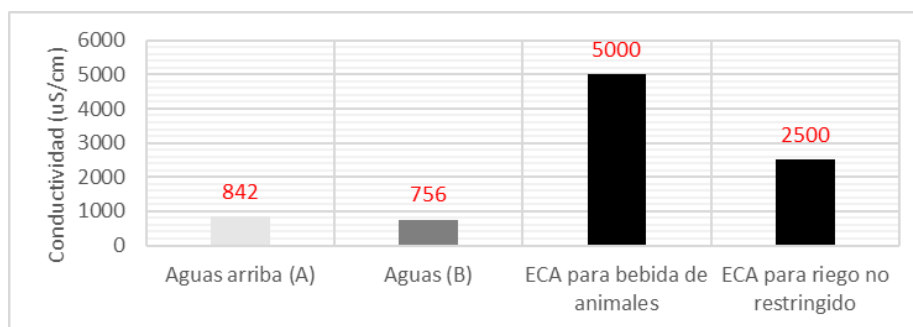


La figura 3 expresa los valores de la muestra de agua A y B y los valores máximos y mínimos de temperatura para este tipo de agua. De acuerdo a ello, se puede afirmar que los valores de temperatura de ambas muestras se encuentran dentro de los valores permitidos. Aunque, la diferencia del valor de la muestra A (17.7°C) respecto a la muestra B (°C)

muestra que en la primera existe mayor concentración de oxígeno disuelto (OD) que, en la segunda, y, de acuerdo a algunas fuentes refieren que el OD del agua varía de forma recíproca a la temperatura (Polo, 2019). En otros términos, a mayor temperatura, menor será la concentración de oxígeno disuelto.

Figura 4

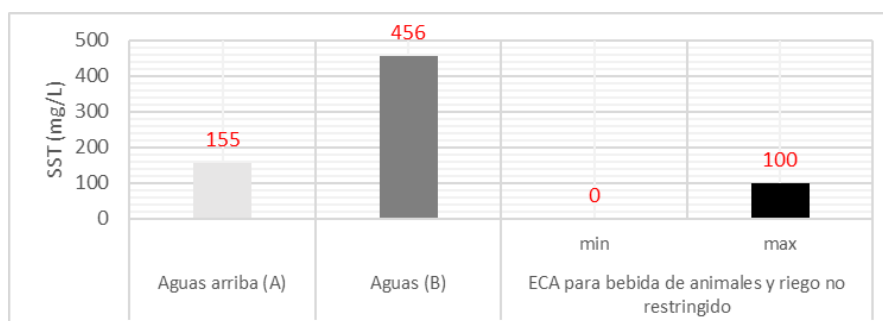
Comparación de conductividad (uS/cm) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) en relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales



La figura 4 nos muestra que los valores de conductividad de las aguas A y B se encuentran dentro de los estándares mínimos.

Figura 5

Comparación de sólidos suspendidos totales (mg/L) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) en relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales



En la figura 5, los sólidos suspendidos totales superan los estándares, ya que la muestra del agua A y B poseen 155 y 456 mg/L respectivamente. En vista de que el agua A supera al valor máximo permitido de 100mg/L por 55 mg/L, mientras que la muestra B supera por una cantidad de 356 mg/L. Esta

discrepancia de la muestra A y la muestra B nos indica que en aguas arriba ya estaban contaminadas con SST por alguna actividad contraproducente, no obstante, las aguas ubicadas a 200 metros del efluente del pozo de oxidación hacen que el agua de este río se contamine aún más.

Figura 6

Comparación de Salinidad (g/L) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) en relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales

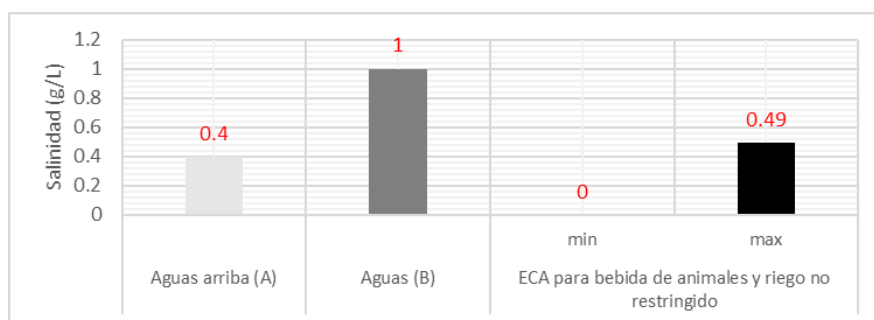
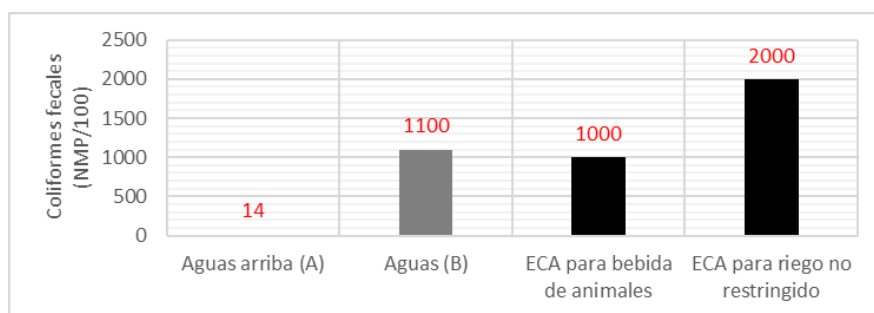


Figura 7

Comparación de Coliformes fecales (NMP/100) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales

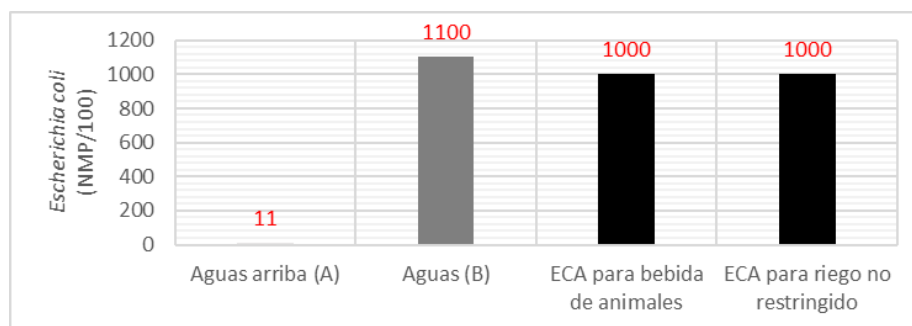


La figura 7 muestra que solo el agua B supera los estándares por 100 NMP/100cm para agua destinadas a bebida de animales, pero no para aguas de riego no restringido. Los coliformes fecales son indicadores de

contaminación ambiental ya que se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos (Cortés, 2003).

Figura 8

Comparación de Escherichia coli (NMP/100) en aguas arriba (A) y aguas abajo (B) en relación a los ECA para aguas superficiales destinadas a riego no restringido y bebida de animales



Una principal bacteria que es indicador por contaminación fecal en agua es la presencia de *Escherichia coli*, este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de personas y de animales de sangre caliente (Gutiérrez, 2020).

En ese sentido, en la figura 8, las concentraciones de la bacteria fecal *Escherichia coli* sobrepasan los estándares de calidad ambiental por 100 NMP/100ml, por lo que aguas abajo del río Upamayo se encuentra contaminado.

CONCLUSIONES

Mediante el estudio de campo, se determina que el cuerpo receptor del efluente de la poza de oxidación del distrito de Daniel Hernández de la provincia de Tayacaja se encuentra contaminado, pues los estándares de calidad superan en los parámetros de pH, coliformes fecales, *Escherichia coli*, SST y salinidad para aguas destinadas a bebida de animales.

Así mismo, superan los ECA en pH, *Escherichia coli*, SST y salinidad para aguas de riego no restringido.

En ese sentido, las alternativas de solución para la reducción del impacto de contaminación del efluente podrían ser:

- ✓ Reducción de la boca de descargue de la poza de oxidación.
- ✓ Optimizar la desinfección del efluente antes de que llegue al cuerpo lótico.
- ✓ Ejecutar proyectos a fines de incrementar el caudal del río Upamayo para que el efluente se disipe en un tramo menor a la zona de mezcla.
- ✓ Incluir un sistema de fitorremediación dentro de las pozas de oxidación con especies como la *Schoenoplectus californicus* (totora).
- ✓ Ejecutar un proyecto de inversión pública para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a gran escala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Allen, L. H., De Benoist, B., Dary, O., & Hurrell, R. (2017). Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, OMS. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf>
- [2] Cornejo Gutiérrez, J. A. (2020). Calidad Microbiológica del Agua del Río Socabaya Mediante el Recuento de *Escherichia Coli*, Coliformes Totales y Mesófilos Aerobios Totales, en los Distritos de Socabaya y Jacobo Hunter, Arequipa.
- [3] Cortés-Lara, M. (2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Biomédica*, 14(2), 121-123.
- [4] Dourojeanni A y A Jouravlev (2002). Borrador del documento sobre el Manejo Integral del Agua, Unidad de Recursos Naturales e Infraestructura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, Santiago Chile.
- [5] Polo Cobo, H. E. (2019). Análisis espacio temporal de las variaciones de temperatura y oxígeno disuelto del acuífero de la ciudad de Santa Marta en los años 2017 Y 2018. <https://repository.ucc.edu.co/items/5efdff93-5ecf-4a81-901f-e69c07d8038f>.