

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN”

ESCUELA DE POST GRADO



**COEFICIENTES CINÉTICOS DE AUTO DEPURACIÓN DEL
AGUA EN EL RIO HUALLAGA**

**Para optar el grado académico de Magíster en
Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Mención: Gestión Ambiental

JOSE MANUEL SANCHEZ GERONIMO

HUANUCO –PERU

2016

DEDICATORIA

A mis padres Víctor y Crisanta Lucas Guerra
por apoyarme toda la vida y creer siempre en mí.

EL AUTOR



AGRADECIMIENTO

A mi señor padre: Víctor Sánchez Villarreal. Por contribuir enormemente en mi formación humana y académica.

A mis queridas hermanas: Vanesa Raquel, Maritza por inspirarme y darme fuerzas para seguir adelante.

A mi compañera Ana Flor Goñi Tineo por su enorme apoyo en todos los retos de la vida.

Al Mg. Gerardo Garay Robles, Mg. Jorge Hilario Cárdenas por su extraordinaria cátedra y sus valores humanos.

EL AUTOR

RESUMEN

La calidad del agua está influenciado por el uso al que se le someta, de tal modo que este uso irá degradándola. Los parámetros de calidad exigibles a cada tipo de cuerpo de agua (subterránea, continental, marítima, etc.) son variables, siendo distinto el comportamiento de cada cuerpo frente a la contaminación. Sin embargo, en todos los casos la naturaleza de los cauces tiende a eliminar las sustancias contaminantes por sí mismas.

Particularmente, los ríos poseen índices de calidad que disminuyen con la proximidad a las densidades poblacionales, donde disminuye su caudal y aumentarán los vertidos (urbanas e industriales).

Generalmente, el agua de los tramos altos de los ríos es de buena calidad ya que no existen vertidos y su capacidad de autodepuración es alta debido a sus aguas rápidas y oxigenadas. Por el contrario, en los tramos bajos su calidad es mucho menor debido a la presencia de vertidos. Además, la capacidad de autodepuración es menor debido a la lentitud del río, la poca oxigenación de las aguas y el exceso de contaminantes.

De allí la importancia de este estudio, la que nos llevó a conocer los coeficientes cinéticos de auto depuración del agua en el río Huallaga, las que nos permitió determinar que, luego del recorrido de las aguas del río dentro del casco urbano (Pillco Marca, Amarilis y Huánuco) estas están depuradas para su utilización.

Para el desarrollo del estudio se tomó en cuenta la toma de muestras en cuatro lugares, el primer lugar fue cerca al puente de Huancachupa; se tomó este lugar como punto de referencia ya que luego de ella empieza la densidad más alta de población; la segunda, tercera y cuarta muestra se tomó luego de

pasar toda la densidad poblacional alta que corresponde a Pillco Marca, amarilis y Huánuco.

Luego de la toma de estos datos, estas fueron analizadas en el laboratorio. Los resultados de estas muestras tanto en DBO_5 , DQO, Oxígeno disuelto, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, pH y conductividad eléctrica, fueron analizados mediante comparaciones con los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua dadas en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM-Perú.

Este análisis demostró que respecto al DQO, pH y conductividad eléctrica existe auto depuración del agua en el río Huallaga pero, respecto al DBO_5 , oxígeno disuelto, coliformes totales y coliformes termotolerantes no existe auto depuración del agua en el río Huallaga.

Palabras Claves: coeficientes cinéticos auto depuración, contaminación por vertientes líquidos.

ABSTRACT

The quality of the water is influenced by its usage; therefore these procedures cause its degrading. The measure quality parameters required in different type of water body (groundwater, continental, marine, etc.) present different variable quality, being affected by distinct behaviors of pollution. However, in all cases the continuous natural flowing tends to remove some contaminating substances.

Therefore the rivers present lower rates of quality when they are found nearby dense population areas, where its flow decreases and the contaminated drain discharges increase (urban and industrial).

Usually, the downstream headwaters found in high locations presents good quality due to the lack drain and their efficient self-purification capacity by its fast flowing and its oxygenated water. But, in the lower areas the water stream quality is much lower due to the presence of drain discharges besides its self-purification capacity is lower due to the slow motion, poor oxygenation water and excess of pollutants.

Hence this study is important, because analysis the Huallaga river kinetic coefficients of self-purification, which can be used to determine the stream path of refined water within the city.

The recollected data were scientific tested in the laboratory. The results of these samples: DBO_5 , DQO, dissolved oxygen, total coliforms, fecal coliforms, pH and electrical conductivity were analyzed in comparisons with the National Environmental Quality Standards of Supreme Decree No. 002-2008 - MINAM -Peru.

This investigation demonstrated that DQO, pH and electrical conductivity is self-purified by the river in contrast with the DBO; dissolved oxygen, total

coliforms and thermo-tolerant coliforms which cannot be purified by the river itself.

Keywords: kinetic coefficients, auto purification, fluid contamination aspects.



INTRODUCCIÓN

La presente tesis, titulada coeficientes cinéticos de auto depuración de las aguas en el río Huallaga, es producto de conocer el comportamiento de las aguas dentro de su cauce normal por su paso por la ciudad de Huánuco, tramo que corresponde las localidades de Pillco Marca, Amarilis y Huánuco.

Teóricamente sabemos que los ríos poseen índices de calidad que disminuyen con la proximidad a las densidades poblacionales, donde disminuye su caudal y aumentan los vertidos tanto urbanas como industriales.

Esta, fue la motivación que nos llevó a desarrollar el presente estudio, el conocer el comportamiento de estos índices de calidad del agua del río Huallaga, ya que es el único lugar donde la población vierte sus desechos líquidos con el solo único propósito de eliminarlos es el río en mención.

Esta tarea nos llevó a buscar investigaciones más reciente sobre el tema y, como estudio más actualizado sobre el río Huallaga, encontramos que Gilda Edith Hidalgo Hidalgo presento en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco, la tesis titulada “Nivel de contaminación del río Huallaga entre los distritos de Amarilis y Huánuco debido a las descargas de aguas residuales (Mayo – Junio 2011)”, la investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de contaminación del río Huallaga dentro de jurisdicción poblacional de la ciudad de Huánuco. La autora concluyo que el río Huallaga se encuentra bajo la influencia de la contaminación por las aguas residuales provenientes de los distritos de Huánuco y Amarilis. Este trabajo se corrobora con el nuestro, ya

que los resultados presentados, demuestran que por los coeficientes cinéticos en los puntos de muestreo, no existe autodepuración total del río Huallaga.

El informe está estructurado de la siguiente forma:

El Capítulo I: **Planteamiento del problema**, donde identificamos el problema que se convierte en un objeto de reflexión sobre el cual se percibe la necesidad de investigar y planteamos los objetivos respectivos, la variable y los indicadores, el cuadro de operacionalización de variables, la justificación e importancia de la investigación y las limitaciones.

El Capítulo II: **Marco teórico y la metodología de la investigación**, donde embarcamos la investigación a conocimientos existentes, presentamos antecedentes de la investigación a nivel internacional, nacional y local; también definimos el nivel, tipo y diseño de la investigación, la población y muestra y las técnicas e instrumentos de recogida de información y datos.

El Capítulo III: **Resultados de la investigación**, donde se presenta los lugares donde se llevó el muestreo de los parámetros de calidad del agua, el análisis respectivo de cada uno de ellos y el análisis general.

El Capítulo IV: **Discusión de Resultados**, se muestra los resultados, y se da a conocer los detalles de cada análisis desarrollados, y por ultimo

Las Conclusiones y recomendaciones, desarrolladas en función de las interrogantes y objetivos de la investigación.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRAC	VI
INTRODUCCCIÓN	VIII

CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema.	1
1.2. Formulación del Problema.	3
1.2.1. Problema general.	3
1.2.2. Problemas específicos.	3
1.3. Objetivos de la investigación.	4
1.3.1. Objetivo general.	4
1.3.2. Objetivos específicos.	4
1.4. Hipótesis	4
1.5. Variables e indicadores.	5
1.5.1. Cuadro de operacionalización de variables	5
1.6. Justificación e importancia.	5
1.7. Limitaciones.	6

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.	7
2.1.1 A nivel Internacional.	7
2.1.2 A nivel Nacional.	8
2.1.3 A nivel local.	9
2.1.4 Antecedentes normativos	10
2.2 Bases teóricas.	10
2.2.1. El agua	10
2.2.2. Autodepuración del agua	17
2.2.3. Medición del caudal del agua	34
2.2.4. El Rio Huallaga	35
2.3. Tipo de investigación	37
2.4. Diseño y esquema de la investigación	37
2.5 Métodos de investigación	38
2.6 Población y muestra	38
2.7 Muestra y muestreo	38
2.8 Instrumentos para la recolección de información	38
2.9 Instrumentos para la recolección de datos	39
2.10 Análisis e interpretación de los datos	39

**CAPÍTULO III
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Puntos de muestreo	40
3.2. Análisis de cada punto de muestreo.	43
3.3. Análisis general	75

**CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1 Discusión de resultados	76
4.2. Aporte científico de la investigación	78

CONCLUSIONES.	80
SUGERENCIAS.	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.	82





CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema.

Huánuco ha venido creciendo poblacionalmente; según el Instituto Nacional de Estadística e informática (2015), Huánuco tiene 860,537 habitantes¹, Dentro del ámbito de los distritos de Huánuco (76,065), Amarilis (70,286) y Pillco Marca (51,515) existen un total de 197,866 habitantes².

La parte donde se inicia la densidad poblacional es en el puente de Huancachupa, luego viene la zona de Pillco Marca, Amarilis y Huánuco. La parte donde finaliza en la actualidad la densidad poblacional corresponde a la altura del puente de Huayopampa.

¹ Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo según el INEI.

² Población total al 30 de junio, por grupos quinquenales de edad, según departamento, provincia y distrito, 2015, según el INEI.

Todas estas personas influyen sobre el medio ambiente huanuqueño, particularmente sobre el río Huallaga, alterándolo, con el fin de obtener beneficios inmediatos directos e indirectos. Ya que todos los desechos líquidos domésticos, industriales y las aguas fluviales llegan a desembocar en las corrientes de este río. Huánuco carece de una planta de tratamiento de aguas.

Por otro lado, las aguas del río son reutilizadas directamente por comunidades que se ubican después del puente Huayopampa o río abajo. Estas aguas son para uso doméstico, riego de cultivos de hortalizas, agricultura, crianza de animales, pequeñas industrias y recreos campestres donde existe el expendio de comidas.

El consumo de estas aguas reutilizadas o agua no potable y la falta de acceso a sistemas sanitarios son una causa fundamental de enfermedades como la diarrea y otras.

La “presencia de enfermedades de origen hídrico, en conjunto con deficiencias alimentarias y de acceso a sistemas de salud, implican que las personas vean limitadas sus posibilidades de llevar a cabo actividades generadoras de ingresos que les permita sustentar sus precarios niveles de vida. El no poder asistir a un trabajo, o desarrollar alguna actividad económica por causa de enfermedades, o la menor productividad que implica el trabajar en condiciones de salud precaria, conforma el llamado círculo vicioso entre agua y pobreza.” (Instituto Peruano de Economía, 2015)

Consideramos que las causas principales de la contaminación del río Huallaga corresponde al progreso carente de una regulación efectiva de los residuos tanto sólidos como líquidos, a la falta de conocimiento real del ambiente donde vivimos respecto a la contaminación, a la falta de

conciencia sobre temas de contaminación por parte de la población y por último, a la falta de estudios sobre indicadores de contaminación actualizados que sirvan para que nuestras autoridades, ediles, regionales y nacionales tengan en cuenta dentro de sus planes de mejoramiento ambiental.

Por eso es perentorio y necesario determinar datos e información actualizados de los coeficientes cinéticos de autodepuración³ del río Huallaga.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles serán los coeficientes cinéticos de auto depuración del río Huallaga comprendidos dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las características hidrológicas y los parámetros físicos, químicos y biológicos del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis?
- ¿Cuáles serán los índices de calidad del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis?
- ¿Cuáles serán los parámetros de calidad del agua para encontrar los coeficientes cinéticos de descomposición bioquímica de materia orgánica y de reaireación, que nos permitan conocer el comportamiento del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis?

³ El termino autodepuración de las aguas comprende un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos que ocurren en los ríos. Este fenómeno ocurre de modo natural provocando la destrucción de los contaminantes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar los coeficientes cinéticos de auto depuración del río Huallaga comprendidos dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis

1.3.2 Objetivo específico

- Determinar las características hidrológicas y los parámetros físicos, químicos y biológicos del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis.
- Determinar los índices de calidad del río Huallaga en las estaciones dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis
- Relacionar los parámetros de calidad del agua para encontrar los coeficientes cinéticos de descomposición bioquímica de materia orgánica y de reaireación, que permitan conocer el comportamiento del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis.

1.4 Hipótesis y/o sistema de hipótesis

Dado que el alcance del trabajo es descriptivo y no pronostica un hecho o dato, el presente trabajo no plantea hipótesis⁴.

⁴ El texto en referencia lo presenta Cesar Augusto Bernal en su libro Metodología de la Investigación (2006). También al respecto Hernández Sampieri en su libro Metodología de la Investigación (2014: 104), escribe que "El hecho de que formulemos o no hipótesis depende de un factor esencial: el alcance inicial del estudio, Las investigaciones cuantitativas que formulan hipótesis son aquellas cuyo planteamiento definen que su alcance será correlacional o explicativo, o las que tienen un alcance descriptivo, pero que intentan pronosticar una cifra o un hecho." Por otra parte, Cristina Alayza et al, en su obra Iniciar en Investigación académica (2010), manifiesta que "Si embargo no todo trabajo académico requiere de una hipótesis.

1.5 Variable

Variable: COEFICIENTES CINÉTICOS DE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA

Cuadro de operacionalización de la variable

Variable	Dimensiones	Indicadores
COEFICIENTES CINÉTICOS DE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA	Parámetros físico químicos del agua	DBO ₅ .
		DQO.
		Oxígeno disuelto.
		Coliformes totales.
		Coliformes termotolerantes.
		pH.
		Conductividad eléctrica.

1.6 Justificación e importancia

Los considerandos de la descripción del problema justifican y hacen importante la presente investigación, delimitándose en una justificación práctica, "... porque genera información que podría utilizarse para tomar medidas tendientes a mejorar ese sector" (Bernal 2006: 104) donde se involucra la contaminación de Rio Huallaga; permitiría a los entes de la gestión ambiental de nuestra localidad conocer -aportar a la sociedad- los coeficientes cinéticos de auto depuración del rio Huallaga comprendidos dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis y, de esta manera tomar medidas correctivas (Vara 2010: 218).

Aunque parezca una afirmación sospechosa, la necesidad de contar con una hipótesis dependerá del alcance que tenga nuestra investigación. Si el trabajo académico que deseamos llevar a cabo tiene como propósito hacer una primera exploración del tema, describir un fenómeno o simplemente recopilar información, no es necesario formular hipótesis, pues lo que se busca, simplemente, recabar información, no se intenta demostrar nada. Pero, si de lo que se trata es de llevar a cabo un estudio de tipo descriptivo que pronostique un fenómeno, un hecho o dato, la formulación de la hipótesis sí será necesaria."

1.7 Limitaciones

La limitación primordial de la investigación es el nivel de generalización de los resultados. Como la muestra es intencional, ésta se restringió a puntos de toma de datos a criterio nuestro, por lo que sólo es generalizable a los puntos tomados; quedando abierta la posibilidad de hacer futuras investigaciones en puntos diferentes para aumentar el nivel de generalización.





CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 A nivel Internacional

Jorge Leonel Rivera Méndez, presento en el año 2008, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, la tesis titulada **Determinación de los índices de calidad y coeficientes cinéticos de auto depuración del agua, en la parte alta de la cuenca del río Naranjo, ubicada en los departamentos de San marcos y Quetzaltenango**. La investigación tuvo como objetivo determinar los índices de calidad del agua del río Naranjo de las subcuencas que abarca el área tributaria de la estación hidrométrica de Corral Grande. Formada por los municipios de San Pedro, San Marcos, Esquipulas Palogordo, San Antonio y Palestina de los Altos, durante los meses de marzo y abril de

2008. Así como determinar los coeficientes cinéticos de auto depuración.

El estudio llegó a la conclusión que los Índices de Calidad del Agua WQI y Simplificado de Calidad ISQA, muestran la auto recuperación del agua del río Naranjo de la estación 001 a la estación 003. Donde intervienen dos factores importantes, la degradación de la materia orgánica por vía biológica, y la dilución del agua debido al ingreso de otras corrientes por el aumento de caudal. Pero el agua en la estación hidrométrica Corral Grande, presenta malos índices de calidad y no se recomienda reutilizarla con fines de consumo humano.

2.1.2 A Nivel Nacional

Andrés Dulanto Tello, presentó en el año 2013, en la Universidad Católica del Perú la tesis titulada **Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente**, la investigación tuvo como objetivo desde una perspectiva metodológica de análisis dogmático, legal y jurisprudencial, combinado con el trabajo de campo en algunos distritos de la capital y el interior del país, analizar la problemática de los residuos sólidos de carácter municipal, así como el desempeño de los gobiernos locales y demás sectores relacionados a esta labor. El estudio concluye que en la actualidad no contamos con un panorama promisorio en materia de residuos sólidos en el Perú tomando en cuenta los pocos avances que se han realizado en esta materia. En ese sentido, una agenda de temas pendientes en materia de residuos sólidos debe tomar en cuenta la adecuada

definición de las competencias de los niveles de gobierno subnacionales, el fomento de los mecanismos de coordinación entre los distintos niveles de gobierno y la inclusión de la población en los mismos. Asimismo, el Perú se debe de enrumbar en la corriente internacional que fomenta el reciclaje y la reutilización de residuos como respuesta a la problemática de la gestión de residuos sólidos.

2.1.3 A Nivel Local

Gilda Edith Hidalgo Hidalgo presento en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco, la tesis titulada **“Nivel de contaminación del río Huallaga entre los distritos de Amarilis y Huánuco debido a las descargas de aguas residuales (Mayo – Junio 2011)”**, la investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de contaminación del río Huallaga dentro de jurisdicción poblacional de la ciudad de Huánuco. Con los resultados de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Los niveles de contaminación del río Huallaga generado por las descargas de aguas residuales en el tramo Huánuco - Amarilis indican: no existe autodepuración en el río Huallaga dentro del tramo en estudio, la carga orgánica y materia orgánica al inicio y término del tramo del río Huallaga evaluado es alto, el recuento de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes, demuestra que no hay variación significativa, demostrando que el río Huallaga se encuentra bajo la influencia de la contaminación por las aguas residuales provenientes de los distritos de Huánuco y Amarilis. También concluye que al tener un valor de 53,00 ICA (Índice de calidad del agua) tanto al inicio como al final, indica que el río

Huallaga presenta las siguientes características: agua poco contaminada, no recomendable para uso recreacional, recomendable para uso agrícola y poco recomendable para la crianza de peces

2.1.4 Antecedentes normativos

Reglamento de la Ley de recursos Hídricos, Ley N° 29338-(2009), Ministerio de Agricultura y autoridad Nacional del agua, Lima, Perú; Título II; art. 58: Uso Primario del Agua; hacen referencia que el uso del agua en condiciones primarias es libre y gratuita, que es la utilización manual de la aguas superficiales, mientras se encuentren en sus fuentes naturales o artificiales, para satisfacer las necesidades humanas primarias como la preparación de alimentos, consumo directo, aseo personal, así como usos en ceremonias culturales, religiosas y rituales. Título V; art. 103: Protección del agua; que la protección del agua tiene por finalidad, proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos, hacer medidas para reducir los factores que generan su contaminación y degradación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El agua

“Líquido incoloro, inodoro e insípido en condiciones normales, de fórmula H_2O . Se puede formar por reacción de hidrógeno con el oxígeno y por electrólisis se descompone dando dos volúmenes de hidrógeno por uno de oxígeno” (Costa 2005: 18).

El agua es uno de los compuestos químicos más importantes para los seres humanos y la vida en general, tal como se desarrolla en nuestro planeta.

Fijándonos en el aspecto puramente cuantitativo, debemos indicar que el agua cubre aproximadamente el 72 % de la superficie terrestre, y que la materia viva incluye en su composición altísimos porcentajes de esta sustancia" (Orozco y otros 2008: 31)

El agua, además, actúa como fuente de oxígeno tanto en la foto descomposición atmosférica como en la fotosíntesis de las plantas verdes. En este último proceso el hidrógeno pasa a formar parte de la materia de la planta, con excepciones poco importantes. La función fotosintética es la base de toda la vida en la Tierra y el agua interviene en ella de dos formas:

- Transitoria: ya que como parte de la corriente de transpiración se devuelve en cierta medida.
- Permanente: aporta el hidrógeno que está combinado en la planta.

Las aguas naturales no son completamente puras; durante su precipitación y su paso sobre o a través del suelo adquieren muchas clases de impurezas tanto disueltas como en suspensión. Las concentraciones de estas sustancias raras veces son altas en términos químicos, mayormente su magnitud llegan a ser de algunas milésimas o menores a ella.

Las sustancias químicas que presentan interés desde el punto de vista de la ingeniería van desde los gases disueltos, sales y otros

compuestos inorgánicos hasta materiales orgánicos complejos, tanto naturales como sintéticos, deslavados de los campos y bosques o contenidos en las aguas residuales municipales e industriales (Fair M. Gordon: 1997).⁴

2.2.1.1 Conceptos asociados a la condición del agua

A continuación definimos conceptos correspondientes a las condiciones en las cuales se encuentra el agua:

- a) **Agua Cruda.** Es aquella que no ha recibido tratamiento alguno, como el agua de los ríos, quebradas, manantiales o de acueductos donde no se ha realizado ningún procedimiento de potabilización.
- b) **Agua Tratada.** Es el agua sometida a un tratamiento después de ser captada. Este procedimiento realizado en la planta, altera el estado fisicoquímico y bacteriológico mediante la adición de coagulantes y/o desinfectantes para eliminar las impurezas y bacterias que contiene.
- c) **Agua Potable.** Es aquella que no implica ningún riesgo para la salud del consumidor y no produce daño en los bienes naturales.

2.2.1.2 Parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua

En las siguientes líneas se definen los parámetros utilizados para la evaluación de aguas:

- a. **pH.** La medida del pH es muy importante en la química del agua, siendo uno de los ensayos utilizados con

mayor frecuencia. A una temperatura determinada la intensidad del carácter ácido o básico de una solución está indicada por el pH o por la actividad del ión hidrógeno o hidrónio (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association)⁵.

- b. **Temperatura.** El cambio de temperatura de un cuerpo de agua afecta directamente la solubilidad de los gases, como el oxígeno y el CO₂; la solubilidad de las sales y la conductividad eléctrica, el pH, entre otros parámetros.
- c. **Oxígeno Disuelto (OD).** El nivel de oxígeno disuelto en aguas naturales y residuales depende de las actividades físicas, químicas y biológicas en el cuerpo de agua. El análisis de (OD) es clave tanto para determinar el nivel de contaminación de aguas (OD < 5 mg O₂/L) como para controlar procesos de tratamiento en aguas residuales.⁶
- d. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).** La demanda bioquímica de oxígeno molecular mide la cantidad de este gas consumido durante un periodo de incubación específico, para la degradación bioquímica de la materia orgánica y la oxidación del material inorgánico, compuesto por sulfuros y/o hierro ferroso. También permite determinar el oxígeno necesario para oxidar la forma reducida del nitrógeno (demanda

⁵ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 20 ed. 1988. Washington.

⁶ Idem 3

nitrogenada), al menos que esta reacción se prevenga con un inhibidor.⁷

e. **Demanda Química de Oxígeno (DQO).** La demanda química de oxígeno (DQO) se usa como una medida de este gas equivalente al contenido de materia orgánica de una muestra, que es susceptible a la oxidación por un oxidante químico fuerte. Para muestras tras de una fuente específica, el DQO puede relacionarse empíricamente con el DBO, el carbono orgánico o la materia orgánica. La prueba es útil para monitoreo y control, luego que se ha establecido la correlación.⁸

f. **Sólidos Disueltos (SD).** Los sólidos disueltos son aquellos que pasan a través de un filtro de tamaño de poro de 2.0 μm (micrómetros) bajo condiciones específicas de muestreo como: fraccionamiento de la muestra, temperatura de almacenamiento, temperatura de secado y homogenización, las cuales pueden producir variación en los resultados del análisis.⁹

g. **Sólidos Suspendidos (SS).** Los sólidos suspendidos son aquellos que se retienen en un filtro de tamaño de poro específico y, medidos después de que han sido secados a una temperatura específica. El filtro más usado es el filtro Whatman, de fibra de vidrio que tiene un

⁷ Idem 3

⁸ Idem 3

⁹ Idem 3

tamaño nominal de poro de aproximadamente de 1.58 μm (micrómetros).¹⁰

Tanto los sólidos suspendidos como los disueltos, constituyen los sólidos totales, definidos como los residuos sólidos obtenidos por evaporación directa de la muestra de agua y su posterior secado a una determinada temperatura.¹¹

- h. **Conductividad.** Es una expresión numérica de la habilidad del agua para transportar una corriente eléctrica. El grado de la misma depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad en los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. El valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido de contenido de sólidos disueltos¹².
- i. **Salinidad.** Se define como los sólidos totales en el agua cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos, todos los bromuros y yoduros han sido remplazados por una cantidad equivalente de cloruros y toda la materia orgánica ha sido oxidada. Numéricamente es menor que los sólidos disueltos y es

¹⁰ Idem 3

¹¹ Idem 3

¹² WWW .sagan -gea.org/hojared_AGUA/paginas/15agua.html

un valor importante en agua de mar y ciertos residuos industriales¹³.

- j. **Turbidez.** Es una expresión de la propiedad o efecto óptico, causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. En otras palabras, la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.¹⁴

2.2.1.3 Parámetros y normatividad

Normas técnicas peruanas de calidad de agua¹⁵.

Las normas Técnicas establecen los niveles de calidad y seguridad, son el medio el que brinda transparencia en el mercado. Estas normas fueron aprobadas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la propiedad Intelectual (Indecopi) a través de la comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

¹³ Idem 10

¹⁴ Idem 10

¹⁵http://www.indecopi.gob.pe/repositorioaps/0/14/jer/normas_tecnicas_peruanas_pymes/13_06_0ene_13.pdf [visitado el 02/10/2013]

Entre las normatividad tenemos las siguientes:

- a) ICS 13.060.01 Calidad del agua en general.
- b) ICS 13.060.20 Agua potable.
- c) ICS 13.060.45 Análisis de agua en general.
- d) ICS 13.060.50 Determinación de sustancias químicas en el agua.
- e) ICS 13.060.60 Determinación de las propiedades físicas del agua.
- f) ICS 13.060.99 Otras normas relativas.

Establecimiento de usos y objetivos de calidad del agua en un recurso hídrico

La utilización de los criterios de calidad del agua permite hacer fundamentalmente dos tipos de estudios:

- a) El diagnóstico de la calidad actual del agua y
- b) Definir los objetivos de calidad de un recurso hídrico.

“No existe un método establecido que presente un procedimiento estandarizado que permita definir los usos del agua. Cada caso se puede considerar una situación particular.” (Sierra 2011: 137).

2.2.2 Autodepuración de las aguas

La calidad del agua está influenciado por el uso al que se lo someta, de tal modo que este uso irá degradándola. Los parámetros de calidad de agua subterránea, continental, marítima, etc., exigibles a cada tipo de cuerpo de agua son variables, siendo distinto el comportamiento de cada cuerpo frente a la contaminación. Sin

embargo, en todos los casos la naturaleza de los cauces tiende a eliminar las sustancias contaminantes por sí mismas.

Específicamente, los ríos poseen índices de calidad que disminuyen con la proximidad a las poblaciones, donde disminuirá su caudal y aumentarán los vertidos. El mayor foco de degradación es el conjunto de vertidos de aguas residuales (urbanas e industriales) sin depurar o con tratamiento deficiente.

Generalmente, el agua de los tramos altos de los ríos es de buena calidad ya que no existen vertidos y su capacidad de autodepuración es alta debido a sus aguas rápidas y oxigenadas. Por el contrario, en los tramos bajos su calidad es mucho menor debido a la presencia de vertidos, tanto urbanos como industriales. Además, la capacidad de autodepuración es menor debido a la lentitud del río, la poca oxigenación de las aguas y el exceso de contaminantes.

El término autodepuración de las aguas comprende un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que ocurren de modo natural en el curso del agua y que provocan la destrucción de los contaminantes (principalmente orgánicos) incorporados a un río. En este proceso, las bacterias aerobias son las principales responsables ya que oxidan la materia orgánica utilizando el oxígeno disuelto del agua. Además, hay que añadir las plantas acuáticas, que asimilan algunos componentes en forma de nutrientes, así como otros procesos fotoquímicos, diluciones, etc.

2.2.2.1 Capacidad de autodepuración de los ríos.

La capacidad de autodepuración de un río depende principalmente de los siguientes aspectos (Contreras E 2008:1):

- el caudal, que permitirá diluir el vertido y facilitar su posterior degradación al disminuir su toxicidad,
- la turbulencia del agua, que aportará oxígeno al medio favoreciendo la actividad microbiana y,
- la naturaleza y tamaño del vertido.

En este sentido, la presencia en el agua de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradables o no biodegradables, inhibe la actividad bacteriana responsable principal de la autodepuración y queda una zona contaminada que resultará difícil recuperar si no es de forma lenta y/o artificialmente. Además muchos plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, etc., no desaparecen de los ambientes acuáticos sino que se acumulan en el sedimento de ríos, se incorporan a las plantas y posteriormente ingresan a las cadenas tróficas alterando el ecosistema circundante.

En el caso de vertidos de sustancias biodegradables a un río, siempre existirá cierto grado de autodepuración. Aun así, la regeneración total de un río dependerá de la cantidad de contaminantes, la naturaleza de los contaminantes, el vertido esporádico o permanente de efluentes líquidos, la temperatura, la cantidad de oxígeno disuelto en el

agua, y la capacidad de diluir los distintos contaminantes. En los mecanismos naturales de autodepuración de un río se distinguen cuatro zonas según su contaminación y fase de depuración Fig. 01.

Figura 01.
Esquema de la autodepuración de un río



Fuente: Contreras E , 2008: 1

- Zona de degradación próxima al vertido: desaparecen las formas de vida más delicadas (algunos peces, algas) y aparecen otras más resistentes. El aspecto del agua es sucio, disminuye el contenido en oxígeno y aumenta la DBO. Comienza la degradación por parte de la flora microbiana.
- En la zona de descomposición activa aparecen aguas ennegrecidas, con espumas, y malolientes. Existe una descomposición anaerobia que provoca un desprendimiento de gases.

- La tercera zona es la de recuperación. Reaparecen los vegetales y el agua se clarifica. Todo ello debido a la presencia de oxígeno disuelto, que ayuda a degradar los compuestos contaminantes.
- Por último, la zona de aguas limpias, donde se dan las características físico-químicas y la presencia de animales y vegetales acorde con la naturaleza del cauce.

2.2.2.2 Teoría de autodepuración de un río

Existen varias teorías que explican los procesos de autodepuración natural de las aguas en los ríos. Según Hernández (1998), el proceso de autodepuración en los ríos puede analizarse a través de la vida acuática, evaluando parámetros como el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno¹⁶, porque la diversidad de los seres que viven en el agua, toman el oxígeno disuelto en el agua para desarrollar sus procesos biológicos.

Las aguas contaminadas de los ríos llevan materia orgánica, inorgánica y microorganismos. Entre los principales procesos naturales que se desarrollan están la actividad biológica en la cual se da el proceso químico de la degradación de la materia orgánica e inorgánica en compuestos simples, como se explica a través de los ciclos del carbono, azufre, fósforo y nitrógeno.

¹⁶ La teoría de la oxidabilidad de la materia orgánica, en corrientes de agua, para su autodepuración fue desarrollada por Streeter y Phelps (1925). Ésta teoría sirve de base para el estudio de la calidad del agua en ríos y su autodepuración.

También se desarrollan procesos físicos como la solubilidad del oxígeno en el agua, que es influida por fenómenos de transporte de gas líquido y de temperatura.

Por tal razón, la capacidad de las corrientes de agua para recibir y oxidar la materia orgánica de las aguas residuales, depende de sus fuentes de oxígeno, las condiciones climáticas, el tipo de materia orgánica e inorgánica y del tipo y cantidad de microorganismos y de las condiciones hidrológicas.

2.2.2.3 Principios de auto purificación del agua

Para el análisis del fenómeno de auto purificación de las corrientes de agua se establecen los siguientes principios (Streeter y Phelps) :

- La capacidad de un río para recibir y oxidar las aguas residuales depende de sus recursos de oxígeno.
- El fenómeno de la purificación natural de los ríos se da en condiciones ideales.
- Las condiciones de análisis del fenómeno purificación natural del río se establecen en condiciones estables de flujo permanente.
- El estado de equilibrio que determina la condición momentánea de la corriente cambia constantemente, es decir, se plantean dos momentos: la real y la condición momentánea.

- La condición de un río contaminado en cualquier momento, es el resultado de un equilibrio entre los contaminantes transportados por el río y los procesos de degradación.
- La oxidabilidad de la materia orgánica se fundamenta en la ley de la reacción química de primer orden que indica que “la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica es proporcional a la concentración de la sustancia no oxidada, medido en términos de oxidabilidad”.

A) Análisis de oxígeno en un cuerpo de agua

En una corriente de agua el oxígeno es el factor energético esencial para los seres vivos.

Los cambios del contenido de oxígeno en el río están relacionados con los cambios bioquímicos, debido a la oxidación de la materia orgánica procedente de aguas residuales y otras fuentes.

Los procesos que incrementan y consumen oxígeno en los ríos se presentan en el Cuadro Nro. 01:

Cuadro Nro. 01
Factores que intervienen en el balance de oxígeno

INCREMENTAN OXIGENO	CONSUMEN OXIGENO
Aportación de cauce	Materia orgánica en suspensión
Aportación del vertido	Lodos depositados en fondo
Reaireación superficial	Respiración de organismos vivos
Acción fotosintética	Respiración de algas
Descenso de la temperatura	Elevación de la temperatura
Dilución por corrientes no contaminadas	Contaminación añadida Incremento de salinidad

Fuente: Hernández M.A. (1998)

Los aportes de oxígeno a la corriente de agua se dan por varios fenómenos, como el vertido de caudales al cauce del río y por reaireación superficial.

- **El aporte por el vertido de caudales al cauce.** Este aporte provoca una dilución o bien una mayor concentración del contenido de oxígeno en el río y se determina la nueva concentración por la suma de la multiplicación del caudal por la concentración del aporte y del cauce y todo se divide por la suma de caudales.
- **La reaireación superficial.** Este proceso es el más importante debido al fenómeno de transporte del oxígeno presente en el aire en contacto con el agua y la solubilidad del gas oxígeno en el agua. Este proceso es condicionado por la temperatura, la presión

atmosférica, la materia soluble o suspendida en el agua y al área de contacto agua aire.

B) Demanda de oxígeno.

Según Streeter y Phelps (1925), la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica es proporcional a la concentración de la sustancia no oxidada. La ley planteada en forma de modelo matemático.

$$-dL/dt = k_1 L \quad (1)$$

Integrando la ecuación diferencial

$$L = L_0 * e^{k_1 t} \quad (2)$$

Donde: L y L_0 es la demanda bioquímica de la materia orgánica en el punto final e inicial respectivamente, t el tiempo transcurrido para que un elemento de flujo de agua llegue desde el punto inicial al punto final y k_1 es el coeficiente cinético de la velocidad de degradación de la materia orgánica. La constante k_1 depende del tipo de materia orgánica que se degrada, del tipo y cantidad de microorganismos presentes.

En el proceso de degradación de la materia orgánica; la demanda de oxígeno se da en términos de oxígeno disuelto. Entonces, la tasa de oxidación de la materia ($-dL/dt$) es equivalente a la

tasa de agotamiento del oxígeno en el agua, que sería el déficit de oxígeno de saturación en el agua, por lo que es la tasa de agotamiento (dD_1/dt) expresada en la relación.

$$-dL/dt = k_1L = dD_1/dt \quad (3)$$

Es necesario indicar que la velocidad de degradación de materia orgánica está definida por el coeficiente k_1 el cual depende del tipo de materia, los microorganismos y, esencialmente, de la temperatura.

Otros estudios han demostrado que el coeficiente de degradación de la materia orgánica k'_1 está relacionado con la temperatura por la ecuación:

$$k'_1/k_1 = 1.047^{(T' - T)} \quad (4)$$

Dónde: k'_1 y T' es el coeficiente cinético de degradación determinada en estudios a $T = 20^\circ\text{C}$. Y k_1 y T el coeficiente cinético de degradación de la materia a la temperatura del agua.

C) Aporte de oxígeno al río.

Lewis y Whitman (1924)¹⁷, describen que la tasa de transferencia del gas en el agua es proporcional a la diferencia entre la concentración de saturación y la concentración instantánea del

¹⁷ Citado por Hernández (1988)

oxígeno en el cuerpo de agua y el área de contacto. Como se observa en la ecuación.

$$dO_r/dt = K_L A (C_s - C_t) \quad (5)$$

Donde:

dO_r/dt es la tasa de reoxigenación en términos de concentración de saturación y de oxígeno disuelto.

K_L es el coeficiente de difusión del oxígeno en una lámina de agua.

A es el área de interface por unidad de volumen de líquido.

C_s es la concentración de saturación del gas disuelto en la superficie de interface gas líquido mg/l

C_t es la concentración instantánea del gas disuelto en el cuerpo de agua

La ecuación (5), no es posible de resolver en términos de la concentración de saturación y concentración de oxígeno en el agua. Una forma alterna es plantear la tasa de reoxigenación en términos del déficit de oxígeno.

Como se observa en la Figura Nro. 01, la tasa de reoxigenación es proporcional al déficit de oxígeno, éste se define como la diferencia entre la concentración de saturación y del oxígeno disuelto a condiciones ambientales.

$$D = C_s - C_o. \quad (6)$$

Donde:

D es el déficit de oxígeno.

C_s es la concentración de saturación del oxígeno en el agua.

C_o la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

De tal manera que:

$$\frac{dD}{dt} = -k_2 D \quad (7)$$

Dónde:

D: déficit de saturación de oxígeno del agua en mg/l

dD/dt : tasa de reoxidación en términos de déficit de saturación

k_2 : Coeficiente cinético de reoxigenación.

Al integrar la ecuación diferencial se obtiene:

$$D_t = D_0 e^{(k_2 t)} \quad (8)$$

Donde:

D_t y D_0 : déficit de oxígeno en el punto final e inicial respectivamente.

k_2 :es el coeficiente cinético de reoxigenación, que depende del área de interface por unidad de volumen del líquido y del coeficiente de difusión del gas en el agua.

La solubilidad del oxígeno en el agua es afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura

y la presión atmosférica. Se presentan valores de presión en función de la altura y los valores de la concentración de saturación del oxígeno como función de la presión y la temperatura del agua.

D) Balance de oxígeno

Para la comprensión de los procesos de reoxigenación y desoxigenación en las corrientes de agua se plantea el balance de masa. Según Streeter y Phelps (1925), las dos reacciones opuestas de reoxigenación y desoxigenación, tienden siempre a llegar a una condición de equilibrio temporal.

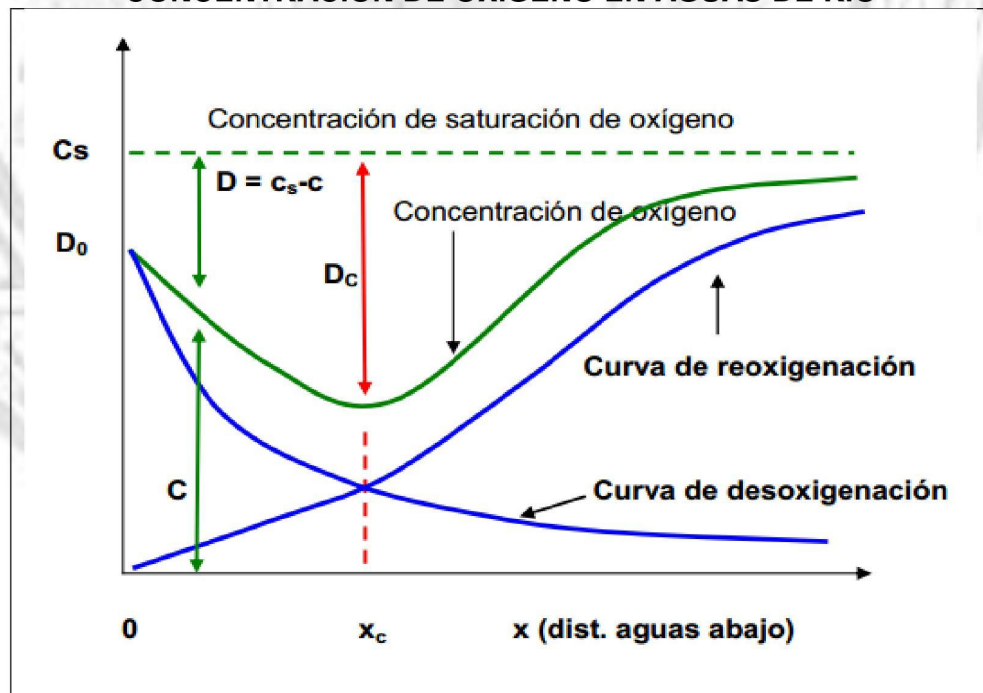
Si el agua está saturada de oxígeno y altamente contaminada, sucede una rápida pérdida de oxígeno (desoxidación) y una lenta tasa de restitución (reoxigenación), lo que resulta en una lenta disminución en la disponibilidad de oxígeno disuelto (concentración de oxígeno disuelto en el agua). Este valor inicialmente disminuye, debido que la tasa de velocidad de reoxigenación es mayor comparada con la tasa de velocidad de desoxigenación.

Las dos reacciones alcanzan el punto de equilibrio momentáneo, al disminuir la demanda de oxígeno, debido a la degradación de la materia orgánica. Después del equilibrio

momentáneo, la tasa de reoxigenación es mayor que la tasa de desoxidación, entonces la concentración de oxígeno disuelto en el agua aumenta hasta alcanzar los niveles de saturación a las condiciones ambientales. Este proceso se da en condiciones ideales cuando no existen otros aportes de contaminación, como se observa en la Figura Nro. 01.

De acuerdo con lo planteado, la tasa de cambio en el déficit de oxígeno se rige por las dos ecuaciones independientes. En primer lugar, el déficit aumenta a un ritmo que puede ser proporcional a la demanda de oxígeno de la materia orgánica (desoxidación).

Figura Nro. 01
CONCENTRACION DE OXIGENO EN AGUAS DE RIO



FUENTE: Rivera Méndez J. (2008)

En segundo lugar disminuye a un ritmo proporcional a la oferta de oxígeno (reoxigenación). Como se expresa en las ecuaciones

$$\frac{dL}{dt} = \frac{dD_1}{dt} = -k_1 L \quad (9)$$

y

$$\frac{dD_2}{dt} = -k_2 D \quad (10)$$

Dónde:

t: tiempo de la reacción en días

L: demanda de oxígeno de la materia orgánica expresada en mg/l

D: déficit de saturación de oxígeno del agua en mg/l

dD_1/dt : Tasa de desoxidación en términos de déficit de saturación

dD_2/dt : Tasa de reoxidación en términos de déficit de saturación

k_1 : Coeficiente cinético de desoxigenación

k_2 : Coeficiente cinético de reoxigenación

Para Jolánkai, Géza (1997) la tasa neta de cambio en el déficit de oxígeno (D) en cualquier momento es igual a la suma lineal de las tasas de desoxigenación y reoxigenación, de la forma:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{dD_1}{dt} + \frac{dD_2}{dt} \quad (11)$$

$$\frac{dD}{dt} = k_1 L - k_2 D \quad (12)$$

Resulta una ecuación diferencial lineal con variable dependiente (D) e independiente (t) de la forma:

$$\frac{dy}{dx} + Py = Q(x) \quad (13)$$

La integral para la tasa neta de cambio en el déficit de oxígeno, derivada de la ecuación diferencial lineal, resulta ser:

$$D = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k} \left(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t} \right) + D_0 e^{-k_2 t} \quad (14)$$

Dónde:

D_0 = oxígeno disuelto inicial de déficit de saturación del agua mg/l.

D = déficit de saturación, en mg/l. después de tiempo (t).

L_0 = inicial de demanda de oxígeno de la materia orgánica del agua, en mg/l

k_1 =coeficiente de definición de la tasa de desoxigenación.

k_2 coeficiente de definición de la tasa de reoxigenación.

t = tiempo transcurrido, en días.

e = base de logaritmos naturales = 2,71828

El déficit crítico de oxígeno disuelto D_c en el punto x_c es importante desde el punto de vista técnico. El déficit crítico puede determinarse porque la tasa de utilización de oxígeno es igual a la de reaireación en dicho punto.

$$D_c = \frac{k_1}{k_2} \left(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t} \right) - D_0 e^{-k_2 t} \quad (15)$$

$$D_c = k_1 [L_e - k_1 (x_c / v)] / k_2 \quad (16)$$

El valor de x_c puede determinarse diferenciando la ecuación anterior con respecto a x y haciendo que dD/dx sea igual a cero:

$$X_c = [v / (k_2 - k_1)] \ln(k_2 / k_1) [1 - D_0 (k_2 - k_1) / k_1 L] \quad (17)$$

y

$$t_c = x_c / v \quad (18)$$

Donde t_c es igual al tiempo requerido para alcanzar el punto crítico, x_c es la distancia y v velocidad media del agua en el río.

E) Constante de auto depuración “f” De Fair

Según Hernández M.A. (1998), Fair definió que la constante de auto depuración “f” es:

$$f = \frac{k_2}{k_1} \quad (19)$$

Donde k_2 es el coeficiente de reaireación y k_1 es el coeficiente de descomposición bioquímica de la materia orgánica. En el Cuadro Nro. 02 se presentan los rangos respectivos.

Cuadro Nro. 02
Constante de auto depuración “f” de Fair

Tipo de corriente	Rango
Pequeños estanques	0.5 –1
Corrientes remansadas, lagos	1 –1.5
Corrientes lentas	1.5 –2
Corrientes moderadas	2 –3
Corrientes rápidas	3-4
Rápidos y cascadas	4 -5

Fuente: Hernández M.A. (1998)

2.2.3 Medición de caudal del agua

Para medir los caudales en ríos y canales existen varios métodos y tecnologías. Según IMTA (1991) los métodos más usados son los de área y velocidad y la relación escala y gasto.

El método de área velocidad, consiste en determinar el área de una sección transversal de la corriente y la velocidad media del agua, en donde:

$$V = \text{espacio} / \text{tiempo} \quad (20)$$

$$Q = 0.9 * A * V \quad (21)$$

Dónde: Q es el caudal m^3/s . A es el área hidráulica de la sección transversal y V es la velocidad media. La velocidad se puede determinar por medio de las ecuaciones de equipos calibrados como molinetes. O bien por flotadores, midiendo el tiempo que recorre el flotador una distancia recta del cauce del río.

El área hidráulica de la sección transversal se puede determinar por medio de secciones, subdividiendo el ancho del río y midiendo su respectiva profundidad.

El método escala gasto consiste en la selección de un tramo recto del río o canal, se determina el gasto para diferentes alturas de tirante de agua, que podría ser con el método área velocidad y con los datos se puede usar la ecuación:

$$Q = C_0 H^b \quad (22)$$

Donde Q caudal en volumen/tiempo, H altura de tirante, y C_0 , y b se determinan por regresión lineal.

2.2.4 El Río Huallaga

El río Huallaga nace en las alturas de la Región Pasco, por la confluencia de los ríos Ticlayan, Pariamarca y Pucurhuay, en la región Huánuco los principales tributarios del río Huallaga son: el río Tingo, Condoraga, Chaupihuananga, Coquín y Quío, Huertas en la zona de Ambo; los ríos Huancachupa, Higueras, Garbanza, Chinobamba y Acomayo, provenientes de las alturas de Huánuco, en su margen derecha recibe caudales de las quebradas, Chicuy, Pumarini, olijmayo y Yanamayu provenientes de las lagunas situadas al SE de la ciudad de Huánuco. La cuenca integral de río Alto Huallaga, desde sus nacientes hasta la ciudad de Huánuco (puente Taruca), tiene una

extensión aproximada de 4 789,40 Km², es una cuenca húmeda en su integridad, sometida a precipitaciones significativas; en la que se presentan las siguientes subcuencas:

La subcuenca del Alto Huallaga, desde su nacimiento hasta el pueblo de Ambo, tiene una extensión de 1 582,30 km², con una longitud de cauce de 83,00 km. Donde se distingue cuatro subcuencas secundarias: río Tingo, río Ticlacayam, río Pucurhuay y río Blanco. La pendiente promedio del cauce es de 2,80% que baja de los 4 400 a 2 850 m.s.n.m.

La subcuenca del río Huertas, tiene una extensión de 2 083,40 km² y una longitud de cauce de 93,50 km, con una pendiente media de 2,50% que baja de los 4 400 a los 2 050 m.s.n.m. Se puede distinguir tres subcuencas secundarias; Río Yanacocha, río Chauphuranga y río Quio.

La subcuenca lateral del río Higueras, que ingresa al río Huallaga en las cercanías de la ciudad de Huánuco, tiene una extensión de 738,10 km² y una longitud de cauce de 88,00 km., y una pendiente de 2,80% que baja de los 3 900 a los 1920 m.s.n.m.

La cuenca del río Alto Huallaga es una zona con una densidad poblacional sumamente baja y carente de áreas agrícolas de importancia, la mayoría de las cuales se cultivan al seco (ríos de precipitación); por lo que se estima que el uso de las aguas para el consumo humano, agrícola y minero-industrial es sumamente bajo.

Es importante tener en cuenta que “en los 32 distritos que se encuentran en la cuenca del río Huallaga habitan un total de 500 249 habitantes censados, de los cuales 328 165 cuentan con desagüe, que desembocan en la cuenca del río Huallaga” (Ministerio de Educación 2011: 43)

2.3 Tipo de investigación.

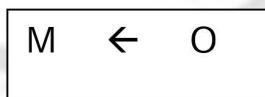
De acuerdo a las enseñanzas teóricas - metodológicas sobre investigación y en función de la naturaleza y alcance de la investigación, el trabajo se basó en una investigación de tipo descriptivo¹⁸deductivo (Pino 2010: 541), ya que el trabajo se limitó a describir características del nivel de contaminación por sedimentos del río Higueras.

2.4 Diseño y esquema de la investigación

Dado que durante el desarrollo del trabajo no se hizo ninguna transformación de la realidad por lo que no se manipulo ninguna variable, el trabajo de investigación responde a un diseño no experimental.

Se ha podido observar¹⁹ que varios autores definen como diseños a los transversales y longitudinales pero eso es un error, ya que los diseños se estructuran principalmente de acuerdo a los objetivos y no a las veces que se toman o compilan los datos.

El esquema de la investigación fue:



Dónde:

M: representa la muestra de las aguas tomadas del río Huallaga

¹⁸ Autores como Hernández Sampieri, manifiesta que si la investigación: específica, mide y recoge información de manera independiente sobre la variable de estudio, se considera una investigación descriptivo – explicativo.

¹⁹ Garay Robles G. Metodología de la investigación científica. [Presentación en Taller]. En: Curso instrumentos para desarrollar tesis - UNHEVAL, Huánuco, 3 de mayo del 2011

O: coeficientes cinéticos de auto depuración del agua del río Huallaga.

2.5 Métodos de investigación

En la presente investigación, para el aspecto general se aplicó el método científico, y para los aspectos específicos, el método descriptivo.

2.6 Población

Dada la unidad de análisis que son las corrientes de agua del río Huallaga y sus coeficientes cinéticos de autodepuración, la población estuvo constituida por todas estas, comprendidas entre las aguas del puente de Huancachupa y el puente de Huayopampa.

2.7 Muestra y muestreo

Dada la naturaleza de la investigación, la muestra fue "...no probabilística intencionado o criterial por lo tanto la evaluación de la representatividad es subjetiva" (Sánchez y Reyes 2009:147).

Por lo tanto, la ubicación de los puntos de muestreo se desarrollaron teniendo en cuenta el criterio del investigador, la carta geográfica de la Cuenca del río Huallaga y como instrumento un GPS. El cuadro, donde presentamos los puntos de muestreo se encuentra descrito en el capítulo III, Cuadro N° 3.1.

2.8 Instrumentos para la recolección de información

Para la fase de gabinete utilizaremos la técnica de análisis documental para ilustrarnos mejor sobre toda la literatura investigativa producida en fuentes primarias, secundarias y terciarias, teniendo en cuenta las fuentes auditadas que el estado del arte de la investigación lo considera.

Utilizamos fichas (instrumentos) que nos sirvan para este propósito a saber: de transcripción, de resumen, mixtas, de comentario, bibliográficas y otras de acuerdo a las necesidades del avance de la investigación.

2.9 Instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se usó el modelo de ficha que se presenta mediante cuadros. Estos son presentados en el Capítulo III.

2.10 Análisis e interpretación de los datos

Para el análisis e interpretación de los datos se usó gráficas de estadística descriptiva y para determinar el nivel de los parámetros cinéticos de autodepuración se usó los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua dadas en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

CAPÍTULO III

RESULTADOS DE TOMA DE DATOS

3.1 Puntos de Muestreo

Las coordenadas de latitud y longitud y los lugares donde se tomó las muestras de aguas, fueron los siguientes:

Cuadro N° 3.1
Puntos de Muestreo

Puntos de muestreo		Descripción del lugar de la toma de muestras	Coordenadas de latitud y longitud
A	100 metros antes de las descargas.	Puente Huancachupa	-9.973171,-76.241838
B	100 metros después de las descargas.	A 100 m después del puente de Huayopampa	-9.90924,-76.2343398
C	150 metros después de las descargas.	A 150 m después del puente de Huayopampa	-9.908001,-76.234522
D	200 metros después de las descargas.	A 200 m después del puente de Huayopampa	-9.906273,-76.233584

Para una ubicación referencial gráfica, tendremos en cuenta la Figura N° 3.1.

Figura N° 3.1
Punto de toma de muestras



Los análisis de las muestras, resultados en cada punto de muestreo fueron los siguientes:

Cuadro N° 3.2
Resultado de análisis en laboratorio

Muestra.	Punto de muestreo.	Análisis.	Unidades.	Resultados.
Agua del río Huallaga.	A. 100 metros antes de las descargas.	DBO ₅ .	mg/L.	4.20
		DQO.	mg/L.	9.40
		Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.90
		Coliformes totales.	UFC/100 mL.	3,20X10 ² .
		Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	1,15X10 ² .
		pH.	---	7.70
		Conductividad eléctrica.	μS/cm.	380.00
		Fecha.	---	30/05/2015
		Hora.	---	10:25
	B. 100 metros después de las descargas.	DBO ₅ .	mg/L.	11.70
		DQO.	mg/L.	25.10
		Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.78
		Coliformes totales.	UFC/100 mL.	3,60X10 ⁵ .
		Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	2,80X10 ⁴ .
		pH.	---	8.01
		Conductividad eléctrica.	μS/cm.	229.00
		Fecha.	---	30/05/2015
		Hora.	---	11:33
	C. 150 metros después de las descargas.	DBO ₅ .	mg/L.	11.00
		DQO.	mg/L.	23.20
		Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.84
		Coliformes totales.	UFC/100 mL.	2,95X10 ⁵ .
		Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	2,10X10 ⁴ .
		pH.	---	7.38
		Conductividad eléctrica.	μS/cm.	225.00
		Fecha.	---	30/05/2015
		Hora.	---	11:50
	D. 200 metros después de las descargas.	DBO ₅ .	mg/L.	11.50
		DQO.	mg/L.	24.50
		Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.95
		Coliformes totales.	UFC/100 mL.	2,00X10 ⁵ .
		Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	1,75X10 ⁴ .
pH.		---	7.59	
Conductividad eléctrica.		μS/cm.	226.00	
Fecha.		---	30/05/2015	
Hora.		---	12:10	

Fuente: Análisis de laboratorio

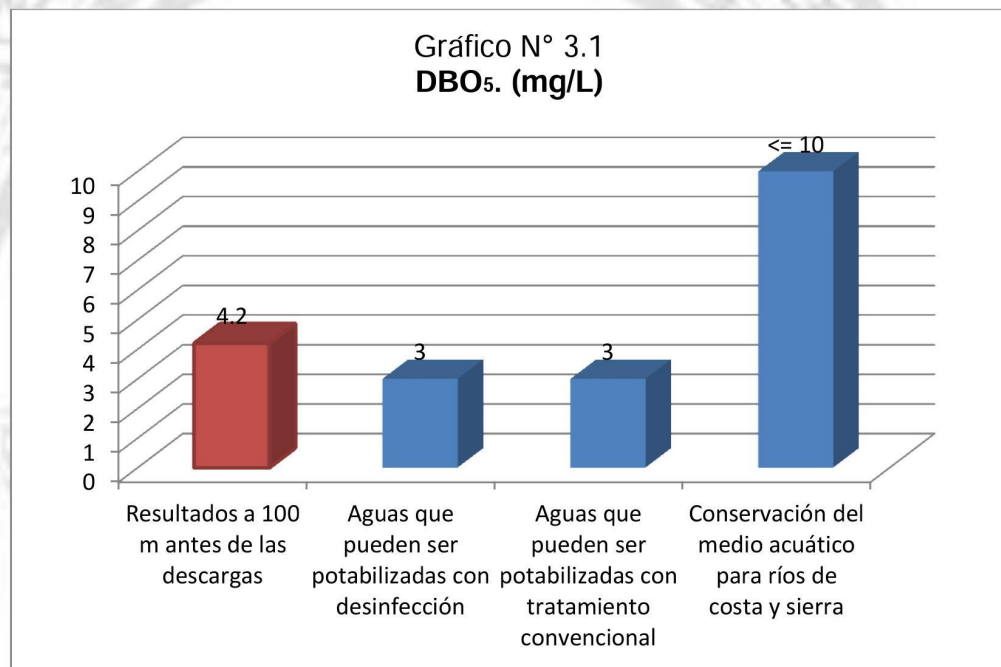
3.2 Análisis de cada punto de muestreo

3.2.1 Análisis 100 metros antes de las descargas. Punto de muestreo A

Cuadro N° 3.2 Cuadro comparativo entre los resultados de los análisis del Río Huallaga y los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM						
Punto de muestreo.	Análisis.	Unidades.	Resultados Hallados	Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM		
				Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1)	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2)	Conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra
A. 100 metros antes de las descargas.	DBO ₅ .	mg/L.	4.20	3 mg/L	5 mg/L	< 10 mg/L
	DQO.	mg/L.	9.40	10 mg/L	20 mg/L	No presenta
	Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.90	>= 6 mg/L	>= 5 mg/L	>= 5 mg/L
	Coliformes totales.	UFC/100 mL.	3,20X10 ² (320)	50 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL
	Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	1,15X10 ² (115)	0 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL
	pH.	---	7.70	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	6.5 – 8.5
	Conductividad eléctrica.	µS/cm.	380.00	1500 µS/cm.	1600 µS/cm.	No presenta
Fecha de toma de muestra: 30/05/2015 Hora de toma de muestra: 10:25 am						

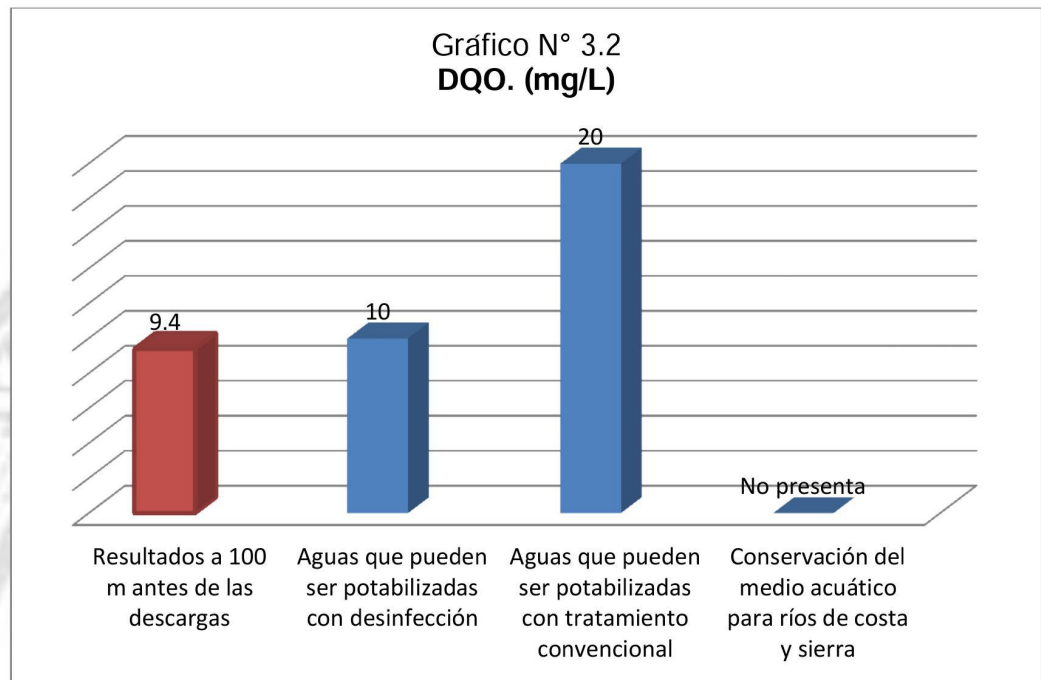
El cuadro N° 3.2 presenta los resultados in situ y de laboratorio a 100 m antes de las descargas, como también los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) la cual nos sirvió para determinar las condiciones individuales de cada parámetro hallados en el laboratorio.

A) DBO₅.



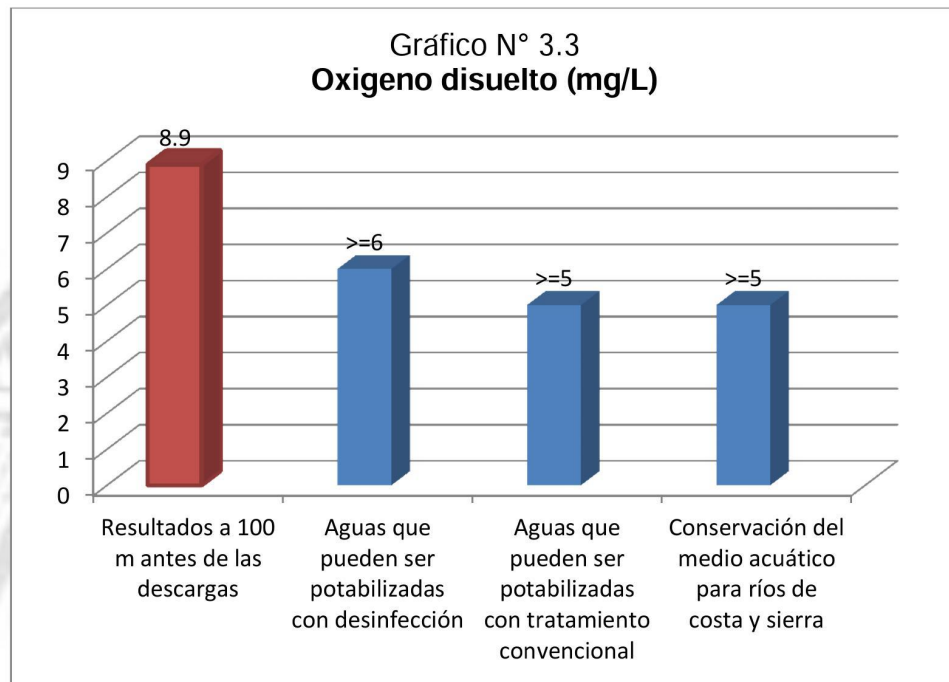
El Gráfico N° 3.1 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)** encontrado en el laboratorio es mayor que la de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional, por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros de DBO₅**. Pero, se encuentra dentro de los parámetros dados por conservación de medio acuático para ríos de costa y sierra.

B) DQO.

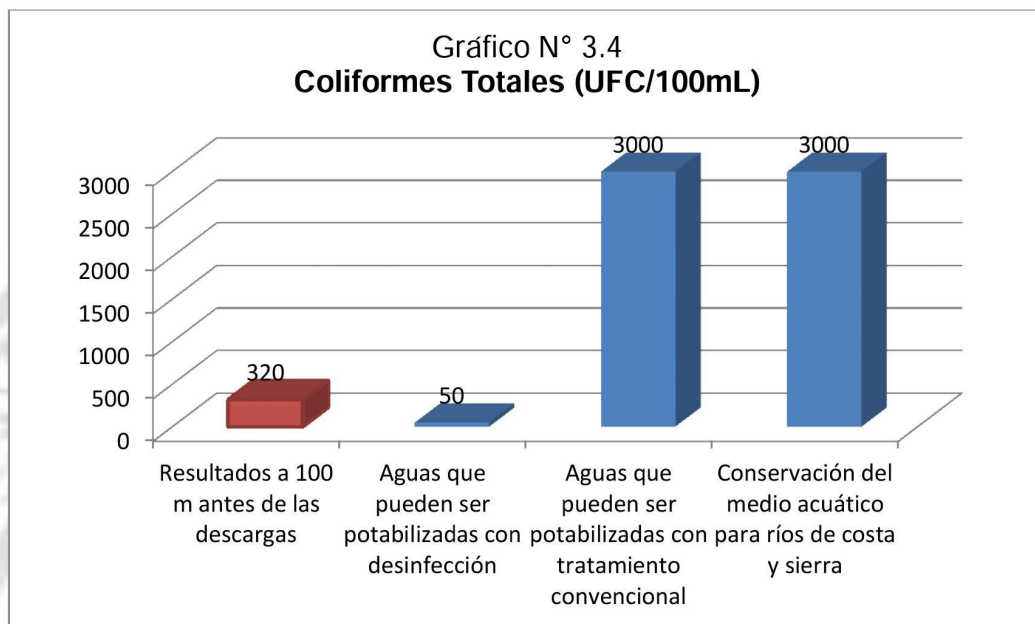


El Gráfico N° 3.2 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de la **demanda química de oxígeno (DQO)** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo **se encuentra dentro de los parámetros en DQO.**

C) Oxígeno disuelto.

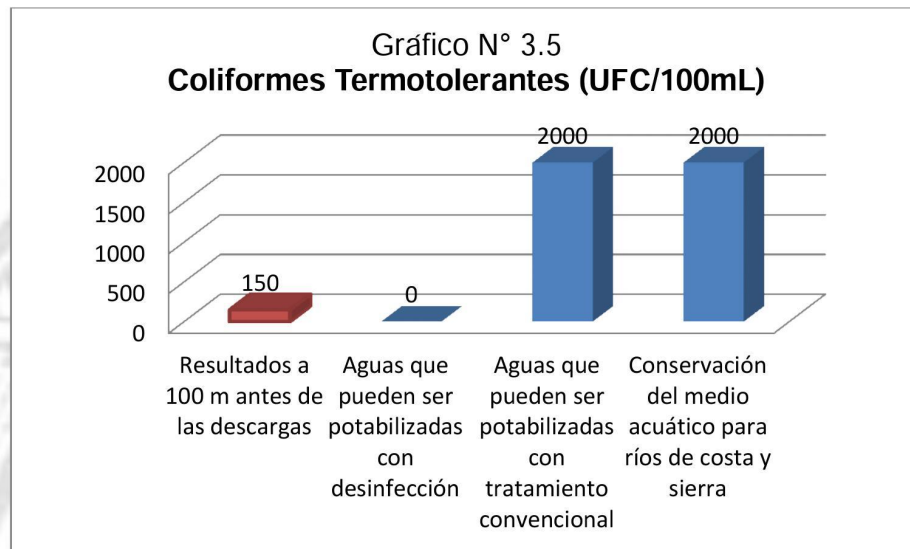


El Gráfico N° 3.3 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de **oxígeno disuelto** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo se **encuentra fuera de los parámetros en oxígeno disuelto**.

D) Coliformes totales.

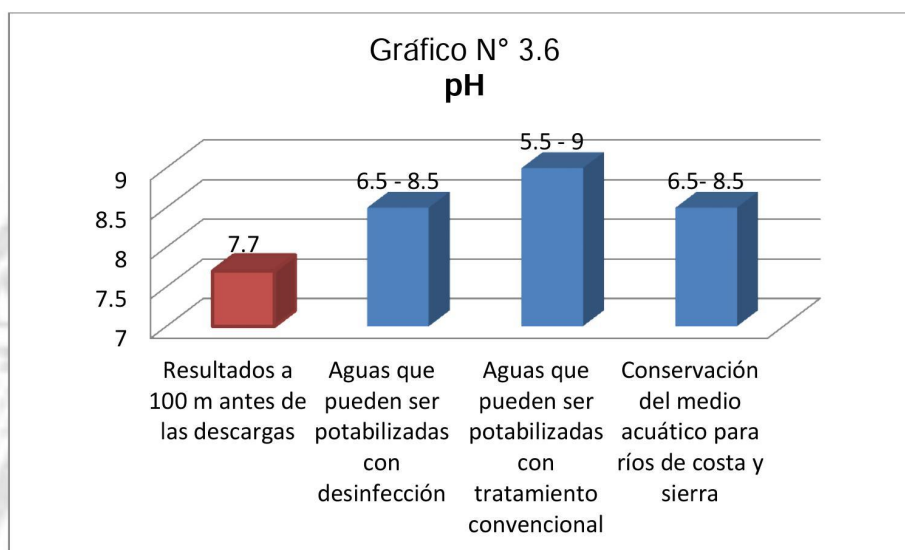
El Gráfico N° 3.4 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de **coliformes totales** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros en coliformes totales**.

E) Coliformes termotolerantes.



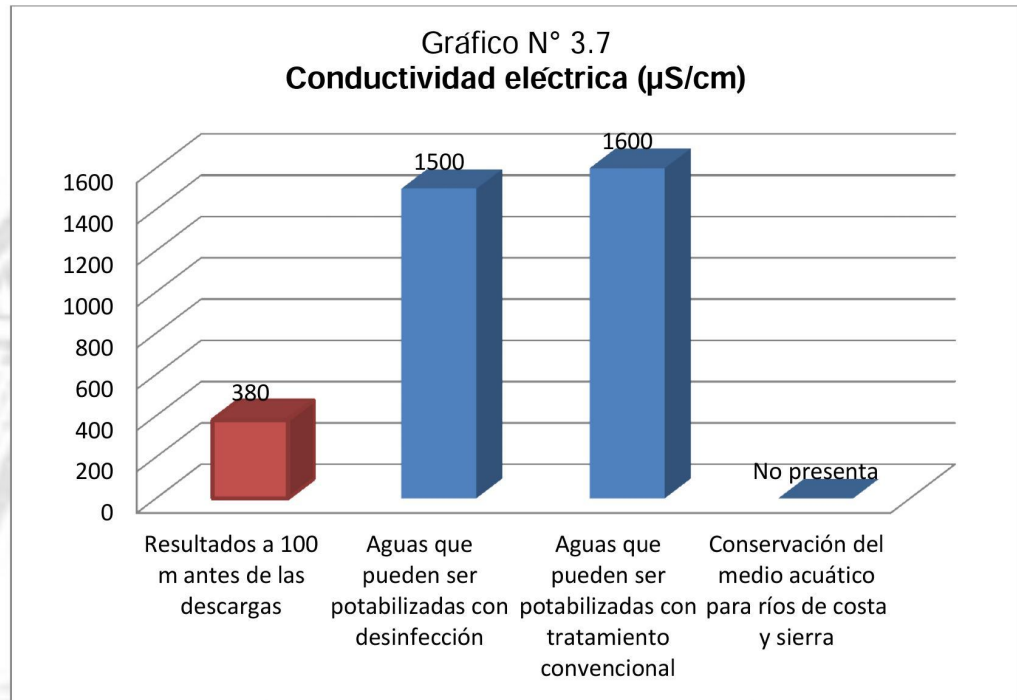
El Gráfico N° 3.5 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de **coliformes termotolerantes** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros en coliformes termotolerantes.**

F) pH.



El Gráfico N° 3.6 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de **pH** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros e intervalos de pH.**

G) Conductividad eléctrica.



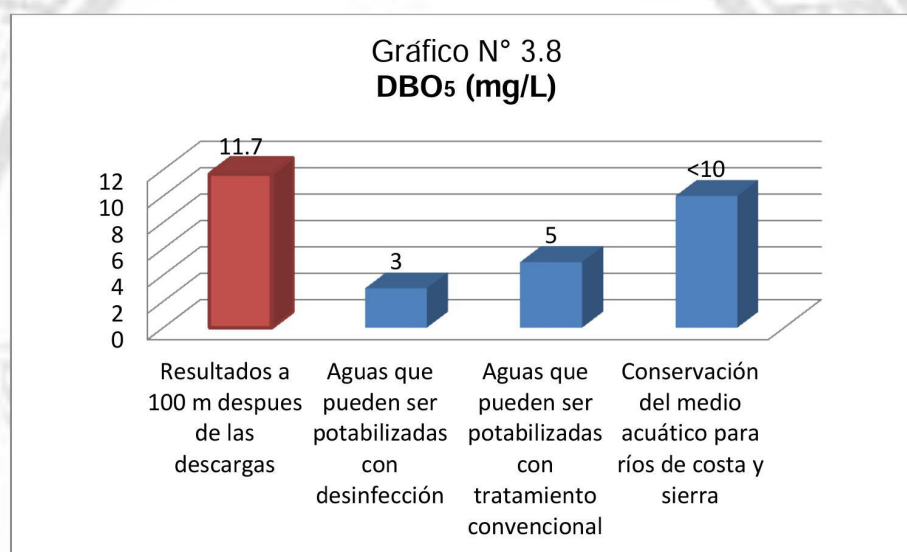
El Gráfico N° 3.4 y el Cuadro N° 3.2, nos muestran que los valores de **conductividad eléctrica** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto A de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros de conductividad eléctrica**.

3.2.2 Análisis 100 metros después de las descargas. Punto de muestreo B

Cuadro N° 3.3 Cuadro comparativo entre los resultados de los análisis del Río Huallaga y los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM						
Punto de muestreo.	Análisis.	Unidades.	Resultados Hallados	Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM		
				Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1)	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2)	Conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra
B. 100 metros después de las descargas	DBO ₅ .	mg/L.	11.7	3 mg/L	5 mg/L	< 10 mg/L
	DQO.	mg/L.	25.10	10 mg/L	20 mg/L	No presenta
	Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.78	>= 6 mg/L	>= 5 mg/L	>= 5 mg/L
	Coliformes totales.	UFC/100 mL.	3,60X10 ⁵ .	50 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL
	Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	2,80X10 ⁴ .	0 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL
	pH.	---	8.01	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	6.5 – 8.5
	Conductividad eléctrica.	µS/cm.	229.00	1500 µS/cm.	1600 µS/cm.	No presenta
Fecha de toma de muestra: 30/05/2015 Hora de toma de muestra: 11:33 am						

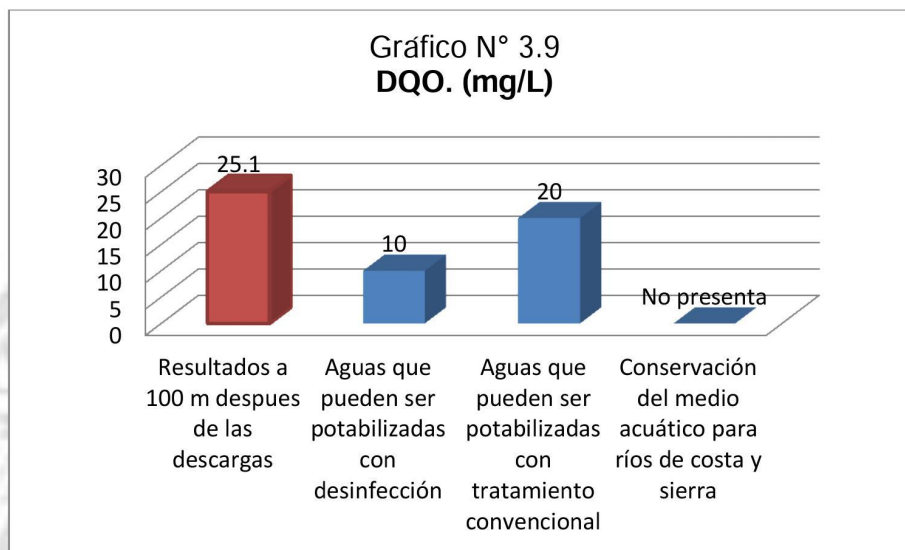
El cuadro N° 3.3 presenta los resultados in situ y de laboratorio a 100 m antes de las descargas, como también los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) la cual nos sirvió para determinar las condiciones individuales de cada parámetro hallados en el laboratorio.

A) DBO₅.



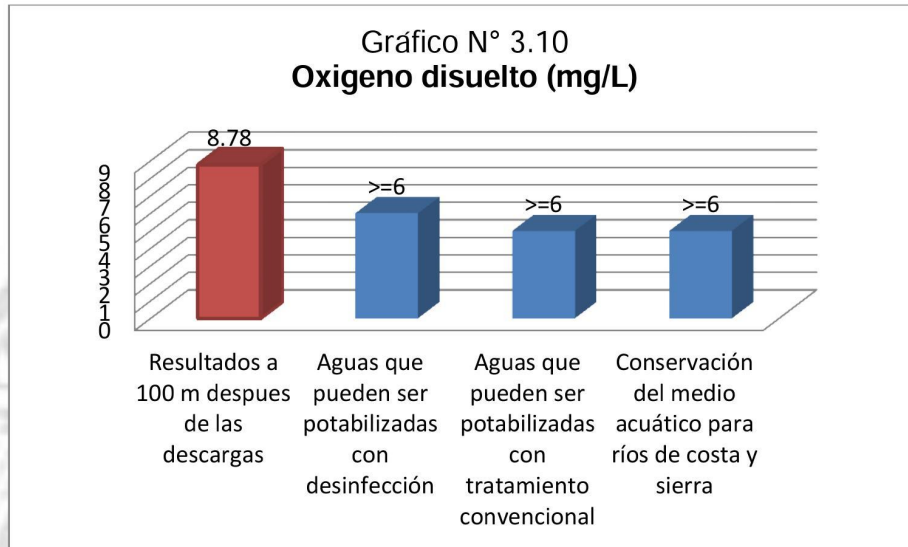
El Gráfico N° 3.8 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)** encontrado en el laboratorio es mayor que la de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y con conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra, por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros de DBO₅.**

B) DQO.



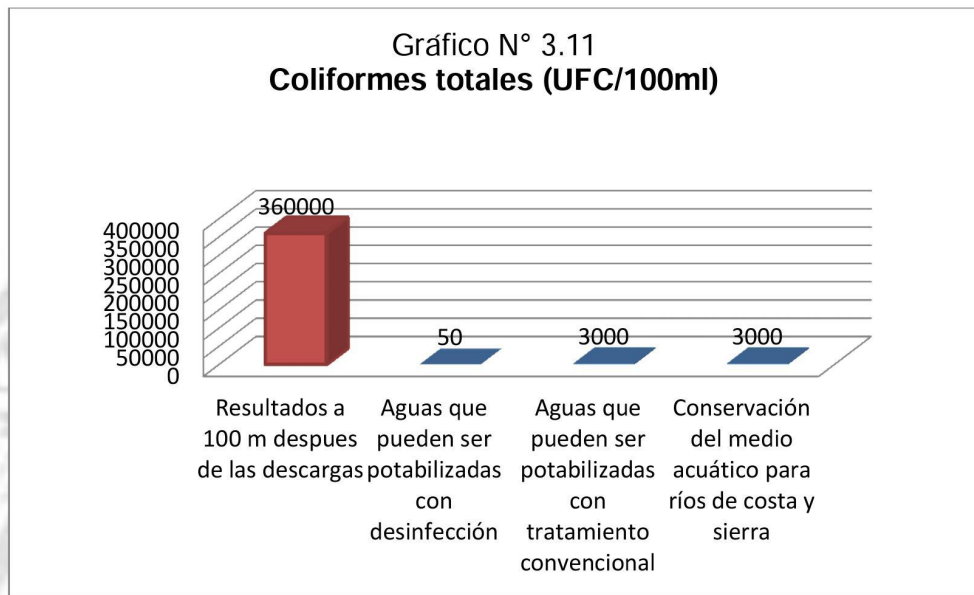
El Gráfico N° 3.9 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de la **demanda química de oxígeno (DQO)** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en DQO.**

C) Oxígeno disuelto.



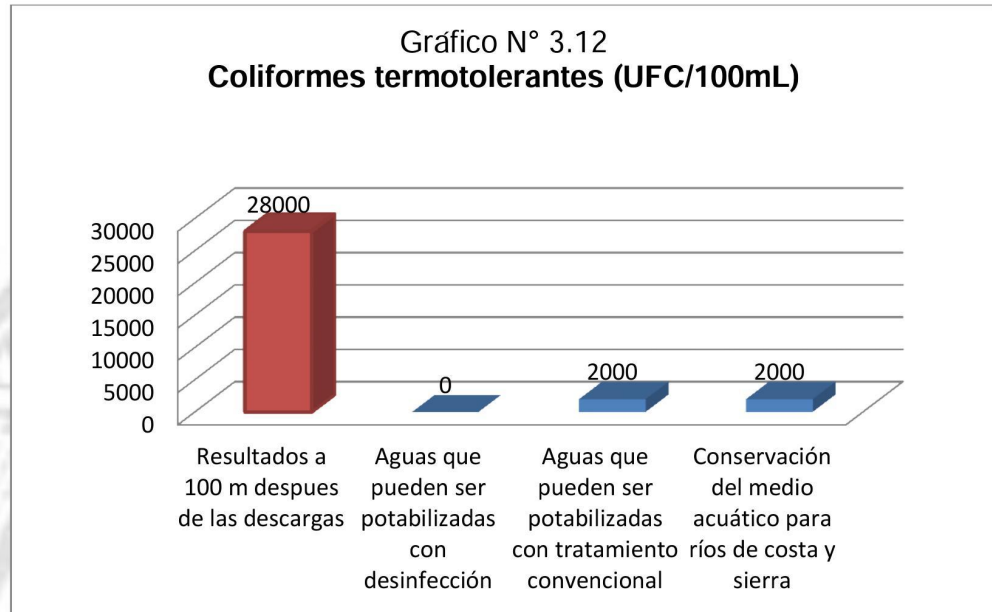
El Gráfico N° 3.10 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de **oxígeno disuelto** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo se **encuentra fuera de los parámetros en oxígeno disuelto**.

D) Coliformes totales.



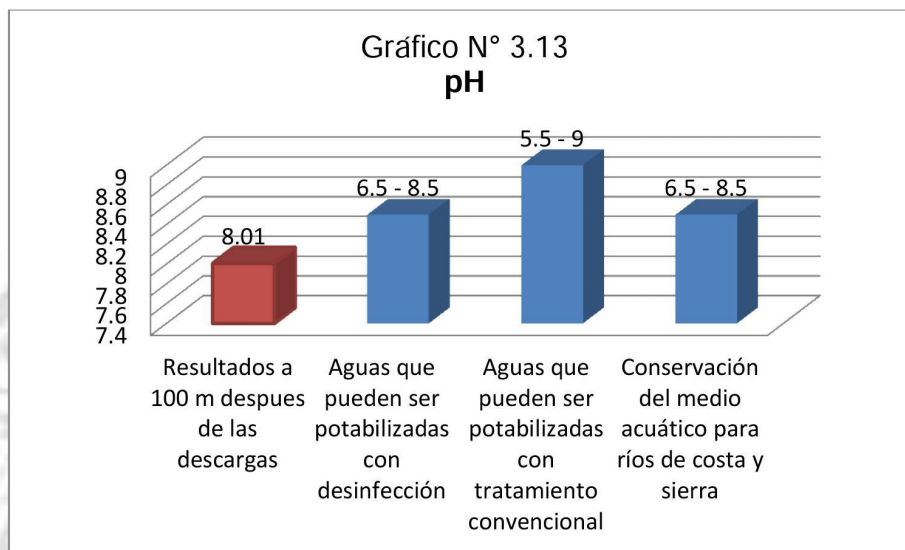
El Gráfico N° 3.11 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de **coliformes totales** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en coliformes totales.**

E) Coliformes termotolerantes.



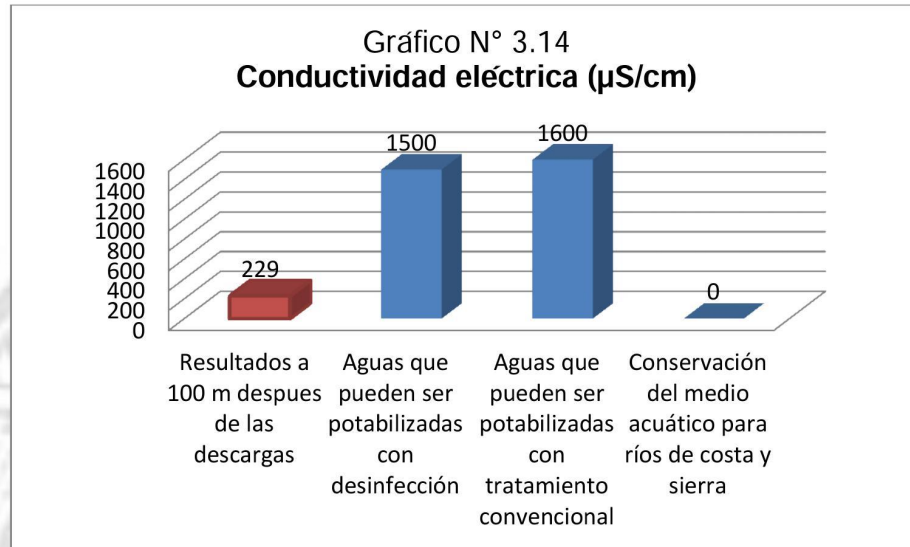
El Gráfico N° 3.12 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de **coliformes termotolerantes** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en coliformes termotolerantes.**

F) pH.



El Gráfico N° 3.13 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de **pH** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo **se encuentra dentro de los parámetros e intervalos de pH.**

G) Conductividad eléctrica.



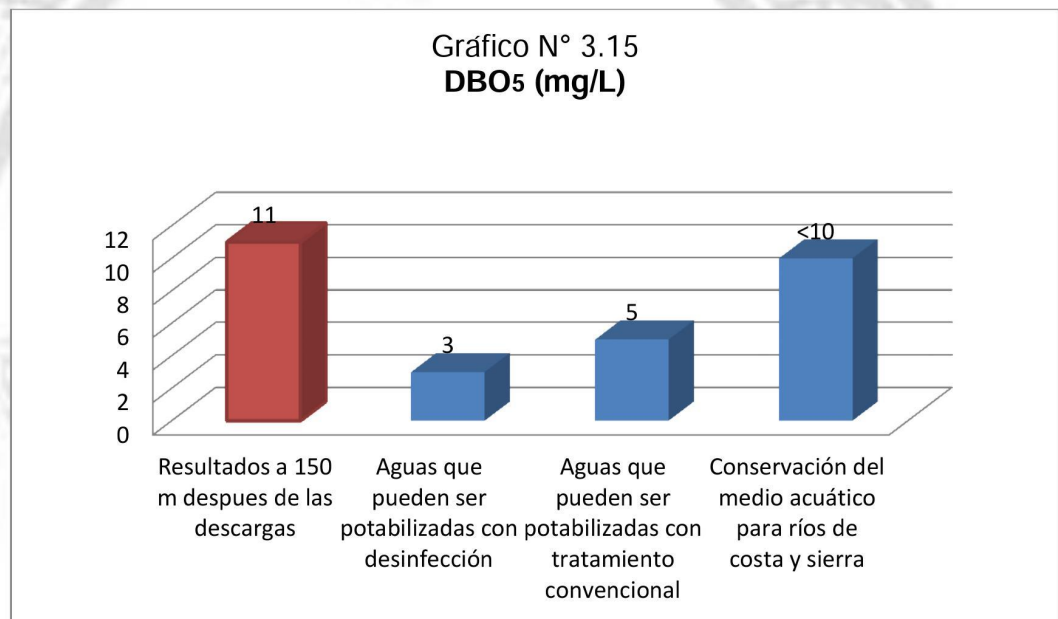
El Gráfico N° 3.14 y el Cuadro N° 3.3, nos muestran que los valores de **conductividad eléctrica** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto B de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros de conductividad eléctrica**.

3.2.3 Análisis 150 metros después de las descargas. Punto de muestreo C

Cuadro N° 3.4 Cuadro comparativo entre los resultados de los análisis del Río Huallaga y los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM						
Punto de muestreo.	Análisis.	Unidades.	Resultados Hallados	Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM		
				Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1)	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2)	Conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra
C. 150 metros después de las descargas	DBO ₅ .	mg/L.	11.0	3 mg/L	5 mg/L	< 10 mg/L
	DQO.	mg/L.	23.20	10 mg/L	20 mg/L	No presenta
	Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.84	>= 6 mg/L	>= 5 mg/L	>= 5 mg/L
	Coliformes totales.	UFC/100 mL.	2,95X10 ⁵ .	50 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL
	Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	2,10X10 ⁴ .	0 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL
	pH.	---	7.38	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	6.5 – 8.5
	Conductividad eléctrica.	µS/cm.	225.00	1500 µS/cm.	1600 µS/cm.	No presenta
Fecha de toma de muestra: 30/05/2015 Hora de toma de muestra: 11:50 am						

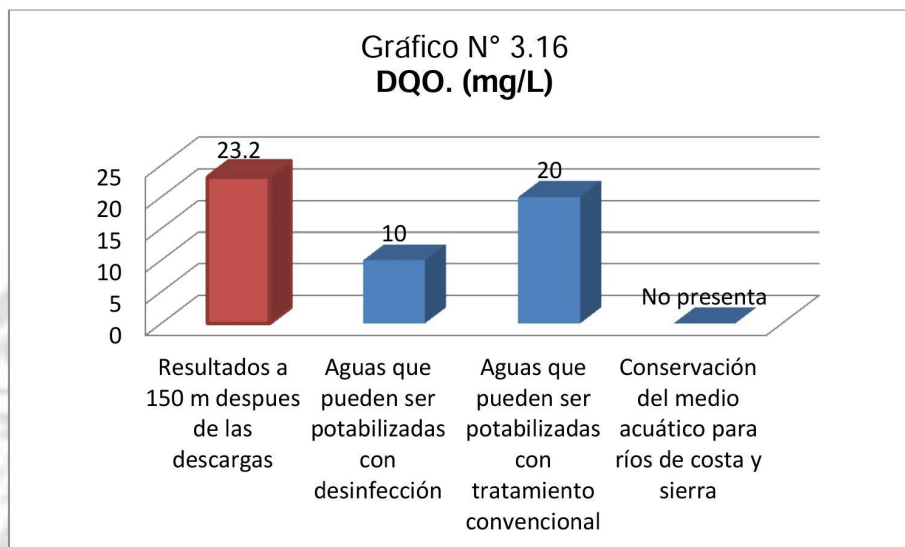
El cuadro N° 3.4 presenta los resultados in situ y de laboratorio a 100 m antes de las descargas, como también los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) la cual nos sirvió para determinar las condiciones individuales de cada parámetro hallados en el laboratorio.

A) DBO₅.



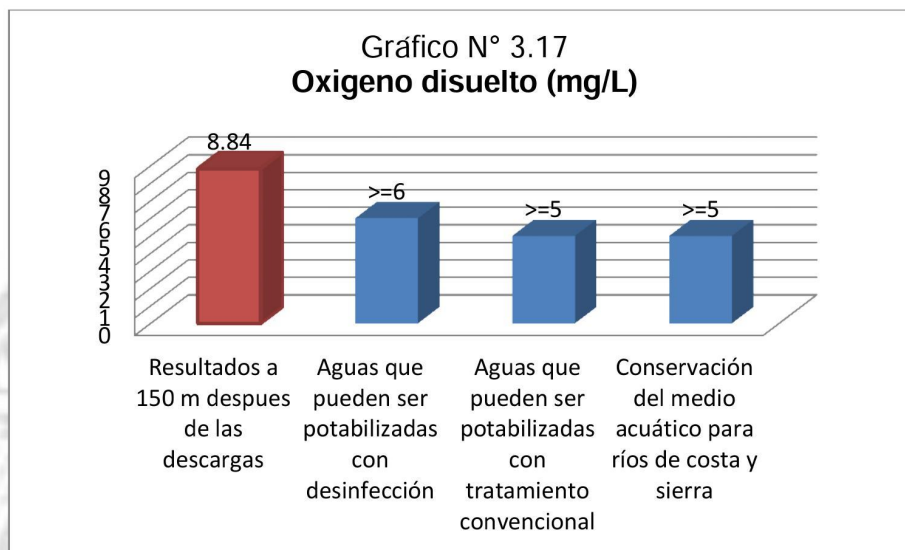
El Gráfico N° 3.15 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)** encontrado en el laboratorio es mayor que la de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y con conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra, por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros de DBO₅.**

B) DQO.



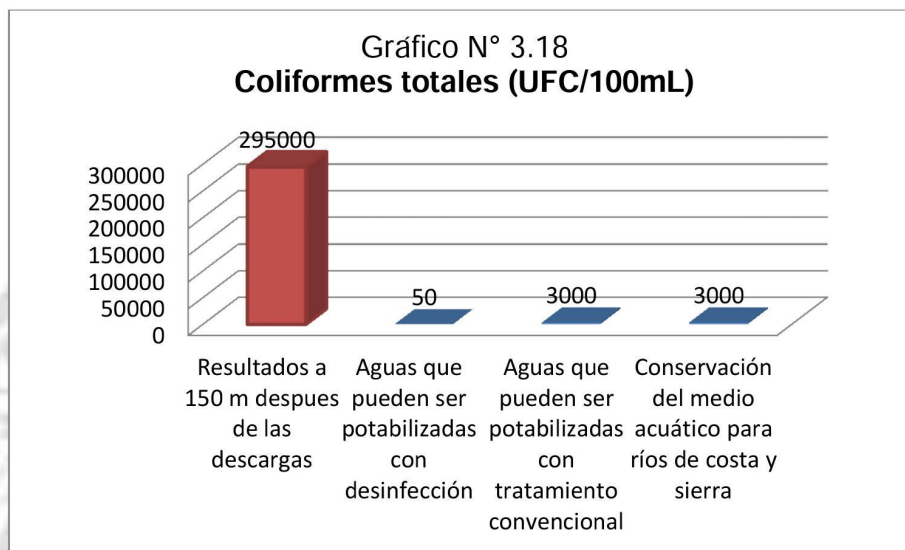
El Gráfico N° 3.16 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de la **demanda química de oxígeno (DQO)** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en DQO.**

C) Oxígeno disuelto.



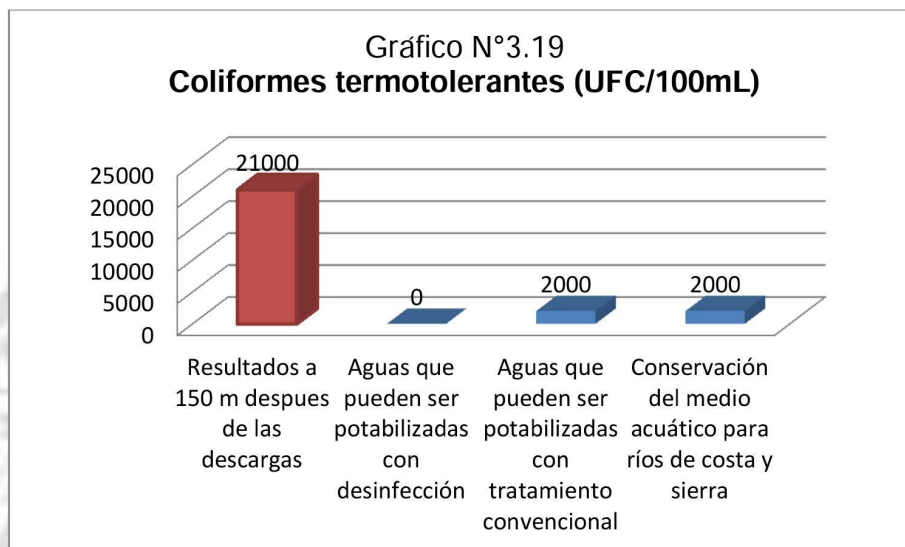
El Gráfico N° 3.17 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de **oxígeno disuelto** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en oxígeno disuelto.**

D) Coliformes totales.



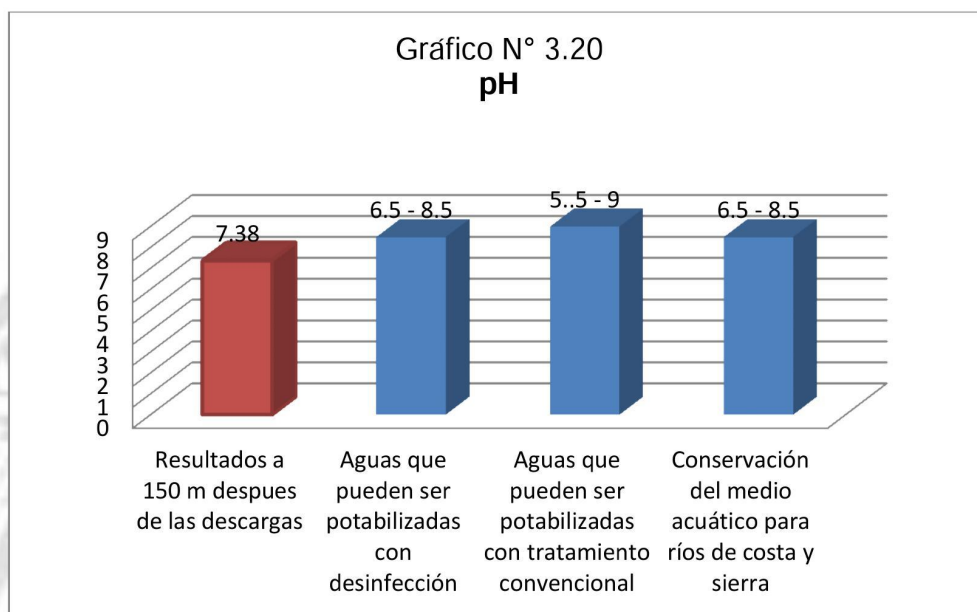
El Gráfico N° 3.18 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de **coliformes totales** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en coliformes totales.**

E) Coliformes termotolerantes.



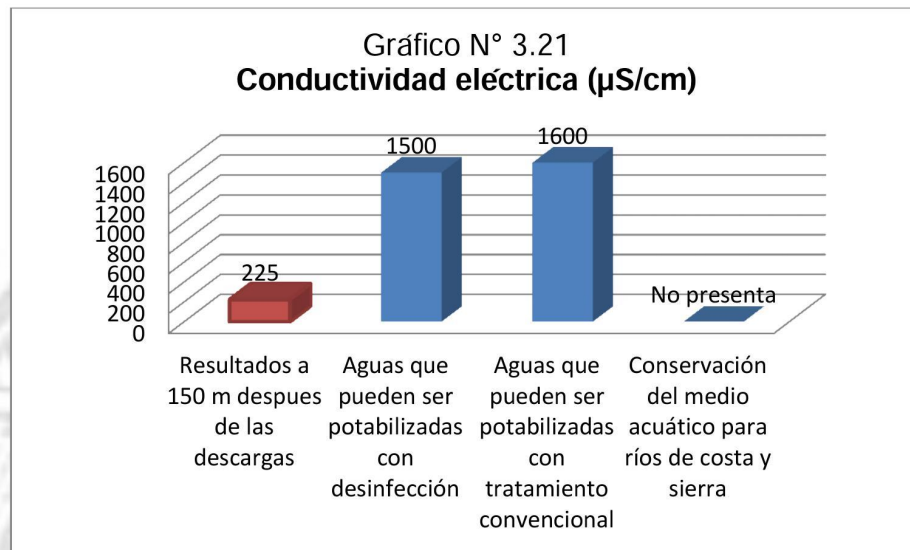
El Gráfico N° 3.19 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de **coliformes termotolerantes** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en coliformes termotolerantes.**

F) pH.



El Gráfico N° 3.20 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de **pH** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo **se encuentra dentro de los parámetros e intervalos de pH.**

G) Conductividad eléctrica.



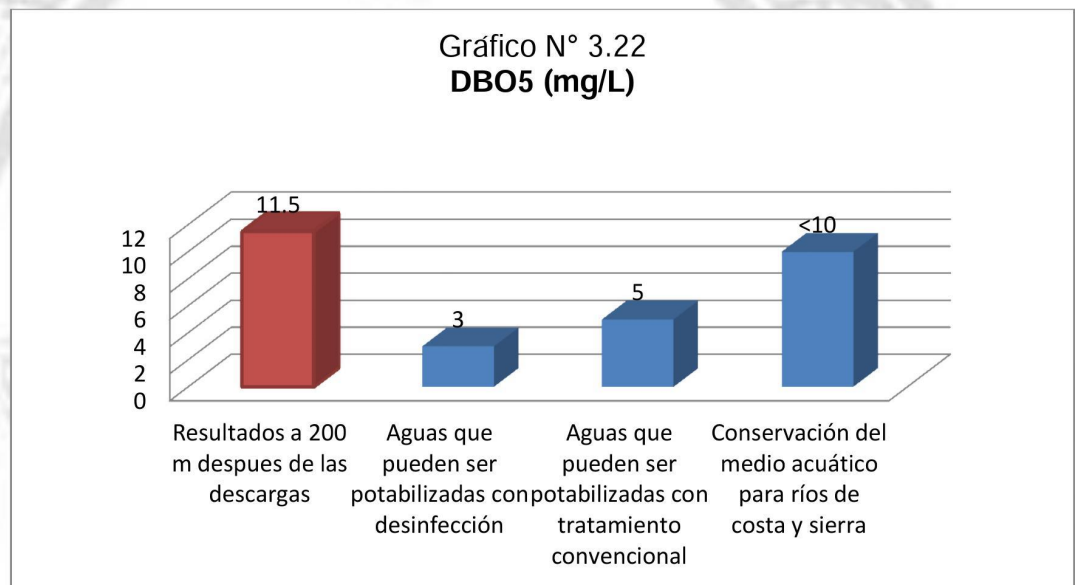
El Gráfico N° 3.21 y el Cuadro N° 3.4, nos muestran que los valores de **conductividad eléctrica** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto C de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros de conductividad eléctrica**.

3.2.4 Análisis 200 metros después de las descargas. Punto de muestreo D

Cuadro N° 3.5 Cuadro comparativo entre los resultados de los análisis del Río Huallaga y los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM						
Punto de muestreo.	Análisis.	Unidades.	Resultados Hallados	Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM		
				Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1)	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2)	Conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra
D. 200 metros después de las descargas	DBO ₅ .	mg/L.	11.5	3 mg/L	5 mg/L	< 10 mg/L
	DQO.	mg/L.	24.50	10 mg/L	20 mg/L	No presenta
	Oxígeno disuelto.	mg/L.	8.95	>= 6 mg/L	>= 5 mg/L	>= 5 mg/L
	Coliformes totales.	UFC/100 mL.	2,00X10 ⁵ .	50 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL (35-37°C)	3000 NMP/100 mL
	Coliformes termotolerantes.	UFC/100 mL.	1,75X10 ⁴ .	0 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL (44.5°C)	2000 NMP/100 mL
	pH.	---	7.59	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	6.5 – 8.5
	Conductividad eléctrica.	µS/cm.	226.00	1500 µS/cm.	1600 µS/cm.	No presenta
Fecha de toma de muestra: 30/05/2015 Hora de toma de muestra: 12:10 am						

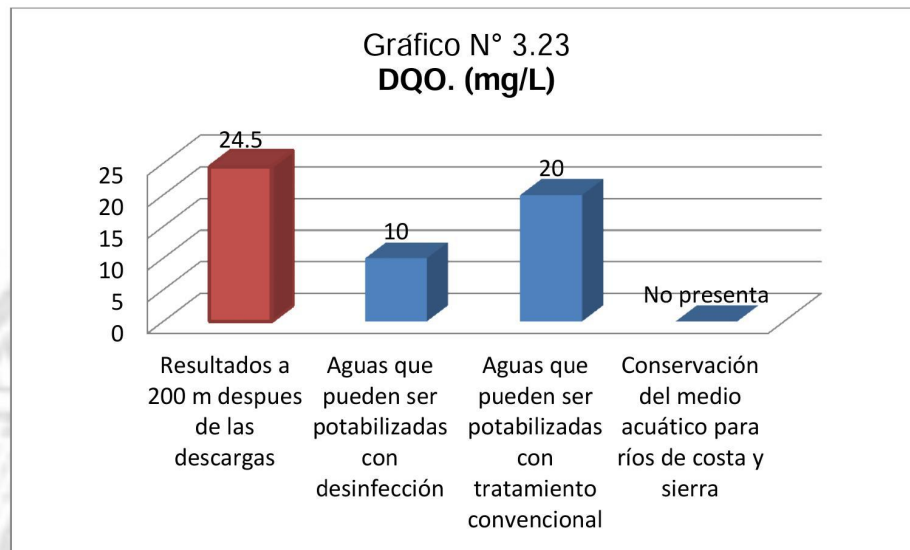
El cuadro N° 3.5 presenta los resultados in situ y de laboratorio a 100 m antes de las descargas, como también los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) la cual nos sirvió para determinar las condiciones individuales de cada parámetro hallados en el laboratorio.

A) DBO₅.



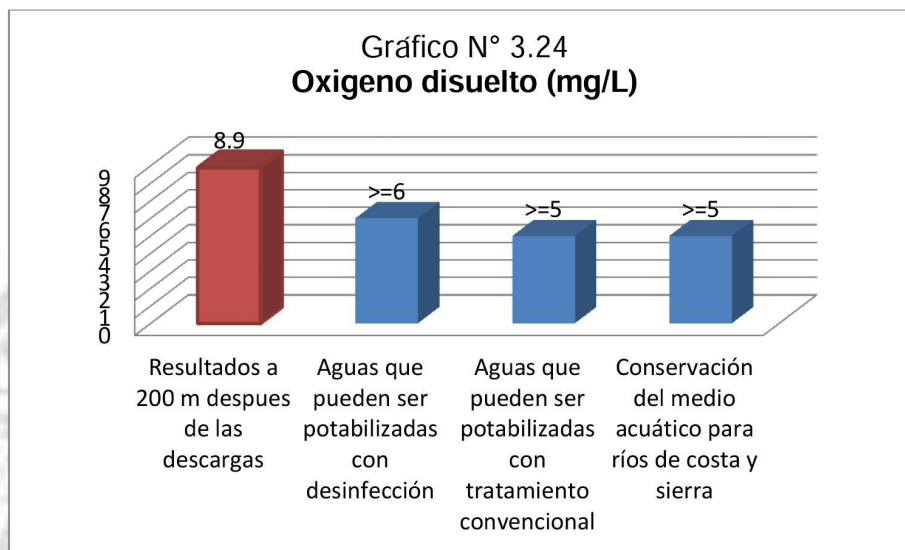
El Gráfico N° 3.22 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)** encontrado en el laboratorio es mayor que la de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y con conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra, por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros de DBO₅.**

B) DQO.



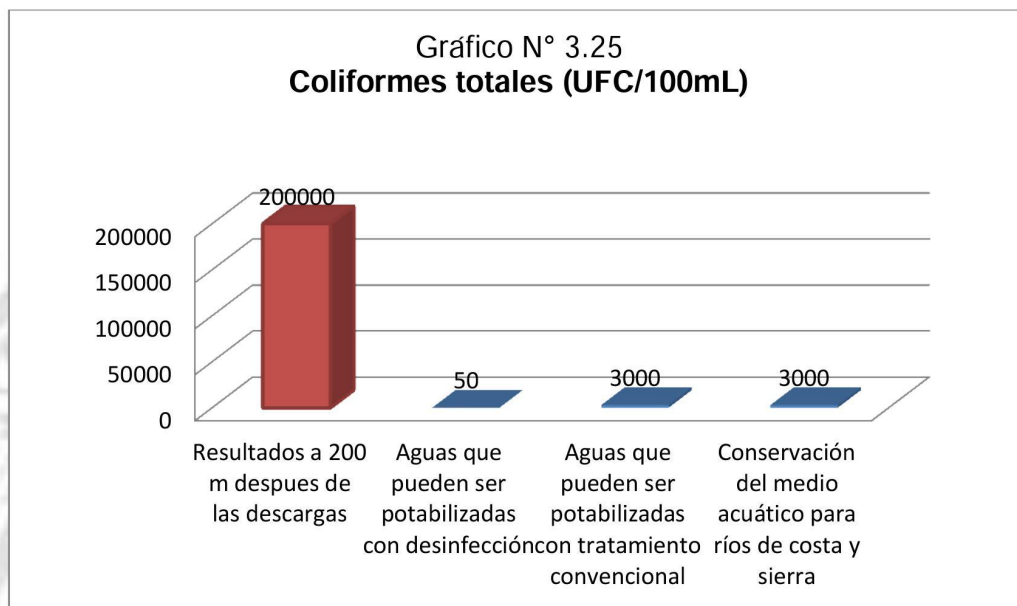
El Gráfico N° 3.23 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de la **demanda química de oxígeno (DQO)** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en DQO.**

C) Oxígeno disuelto.



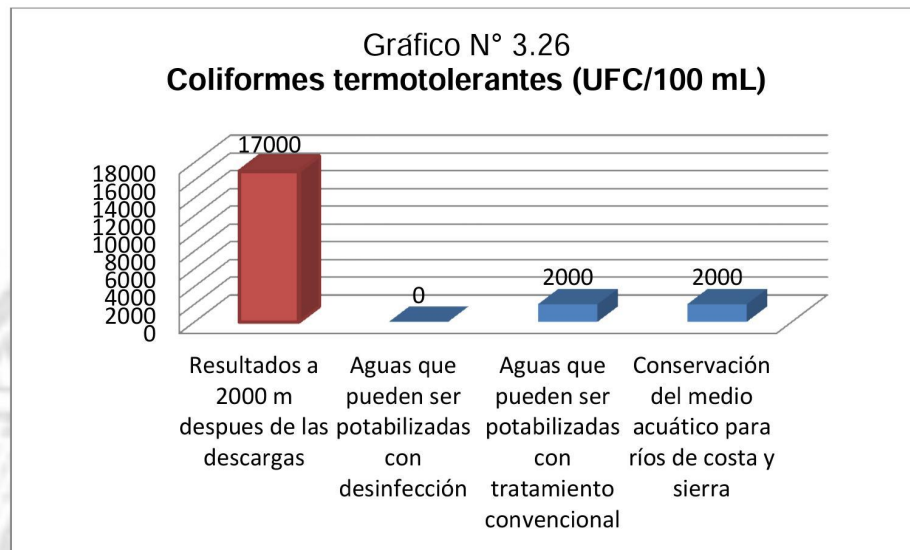
El Gráfico N° 3.24 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de **oxígeno disuelto** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en oxígeno disuelto.**

D) Coliformes totales.



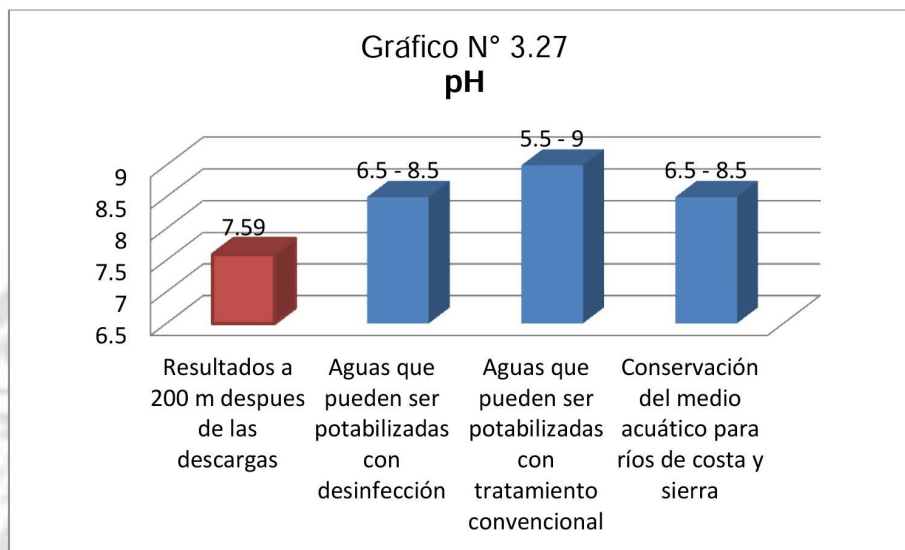
El Gráfico N° 3.25 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de **coliformes totales** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en coliformes totales.**

E) Coliformes termotolerantes.



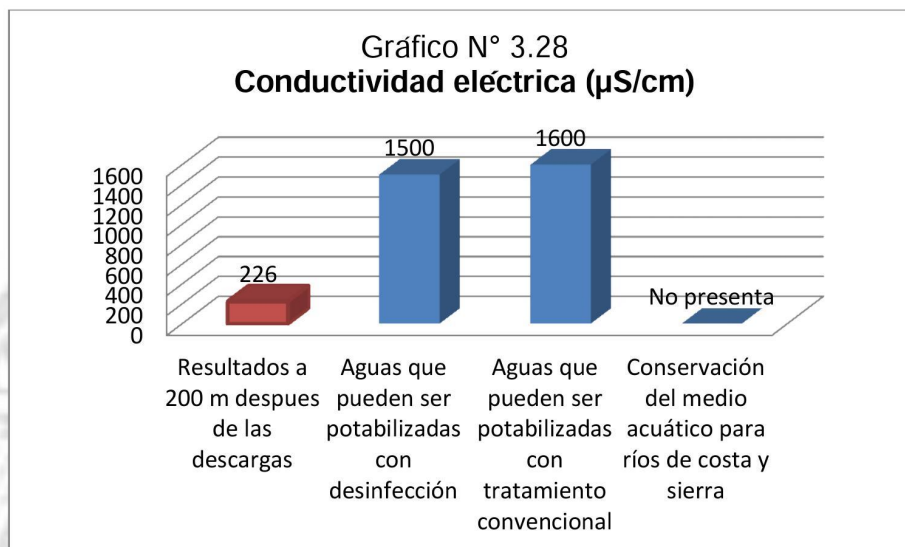
El Gráfico N° 3.26 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de **coliformes termotolerantes** encontrado en el laboratorio es mayor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo **se encuentra fuera de los parámetros en coliformes termotolerantes.**

F) pH.



El Gráfico N° 3.20 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de **pH** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional y referenciados respecto a conservación del medio acuático para ríos de costa y sierra; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo **se encuentra dentro de los parámetros e intervalos de pH.**

G) Conductividad eléctrica.



El Gráfico N° 3.28 y el Cuadro N° 3.5, nos muestran que los valores de **conductividad eléctrica** encontrado en el laboratorio es menor que de los parámetros de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con tratamiento convencional; por lo tanto podemos afirmar que las aguas en el punto D de muestreo se encuentra **dentro de los parámetros de conductividad eléctrica**.

3.3 Análisis general

De los análisis individuales de cada punto de muestreo respecto al cumplimiento de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM), lo resumimos en el Cuadro N° 3.6.

Cuadro N° 3.6 Resumen de los resultados de los análisis del Rio Huallaga y los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM				
	A	B	C	D
DBO ₅ .	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple
DQO.	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Oxígeno disuelto.	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Coliformes totales.	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Coliformes termotolerantes.	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple
pH.	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Conductividad eléctrica.	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Del cuadro N° 3.6, podemos afirmar que en la toma inicial o punto A, no se cumple el parámetro de coliformes totales, mientras en los punto B,C y D no se cumplen los parámetros: DBO₅, Oxígeno disuelto y Coliformes totales.



CAPÍTULO IV

4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dados los resultados obtenidos, podemos afirmar que:

La cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos es alta, por lo tanto podemos afirmar que **respecto al DBO₅ NO EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

La cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua es suficiente, por lo que podemos afirmar que **respecto al DQO²⁰ EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

²⁰ La **DQO** se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l).

El Oxígeno Disuelto o la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables no es suficiente, por lo que podemos afirmar que **respecto al Oxígeno disuelto NO EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

Las Enterobacteriaceae, lactosa-positivas que constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos y, se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, estas se encuentran fuera de los parámetros establecidos por los Estándares Nacionales de calidad ambiental para las agua, por lo que podemos afirmar que **respecto a los COLIFORMES TOTALES NO EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

Respecto a los coliformes fecales, conocidas por soportar temperaturas elevadas, estas se encuentran fuera de los parámetros establecidos por los Estándares Nacionales de calidad ambiental para las agua, por lo que podemos afirmar que **respecto a los COLIFORMES TERMOTOLERANTES NO EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

Respecto a la cantidad de hidrógeno que existe en el agua, estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por los Estándares Nacionales de calidad ambiental para las agua, por lo que podemos afirmar que **respecto al pH EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

La conductividad eléctrica refleja

Respecto a la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, que está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua, estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por los Estándares Nacionales de calidad ambiental para las agua, por lo que podemos afirmar que **respecto a la conductividad eléctrica EXISTE AUTO DEPURACIÓN DEL AGUA EN EL RIO HUALLAGA.**

4.2 APOORTE CIENTÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN

Teóricamente sabemos que los ríos poseen índices de calidad que disminuyen con la proximidad a las densidades poblacionales, donde disminuye su caudal y aumentan los vertidos tanto urbanas como industriales.

Por lo tanto, para corroborar lo anunciado fue necesario evaluar los coeficientes cinéticos de auto depuración del agua en el río Huallaga, es decir conocer el comportamiento de las aguas dentro de su cauce normal en su paso por la ciudad de Huánuco, tramo que corresponde las localidades de Pillco Marca, Amarilis y Huánuco.

Los resultados hallados, demostró y corrobora el estudio desarrollado por Gilda Edith Hidalgo Hidalgo quien desarrollo el estudio “Nivel de contaminación del río Huallaga entre los distritos de Amarilis y Huánuco debido a las descargas de aguas residuales. Los resultados nos demuestran que existe contaminación y no hay auto depuración del río Huallaga.

Estos resultados presentados son de muchísima importancia, ya que su conocimiento será motivo de preocupación por preservar nuestra naturaleza y tomar acciones que conlleven a las autoridades y población en general a tomar conciencia de lo que se está haciendo.

También, proporciona a la comunidad científica información muy importante ya que demuestra que las urbes pequeñas también son causantes de contaminación de las aguas y no solo es responsabilidad de las grandes urbes



CONCLUSIONES

Los parámetros físicos, químicos y biológicos del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis que se tomaron en cuenta para determinar los coeficientes cinéticos de autodepuración del río Huallaga fueron: DBO₅, DQO, Oxígeno disuelto, coliformes totales, coliformes termotolerantes el pH y la conductividad eléctrica.

Respecto a los índices de calidad del río Huallaga dentro del ámbito de los distritos de Pillko Marca, Huánuco y Amarilis, y bajo los puntos de muestreo, asumidos en forma general, podemos concluir que:

- DBO₅. : no cumple
- DQO: cumple
- Oxígeno disuelto: no cumple
- Coliformes totales: no cumple
- Coliformes termotolerantes. : no cumple
- pH: cumple, y
- Conductividad eléctrica: cumple.

Por los resultados de los coeficientes cinéticos en los puntos de muestreo, podemos afirmar que no existe autodepuración total del río Huallaga.

SUGERENCIAS

- Es perentorio sensibilizar a la población Huanuqueña, en especial a nuestras autoridades y recordarles que ninguna de las necesidades básicas del género humano, como la alimentación, salud, educación, higiene, trabajo y vivienda pueden ser satisfechas sin tomar en cuenta el papel desempeñado por el agua.
- Dar a conocer la información científica hallada a nuestra autoridades tanto regionales como ediles para que esta sea tomada en cuenta en las decisiones medioambientales que tomen.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Augusto Bernal C. (2006). **Metodología de la Investigación**. 2da Edición.: México D.F: Edit. Pearson.

Hernández Sampieri R. Fernández Collao C. Baptista Lucio P. (2010). **Metodología de la Investigación**. 5ta.Ed. México D.F: Mac Graw Hill.

Manahan Stanley E. (2007). **Introducción a la química Ambiental**. México D.F: Edit. Reverte.

Sánchez Carlessi H. Reyes Meza C. (2009). **Metodología y diseños en la investigación científica**. 2da.Reimpresión. Lima: Editorial Visión Universitaria.

Sierra Ramírez C. (2011). **Calidad del Agua**. Medellín: Ediciones de la U.

SKOOG,Douglas; HOLLER, F. James y NIEMAN, Timothy. (2001). **Principios de análisis instrumental**. 5 Ed. España: Editorial Mc Graw Hill.

Ramalho R.S. (1993) **Tratamiento de aguas residuales**. Ed. Reverté, S.A, Barcelona.

Hernández. M. A. (1988) **Depuración de aguas residuales**. 4ta ed. Paraninfo S.A. Madrid,España pp. 99-171.

HERNÁNDEZ Muñoz, Aurelio (1998). **Depuración de aguas residuales**. 4^a ed. Madrid: Paraninfo S.A.

Ministerio de Educación, Gobierno Regional Huánuco, DEVIDA. Guía de educación ambiental para docentes. 2011.

Páginas Web.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). ***Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo.*** [página visitada el 23/10/2015]

<http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

Instituto Peruano de Economía (2015). ***Acabando con un círculo vicioso.***

[Revista en Línea, visitado el 23/09/2015]

<http://www.ipe.org.pe/content/acabando-con-un-circulo-vicioso>

