



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA**

(Creada por Ley Nro. 25265)



**ESCUELA DE POSGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE POSGRADO**

**TESIS**

**CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ICHU EN ZONAS  
URBANAS DEL DISTRITO DE HUANCVELICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**CALIDAD DE AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**Mg. VÍCTOR GUILLERMO SÁNCHEZ ARAUJO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN:**

**CIENCIAS AMBIENTALES**

**HUANCAVELICA - PERÚ**

**2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creado por Ley N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA  
UNIDAD DE POSGRADO

(APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 736-2005-ANR)

"Año de la Universalización de la Salud"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Ante el Jurado conformado por los docentes: **Dr. Humberto Guillermo GARAYAR TASAYCO**, **Dr. Amadeo ENRIQUEZ DONAIRES**, **Dr. Sólon Dante CARHUALLANQUI IBARRA**.

**Asesor: Dr. Elmer Rene CHAVEZ ARAUJO**

De conformidad al Reglamento Único de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 330-2019-CU-UNH y modificado con Resolución N° 1195-2019-CU-UNH, y la Directiva de la Sustentación Síncrona de Tesis de los Estudiantes de Maestría y Doctorado de las Unidades de Posgrado de las Facultades Integrantes de la Universidad Nacional de Huancavelica en el Marco al estado de emergencia covid 19, aprobado mediante Resolución Directoral N° 340-2020-EPG-R/UNH.

El candidato al **GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**.

Don, **Victor Guillermo SANCHEZ ARAUJO**, procedió a sustentar su trabajo de Investigación titulado "CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ICHU EN ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE HUANCAMELICA".

Luego de haber absuelto las preguntas que le fueron formulados por los Miembros del Jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

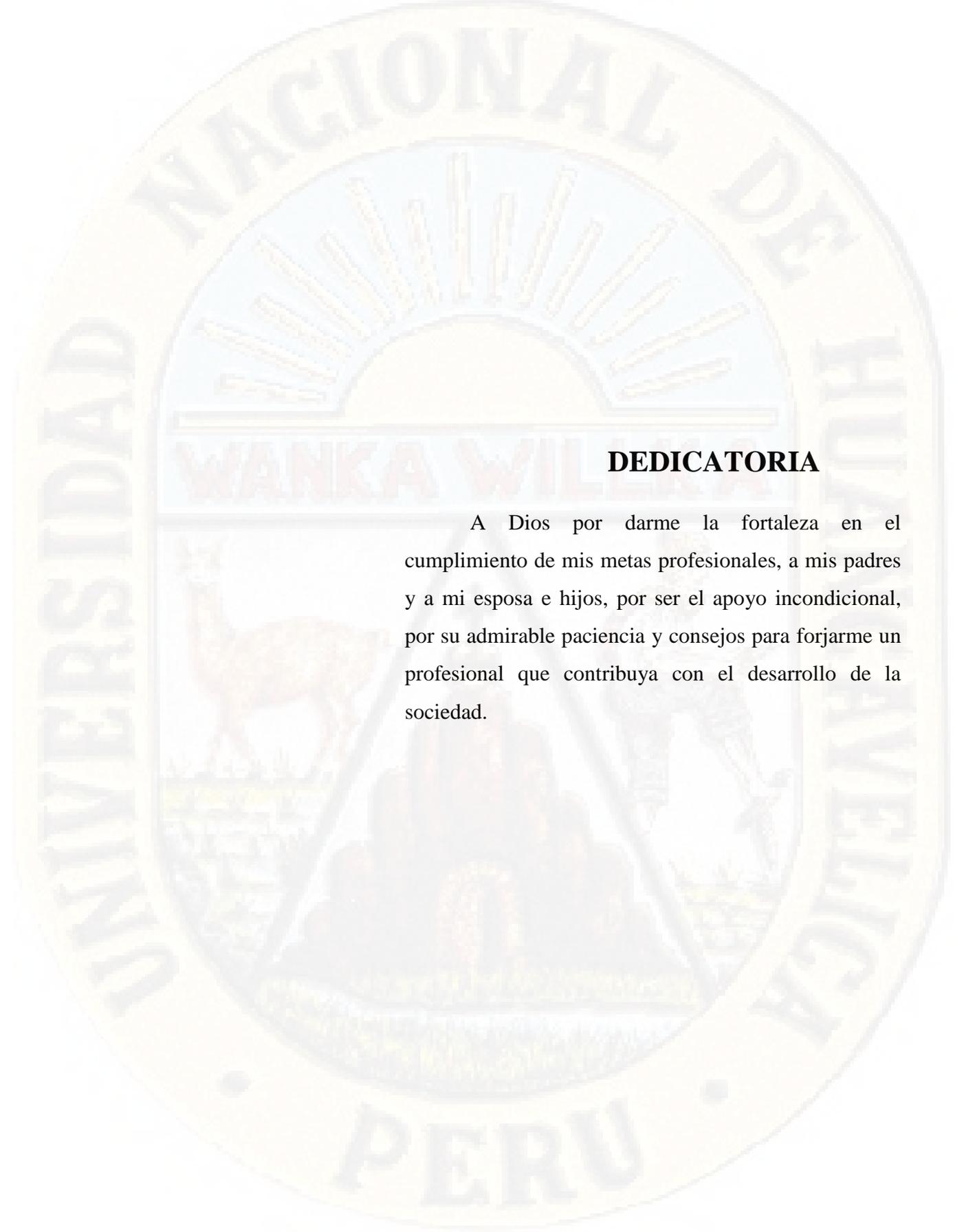
Con el calificado **APROBADO POR UNANIMIDAD**

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los dieciséis días del mes de octubre del año 2020.

.....  
**Dr. Humberto Guillermo GARAYAR TASAYCO**  
Presidente del Jurado.

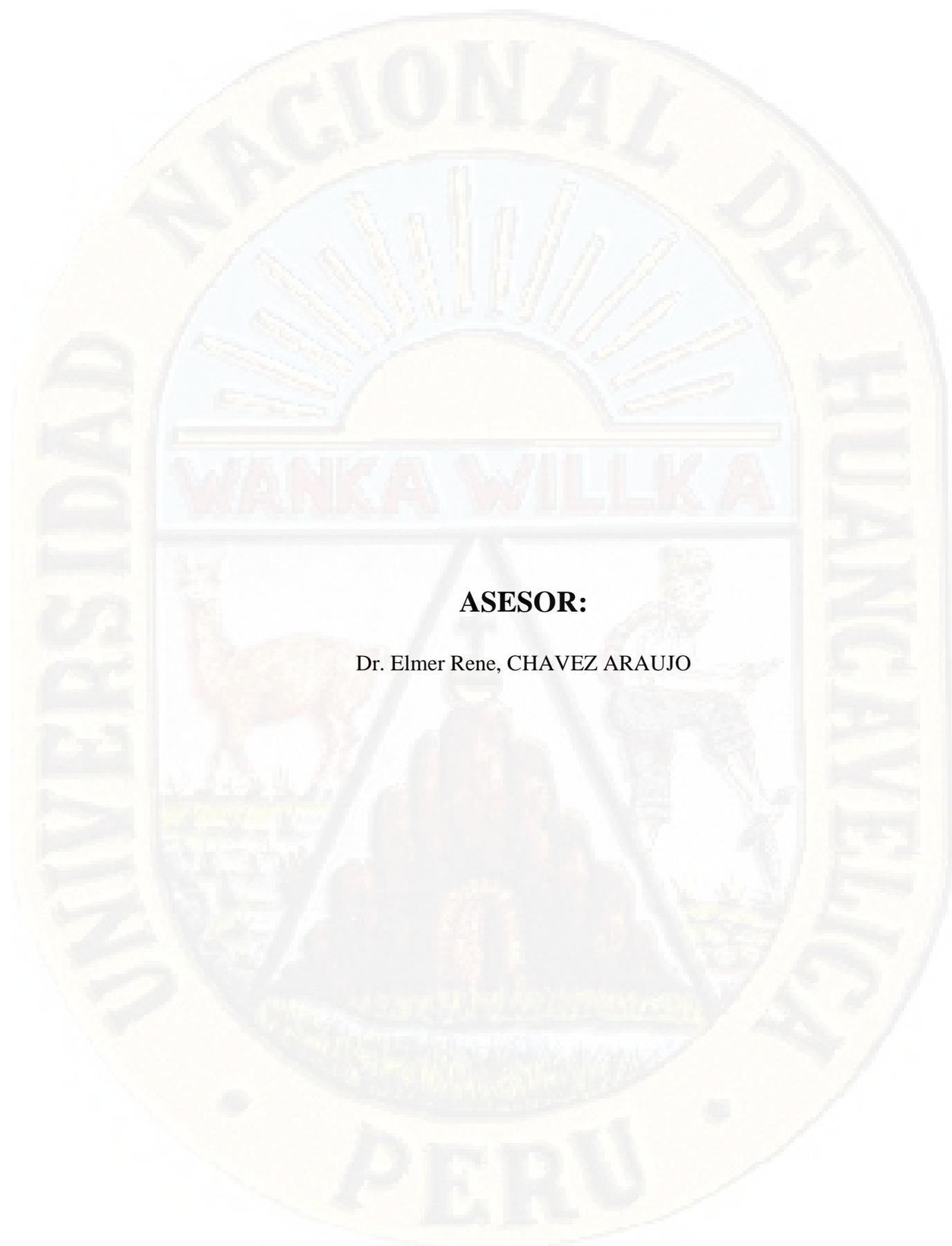
.....  
**Dr. Amadeo ENRIQUEZ DONAIRES**  
Secretario del Jurado

.....  
**Dr. Sólon Dante CARHUALLANQUI IBARRA**  
Vocal del Jurado



## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fortaleza en el cumplimiento de mis metas profesionales, a mis padres y a mi esposa e hijos, por ser el apoyo incondicional, por su admirable paciencia y consejos para forjarme un profesional que contribuya con el desarrollo de la sociedad.



**ASESOR:**

Dr. Elmer Rene, CHAVEZ ARAUJO

## RESUMEN

La presente investigación fue determinar la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica. Se establecieron 6 puntos de recolección de muestras de agua del río Ichu con respecto a los distintos usos que se le da durante su recorrido con 3 repeticiones. Los puntos fueron geo referenciados y la toma de muestras consistió en el uso de frasco de vidrio esterilizados, el recipiente se enjuagó con agua de la misma fuente y seguidamente se sumergió en forma inclinada en un ángulo de 30° y a una altura 20 cm de profundidad y posteriormente se trasladó al laboratorio. Se determinó los parámetros físicos, químicos y biológicos dentro de estos, la temperatura esta entre 14 a 18 °C, el pH se encuentra dentro de los límites permisibles 6.5 – 8.5 unidad de pH, los sólidos totales disueltos no superan el máximo límite de 1000 mg/L, el oxígeno disuelto se encuentra dentro de  $\geq 6$  mg/L pero a medida que baja las zonas urbanas del río Ichu baja ligeramente dentro del límite, la demanda bioquímica de oxígeno supera el máximo límite de 3 mg/L y la turbidez supera el máximo límite de 5 Unidad de Nefelometrica Turbiedad (UNT). Dentro de los parámetros químicos los nitratos se pueden observar que en el punto PM-1 se encuentra dentro de los límites de 10 mg/L N, pero en los puntos que se encuentran dentro de la ciudad superan los límites permisibles y los fosfatos supera el máximo límite de 0.1 mg/L P. Dentro del parámetro biológico los coliformes fecales se encuentra elevados; por lo tanto se concluye que superan algunos parámetros los ECAs para agua en la categoría 1; poblacional y recreacional (A1) aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, asimismo el ICA-NSF de los puntos de muestreo se encuentra en el rango calidad de agua de 26 a 50 en la escala de color naranja, con una clasificación de agua de mala calidad.

Palabras clave: bioquímica, química y calidad.

## ABSTRACT

The present investigation was to determine the water quality of the Ichu river in urban areas of the Huancavelica district 6 points of collection of water samples of the Ichu river were established with respect to the different uses that are given during its tour with 3 repetitions. The points were geo-referenced and the sampling consisted of the use of a sterilized glass bottle, the container was rinsed with water from the same source and then submerged in an inclined way at an angle of 30 ° and at a height 20 cm deep and subsequently moved to the laboratory. The physical, chemical and biological parameters were determined within these, the temperature is between 14 to 18 ° C, the pH is within the permissible limits 6.5 - 8.5 unit of pH, the total dissolved solids do not exceed the maximum limit of 1000 mg / L, the dissolved oxygen is within  $\geq 6$  mg / L but as the urban areas of the Ichu River go down it falls slightly within the limit, the biochemical oxygen demand exceeds the maximum limit of 3 mg / L and the turbidity exceeds the maximum limit of 5 Turbidity Nephelometric Unit (UNT). Within the chemical parameters, nitrates can be observed that at point PM-1 it is within the limits of 10 mg / LN, but at points within the city they exceed the permissible limits and phosphates exceed the maximum limit of 0.1 mg / L P. Within the biological parameter, fecal coliforms are elevated; therefore it is concluded that the ECAs for water in category 1 exceed some parameters; Population and recreational (A1) waters that can be treated with disinfection, also the ICA-NSF of the sampling points is in the water quality range of 26 to 50 on the orange scale, with a bad water classification quality.

Keywords: biochemistry, chemistry and quality.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	vii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación.....	4
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación .....	7
2.2. Bases teóricas .....	14
2.2.1. Calidad del agua.....	14
2.2.2. Usos del agua .....	16
2.2.2.1. Para consumo humano.....	16

2.2.2.2.	Para uso industrial .....	17
2.2.2.3.	Para uso agrícola.....	17
2.2.2.4.	Para uso publico .....	17
2.2.2.5.	Para uso recreativo .....	18
2.3.	Marco conceptual .....	18
2.3.1.	Parámetros Físicos, químicos y microbiológicos del agua superficial	18
2.3.2.	Factores que afectan la calidad de las aguas superficiales .....	22
2.3.2.1.	Factores naturales .....	22
2.3.2.2.	Factores antropogénicos .....	24
2.3.3.	Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua .....	26
2.3.4.	Índices de calidad de aguas (ICAs) .....	27
2.3.5.	Índices de la fundación nacional de saneamiento (NSF) .....	28
2.5.	Formulación de la hipótesis .....	32
2.5.1.	Hipótesis general .....	32
2.6.	Identificación de variables .....	32
2.6.1.	Variable dependiente.....	32
2.7.	Definicion Operativa de variables e indicadores.....	32
CAPÍTULO III.....		34
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		34
3.1.	Tipo de investigacion .....	36
3.2.	Nivel de investigacion .....	36
3.3.	Metodo de investigacion .....	36
3.3.	Diseño de investigacion .....	36
3.5.	Población, muestra y muestreo.....	36
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.7.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos .....	42

3.8.	Descripción de la prueba de hipótesis .....	42
CAPÍTULO IV .....		44
PRESENTACION DE RESULTADOS .....		44
4.1.	Análisis de la información.....	44
4.1.1.	Variación de la temperatura (T°) del agua del río Ichu de 6 puntos de monitoreo .....	44
4.1.2.	Variación del potencial de hidrógeno (pH) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo. ....	44
4.1.3.	Variación de sólidos totales disueltos (STD) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.....	46
4.1.4.	Variación del Oxígeno disuelto (OD) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo. ....	46
4.1.5.	Variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo. ....	47
4.1.6.	Variación de la turbidez del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo	48
4.1.7.	Variación de nitratos del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.	49
4.1.8.	Variación de Fosfatos del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.	49
4.1.9.	Variación de coliformes fecales (CF) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo. ....	50
4.2.	Prueba de hipótesis.....	61
4.2.1.	Contrastación de la hipótesis general <b>6;Error! Marcador no definido.</b>	
4.3.	Discusión de resultados .....	65
CONCLUSIONES .....		74
RECOMENDACIONES .....		74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		75
ANEXOS .....		83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Contaminantes antrópicos del recurso hídrico .....	25
Tabla 2. Fuentes de posible contaminación de las aguas de los ríos.....	26
Tabla 3. Defincion operativa de variables e indicadores .....	33
Tabla 4. Determinación de los puntos de monitoreo para la recolección de muestras. .....	38
Tabla 5. Hoja de calculo para el indice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-1) .....	52
Tabla 6. Hoja de calculo para el indice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-2) .....	53
Tabla 7. Hoja de calculo para el indice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-3) .....	55
Tabla 8. Hoja de calculo para el indice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-4) .....	56
Tabla 9. Hoja de calculo para el indice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-5) .....	57
Tabla 10. Hoja de calculo para el indice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-6) .....	59
Tabla 11. Test de normalidad de la calidad del agua del rio ichu .....	61
Tabla 12. Resumen de la prueba de T de Student .....	64
Tabla 13. Matriz de consistencia .....	83
Tabla 14. Instrumento de recoleccion de datos 1 .....	87
Tabla 15. Instrumento de recoleccion de datos 2 .....	88
Tabla 16. Instrumento de recoleccion de datos 3 .....	89
Tabla 17. Analisis estadistico para las variables en estudio.....	90
Tabla 18. Analisis de los 6 puntos de muestreo de la zona urbana del rio ichu....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Contenido

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Zona de intervención de la presente investigación .....	37
Figura 2. Puntos de monitoreo de la presente investigación.....	39
Figura 3. Determinación de la temperatura en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu .....	45
Figura 4. Determinación del Potencial de hidrogeno (pH) (ECA: 6,5 – 8,5), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu .....	46
Figura 5. Determinación de solidos totales disueltos (ECA: 1000 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.....	46
Figura 6. Determinación de oxígeno disuelto (valor mínimo ECA: $\geq 6$ mg/L)) en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu .....	47
Figura 7. Determinación de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) (ECA: 3 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu. ....	48
Figura 8. Determinación de la turbidez (ECA: 5 UNT), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.....	49
Figura 9. Determinación de Nitratos (ECA: 50 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.....	49
Figura 10. Determinación de fosfatos (ECA:0,1 mg/LP), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.....	50
Figura 11. Determinación de Coliformes fecales (ECA: 20 NMP/100 ml), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu .....	51
Figura 12. Variación del ICA-NSF en los seis puntos de muestreo. ....	59
Figura 13. Test de normalidad de calidad del agua del rio Ichu .....	61
Figura 14. Valores de T calculado para aceptar o rechazar la hipótesis nula .....	64
Figura 15. Monitoreo con GPS de los puntos de muestreo.....	94
Figura 16. Toma de muestra de agua de río Ichu.....	94
Figura 17. Medición de pH, temperatura, conductividad eléctrica.....	95

Figura 18. Puntos de recolección de la muestra.....	95
Figura 19. Equipo de monitoreo de parámetros químicos en el río Ichu .....	96
Figura 20. Intersección entre el río Ichu y el río Disparate.....	96
Figura 21. Recolección de muestra en el punto de muestreo.....	97
Figura 22. Recolección de muestras .....	97
Figura 23. Reporte de análisis de laboratorio.....	98
Figura 24. Reporte de análisis de laboratorio.....	105
Figura 25. Hoja de cálculo de ICA - NSF.....	112
Figura 26. Rango de calidad del agua según ICA NSF.....	112

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Contenido

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Matriz de consistencia .....	84
Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.....	87
Anexo 3. Análisis estadístico para la variable en estudio .....	90
Anexo 4. Análisis de los 6 puntos de muestreo de la zona urbana del río Ichu. ....	93
Anexo 5. Panel fotográfico. ....	94
Anexo 6. Reporte de análisis.....	98

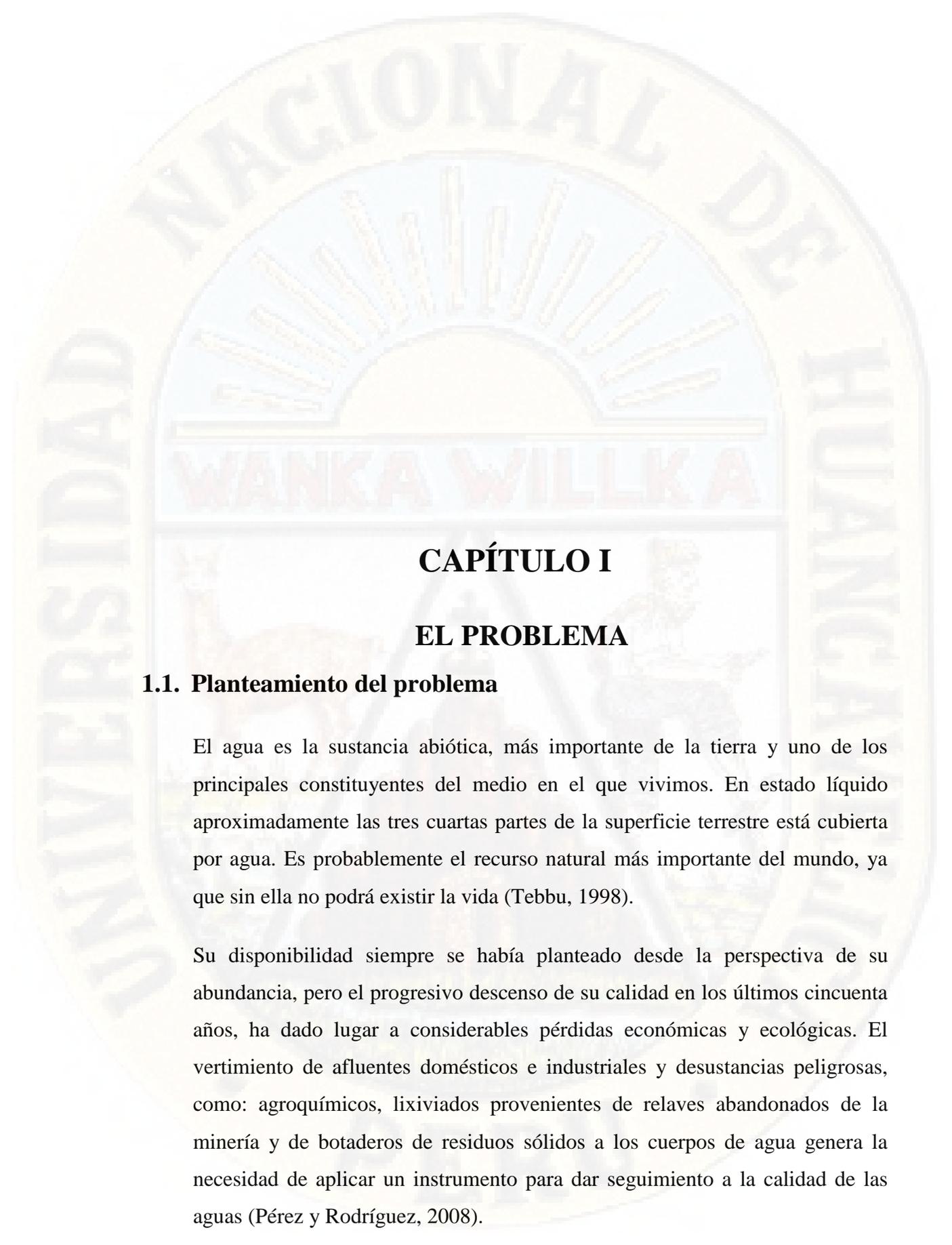
## INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia abiótica, más importante de la tierra y uno de los principales constituyentes del medio en el que vivimos. En estado líquido aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre está cubierta por agua (Tebbu, 1998).

La calidad de las aguas puede ser alterada como consecuencia de las actividades antropogénicas o naturales que producen efectos adversos que cambian su valor para el hombre y la biota. El vertimiento de afluentes domésticos e industriales y de sustancias peligrosas, como: agroquímicos, lixiviados provenientes de relaves abandonados de la minería y de botaderos de residuos sólidos a los cuerpos de agua genera la necesidad de aplicar un instrumento para dar seguimiento a la calidad de las aguas (BOE. 1996).

Es así que ocurre la contaminación del agua que afecta las plantas y organismos que viven en estos cuerpos de agua, y en la mayoría de los casos afecta dañando no solamente a las especies individuales y las poblaciones, así como en las comunidades biológicas (Balls, 1994). Por tanto, el Índice de Calidad del Agua (ICA), consiste básicamente en un conjunto de parámetros, las cuales son utilizados para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de las cuencas, comparando la calidad del agua de diferentes tramos de la misma cuenca además de compararlo con la calidad de agua de diferentes cuencas alrededor del mundo.

Es así, que ante frente a este problema se propone observar mediante los índices antes mencionados, cómo está la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, debido a que en su recorrido, las características ecológicas, geográficas, fisiográficas y biológicas, influyen en la variación de los parámetros del agua (Acosta *et al.*, 2009), abarcando diversidad de micro ecosistemas y factores antropomorfas que tendrían influencia directa sobre la calidad físico-química y microbiológica del agua (Branco y Murgel, M.S. 1984). Por tanto, es importante conocer la calidad del agua para posteriormente determinar su uso.



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

El agua es la sustancia abiótica, más importante de la tierra y uno de los principales constituyentes del medio en el que vivimos. En estado líquido aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre está cubierta por agua. Es probablemente el recurso natural más importante del mundo, ya que sin ella no podrá existir la vida (Tebbu, 1998).

Su disponibilidad siempre se había planteado desde la perspectiva de su abundancia, pero el progresivo descenso de su calidad en los últimos cincuenta años, ha dado lugar a considerables pérdidas económicas y ecológicas. El vertimiento de afluentes domésticos e industriales y desustancias peligrosas, como: agroquímicos, lixiviados provenientes de relaves abandonados de la minería y de botaderos de residuos sólidos a los cuerpos de agua genera la necesidad de aplicar un instrumento para dar seguimiento a la calidad de las aguas (Pérez y Rodríguez, 2008).

La contaminación de cuerpos de agua (ríos, lagos, océanos y agua subterránea) ocurre cuando los contaminantes son descargados directamente o indirectamente en cuerpos de agua sin un adecuado tratamiento que remueva los componentes dañinos. La contaminación del agua afecta plantas y organismos que viven en estos cuerpos de agua, y en la mayoría de los casos afecta dañando no solamente a las especies individuales y las poblaciones, así como en las comunidades biológicas. El agua de dichos cuerpos se ha contaminado mediante sustancias tóxicas como ácidas, solventes orgánicas, pinturas, metales y demás, derivados de actividades industriales, agrícolas, ganaderas, domésticas, dicha agua ya no es apta para el consumo. La descarga de contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua, también la construcción de presas, embalses y desviaciones de ríos pueden degradar seriamente su calidad (Heinke *et al*, 1999).

La calidad de las aguas puede ser alterada como consecuencia de las actividades antropogénicas o naturales que producen efectos adversos que cambian su valor para el hombre y la biota. En forma general, puede definirse la contaminación del agua como la alteración desfavorable que sufre, al incorporársele una serie de sustancias que cambian sus condiciones naturales de calidad, ocasionando grandes riesgos para la salud y el bienestar de la población (Branco-Murgel, 1984).

Por tanto, el Índice de Calidad del Agua (ICA), consiste básicamente en una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, las cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. Puede ser usado como marco de referencia único para comunicar información sobre la calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación (Canter, 1996).

Además, el ICA-NSF (Fundación de Sanidad Nacional, por sus siglas en inglés), es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua

en tramos particulares de las cuencas, comparando la calidad del agua de diferentes tramos de la misma cuenca además de compararlo con la calidad de agua de diferentes cuencas alrededor del mundo. Los resultados determinan si un tramo particular de una cuenca es saludable o no.

Es así, que ante frente a este problema se propone observar mediante los índices antes mencionados, cómo está la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, debido a que en su recorrido, las características ecológicas, geográficas, fisiográficas y biológicas, influyen en la variación de los parámetros del agua (Acosta *et al.*, 2009), abarcando diversidad de micro ecosistemas y factores antropomorfos que tendrían influencia directa sobre la calidad físico-química y microbiológica del agua (Shakir *et al.*, 2013). Por tanto, es importante conocer la calidad del agua para posteriormente determinar su uso.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ✚ ¿Cuáles son los parámetros que determinan la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ✚ ¿Cuáles son los parámetros físicos de T°, pH, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?
- ✚ ¿Cuáles son los parámetros químicos de nitratos y fosfatos de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?
- ✚ ¿Cuáles son los parámetros microbiológicos de coliformes fecales de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?
- ✚ ¿Cuál es la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas de Huancavelica, calculadas mediante el ICA-NSF?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- ✚ Establecer los parámetros que determinan la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✚ Determinar los parámetros físicos en T°, pH, sólidos totales disueltos, Oxígeno disuelto, Demanda bioquímica de oxígeno y Turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.
- ✚ Determinar los parámetros químicos en nitratos y fosfatos de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.
- ✚ Determinar los parámetros microbiológicos de coliformes fecales de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.
- ✚ Determinar la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas de Huancavelica, calculadas mediante el ICA-NSF.

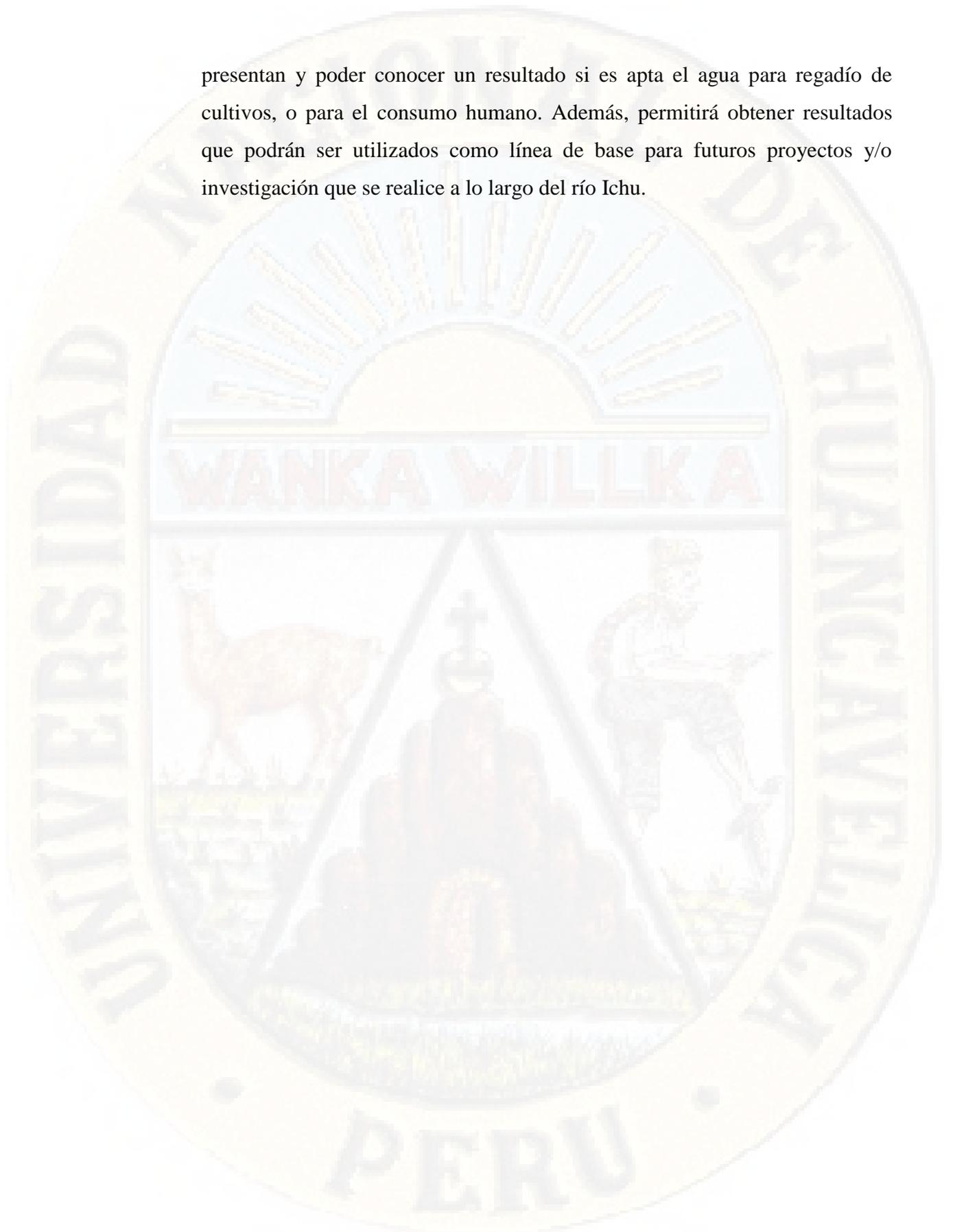
### **1.4. Justificación**

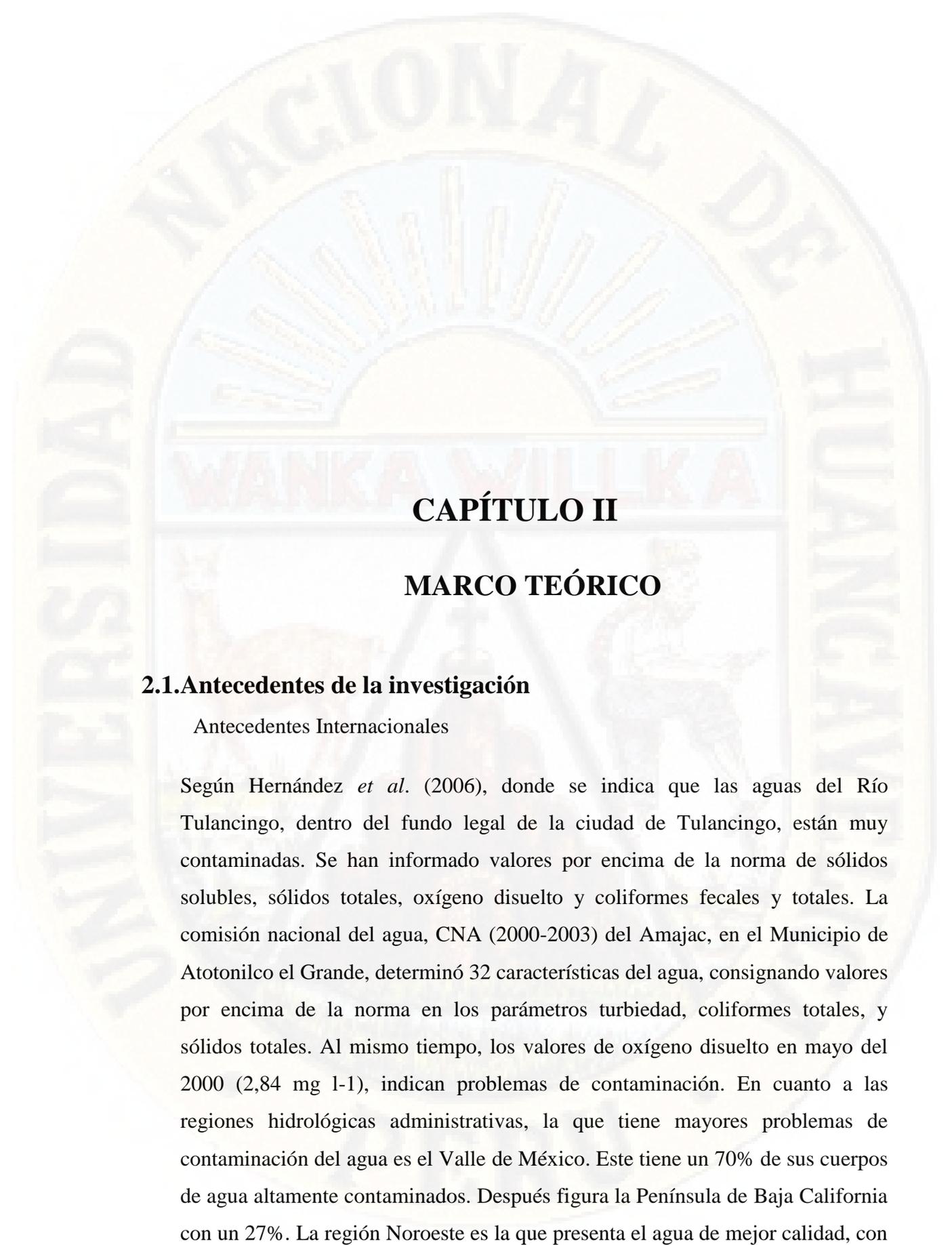
Existe una diversidad de razones que justifica el estudio, incluyendo magnitud del problema de contaminación del agua del río Ichu, consideraciones socioeconómicas que intervienen y la influencia del área de estudio en el desarrollo del distrito de Huancavelica. La microcuenca del río Ichu, posee gran importancia para el desarrollo de todas las actividades de las comunidades que utilizan el agua producida en ella; la misma ha sido por muchos años de valor económico para estas poblaciones, como ser consumo humano, actividades pecuarias, turismo, y conservación de ecosistemas, entre otros. En la actualidad el recurso hídrico está bajo presiones crecientes como consecuencia del crecimiento de la población, el incremento de las

actividades pecuarias y el establecimiento de asentamientos humanos en zonas no adecuadas, lo cual ha llevado a una competencia por los recursos limitados de agua dulce. Una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de superación de la pobreza, ha contribuido a personas que viven en condiciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso agua; las carencias de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del vital líquido. Según los actores, la causa de los problemas es la deforestación de los bosques, uso no adecuado del suelo, la falta de conciencia de conservación de los recursos naturales, y baja educación de los pobladores. Sobre las consecuencias del problema, casi todos coinciden en la contaminación e insalubridad existente como efecto inmediato de la degradación de los recursos. El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por el agua de calidad. Cada vez, la calidad del agua es más baja, lo que puede contribuir a transmitir gran cantidad de enfermedades diarreicas agudas (EDA) (Otero 2002). Estas constituyen uno de los principales problemas de salud en la población infantil en quienes ocasionan 3,2 millones de defunciones anuales en el mundo (Prieto et al. 1997). Cabe destacar que el monitoreo de la calidad del agua, pone al alcance de las autoridades sanitarias información sistemática y rápida sobre la causa de cualquier brote o epidemia, permitiendo saber qué medidas tomar en cada caso.

Por tanto, en la presente investigación se determinará el índice de calidad de las aguas (ICA-NSF) del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, a modo que si existe contaminación y en qué nivel, y además ver como se encuentra los diferentes contaminantes en las aguas del río, conocimiento que se obtendrá a través de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se hagan de sus aguas, determinando en que cantidad se

presentan y poder conocer un resultado si es apta el agua para regadío de cultivos, o para el consumo humano. Además, permitirá obtener resultados que podrán ser utilizados como línea de base para futuros proyectos y/o investigación que se realice a lo largo del río Ichu.



The logo of the Universidad Nacional de Huancayo is a large, semi-circular emblem. It features a central sun with rays, a banner with the text 'WANKA WILKA', and a figure on the right. The words 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO' are written around the perimeter of the emblem.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### Antecedentes Internacionales

Según Hernández *et al.* (2006), donde se indica que las aguas del Río Tulancingo, dentro del fundo legal de la ciudad de Tulancingo, están muy contaminadas. Se han informado valores por encima de la norma de sólidos solubles, sólidos totales, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales. La comisión nacional del agua, CNA (2000-2003) del Amajac, en el Municipio de Atotonilco el Grande, determinó 32 características del agua, consignando valores por encima de la norma en los parámetros turbiedad, coliformes totales, y sólidos totales. Al mismo tiempo, los valores de oxígeno disuelto en mayo del 2000 (2,84 mg l-1), indican problemas de contaminación. En cuanto a las regiones hidrológicas administrativas, la que tiene mayores problemas de contaminación del agua es el Valle de México. Este tiene un 70% de sus cuerpos de agua altamente contaminados. Después figura la Península de Baja California con un 27%. La región Noroeste es la que presenta el agua de mejor calidad, con

el 88% de sus cuerpos de agua en la categoría de aceptable. Los cuerpos de agua de las demás regiones están en la categoría de poco contaminadas (SEMARNAT, 2002). Al comparar los valores de ICA del año 2001 con los obtenidos en 1989, se observa que las regiones del Noroeste y Balsas mejoraron sensiblemente su calidad del agua. Por su parte, las regiones del Río Bravo, Cuencas Centrales, Pacífico Sur, Golfo Centro, Frontera Sur y Valle de México mostraron un mayor deterioro en la calidad de sus aguas.

Según Khan *et al.* (2004), indicaron que la aplicación del índice de calidad del agua fue avalada por el Consulado Canadiense como la medida ambiental es herramienta práctica para mostrar los resultados de manera integral de los parámetros: físicos, químicos, orgánicos y microbiológicos de las diferentes comunidades.

GuoQiang *et al.* (2004), valoraron el índice de calidad del agua en el río afluente del lago Erha, Yunnan, China. Sus resultados indicaron que la calidad del agua mostró un tremendo deterioro de 1971 a 1999. La fuente de contaminación provino de las descargas industriales y municipales. Cude (2001), consignó que el índice de calidad del agua de Oregon, es un número simple que expresa la calidad del agua por la integración de ocho variables, con el objeto de mostrar un método simple y consistente para expresar de calidad ambiental del agua.

Según Curcio y Comic (2002), formularon un criterio utilizando ecuaciones simples para estimar la calidad del agua. Estos autores usaron cinco parámetros microbiológicos sobre el reservorio del Gruza, Yugoslavia.

Tomazoni *et al.* (2003), sobre el Río Paraná, Brazil, reportaron que el agua de los afluentes: El Anta Gorda, Brinco y Jirau, fue considerada de buena calidad y podía ser usada para abastecimiento público después de tratamientos convencionales. Estos autores utilizando el índice de calidad del agua y los valores promedio de: coliformes fecales, pH, turbidez, sólidos disueltos totales, temperatura, dióxido de carbono, nitratos, alcalinidad y materia orgánica en sus estudios. De esta zona se han reportado algunos trabajos sobre la calidad del

agua, como los de Hernández *et al.* (2006), donde se indica que las aguas del Río Tulancingo, dentro del fundo legal de la ciudad de Tulancingo, están muy contaminadas. Se han informado valores por encima de la norma de sólidos solubles, sólidos totales, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales.

Según ShioWmey *et al.*, (2004), evaluaron el índice de calidad del agua, en el Río Keya, Taiwán, midiendo 13 variables dentro de tres aspectos: Orgánicos, partículas y microorganismos. Estos autores concluyeron que la aplicación de este nuevo índice provee más información para la evaluación de la calidad integral del agua que la se usaba anteriormente en Taiwán. GuoQiang *et al.* (2004), valoraron el índice de calidad del agua en el río afluente del lago Erha, Yunnan, China. Sus resultados indicaron que la calidad del agua mostró un tremendo deterioro de 1971 a 1999. La fuente de contaminación provino de las descargas industriales y municipales. Cude (2001), consignó que el índice de calidad del agua de Oregon, es un número simple que expresa la calidad del agua por la integración de ocho variables, con el objeto de mostrar un método simple y consistente para expresar de calidad ambiental del agua.

Según Herrera y Quintero (2009), de las aguas subterráneas de Venados y Caracolí - Cesar (Colombia); utilizaron como indicadores de contaminación a coliformes totales y coliformes fecales, cuyos resultados fueron: Coliformes totales 2600 UFC/100 ml, Coliformes fecales 2600 UFC/100 mL, mesófilos aerobios 2600 UFC/100mL, de esta manera demostraron que estas aguas no son aptas para el consumo humano.

Según Robles *et al* (2013), determinaron la calidad del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan – México, donde efectuaron seis muestreos y determinaron dos parámetros bacteriológicos y once fisicoquímicos, reportando los resultados de: turbidez (0.14 – 0.77NTU), pH (6.0 – 7.6), sólidos totales disueltos en mg/L (297 - 1198), sulfatos en mg/L (49.8 - 740), dureza total en mg/L (145 - 736), nitratos en mg/L (0.81 – 2.20), cloruros en mg/L (3.8 – 30.7), las pruebas bacteriológicas mostraron concentraciones de coliformes totales y fecales en todos los pozos. Asimismo, Vence et al (2009) en su estudio de aguas

subterráneas en La Paz y San Diego - Colombia en 2009; reportaron los siguientes resultados: conductividad (221  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - 5270  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH (6,71 - 8,2), temperatura (27,5  $^{\circ}\text{C}$  - 31,70  $^{\circ}\text{C}$ ), sólidos disueltos totales (120 mg/L - 2630 mg/L), turbidez (0 - 23,3 UPC), cloruros (0,0035 mg/L - 0,600 mg/L), nitratos (0,613 mg/L - 128,824 mg/L), dureza total (15 mg/L - 180 mg/L).

Jiménez (2013), en su estudio “Estimación de la Concentración de Nutrientes en Aguas Superficiales del Río Daule y Validación del Método de Cuantificación de Aniones en Agua por Cromatografía Iónica”, exhibe las actividades para la validación del método de ensayo “Cuantificación de Aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  por cromatografía iónica para una matriz de agua de río”, lo que ha dado como resultado un método estandarizado y validado. Con el objetivo de estimar los aportes de los iones  $\text{Cl}^-$  (cloruro),  $\text{NO}_2^-$  (nitrito),  $\text{NO}_3^-$  (nitrato),  $\text{PO}_4^{3-}$  (fosfato) y  $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfato), se presentan adicionalmente las actividades como toma de muestra en las 6 estaciones del río Daule, en la represa Daule – Peripa y en el sector Pichincha, el análisis de las muestras corrido en el equipo de cromatografía iónica Metrohm 883 y el análisis estadístico de sus resultados a un nivel de confianza del 95 %. Concluyendo que las concentraciones promedio de los aniones por sector y por tiempo obtenidos en este trabajo obedecen a efectos temporales ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), espaciales ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y ecológicos ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Los efectos temporales de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  estarían relacionados principalmente por los escurridos de la agricultura (Montaño y Robadue, 1995), mientras que los de  $\text{SO}_4^{2-}$  serían además espaciales. Las concentraciones de los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  a lo largo de todo el curso del río Daule, son significativamente menores de lo establecido en las normativas en relación al uso para potabilización.

Olgún et al. (2014), en su investigación “Contaminación de ríos urbanos: el caso de la subcuenca del río sordo en Xalapa, Veracruz, México”, realizado por el Instituto de Ecología, el objetivo de este trabajo fue realizar un primer diagnóstico de la calidad del agua en la subcuenca del río Sordo, localizada en el noroeste de la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, incluyendo el arroyo Papas

y el río Carneros (principales afluentes), con el fin de proponer estrategias encaminadas a promover el desarrollo urbano sustentable y al rescate de ríos urbanos en ciudades medias. En su resultado detalla que los nitratos, alcanzaron concentraciones en E1 de 10.50 mg/L y en E2 de 8.50 mg/L, que fueron las estaciones que mostraron los niveles más altos durante ambas épocas. Estos valores estuvieron cercanos al nivel máximo recomendado por la USEPA para ríos (10 mg/L). Sin embargo, se ha reportado que niveles desde 4 mg/L causan efectos negativos a los ecosistemas e incluso a la salud humana. Durante la época lluviosa se observó un descenso en los valores de este parámetro en todas las estaciones, encontrándose valores significativamente mayores durante la época de secas. Los fosfatos se encontraron en altas concentraciones durante la época seca, siendo estos valores significativamente mayores que los encontrados en época lluviosa. Las altas concentraciones se podrían asociar a las descargas puntuales de aguas negras y grises con residuos de detergentes ricos en fosfatos. Concluyendo que en general, la calidad del agua en la subcuenca del río Sordo se mantuvo en un intervalo de contaminada (40.14%).

#### Antecedentes nacionales

Según Contreras y col. (1996), realizaron un estudio comparativo para evaluar el establecimiento poblacional de *Pseudomonas aeruginosa* y Coliformes fecales en agua de consumo humano, encontrando que al aumentarla proporción entre *Pseudomonas aeruginosa* y Coliformes fecales, éstos últimos disminuyen, demostrando que los catabolitos de *Pseudomonas aeruginosa* (piocinas) tienen efecto bactericida sobre coliformes, principalmente *E. coli*, lo cual produciría su disminución o diseminación conduciendo a resultados erróneos en el control de calidad.

Según De Vicente (1991), estudiando la relación entre *Pseudomonas aeruginosa* y coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en playas marinas de Málaga, España, llegó a la conclusión de que los residuos domésticos son una mayor fuente de *Pseudomonas aeruginosa* habiendo una relación directa entre la densidad de *Pseudomonas aeruginosa* en los residuos domésticos y la

densidad de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en las aguas de río y mar, contaminadas por dichos residuos.

Según Mamani (1994), sobre contaminación bacteriológica del agua para consumo humano de pozos artesianos de los barrios urbano marginales de Juliaca encontró 1679.12 bacterias coliformes totales, con respecto a coliformes fecales en aguas superficiales, 1033.48 coliformes fecales/100 mL superando el límite máximo permisible, por consiguiente, se debe aplicar un tratamiento completo para el uso como agua de bebida.

Según Calsin (2016), en su investigación que se realizó en la ciudad de Juliaca, cuyos objetivos fueron determinar los parámetros físicos: conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos, turbidez; determinar los parámetros químicos: pH, dureza total, cloruros, nitratos y sulfatos; y determinar parámetros bacteriológicos: coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas en aguas subterráneas, donde concluye que los parámetros que excedieron los LMP fueron sulfatos, dureza total, coliformes totales y fecales, por lo tanto el agua de pozos artesanales y tubulares no son aptas para el consumo humano.

Vásquez (2015), en su estudio “Evaluación de la calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y algunos parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca, Pampas, Pallasca. Ancash. Perú 2014”, en la que analizó algunos parámetros físico-químicos tales como: pH, nitritos LR (mg/L), nitratos (mg/L), fosfatos (mg/L), cromo VI HR ( $\mu\text{g/L}$ ) y aluminio (mg/L), estableciendo 8 puntos de muestreo. Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos cumplen con lo establecido en el DS 002-2008-MINAM; a excepción de los fosfatos cuyas concentraciones sobrepasan los límites permisibles para el agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales; estos compuestos evidencian contaminación inorgánica, por descargas de aguas con residuos de detergentes y abonos orgánicos.

Ramírez (2015), en su estudio “Determinación de la calidad de agua del Centro Poblado Chicama, Distrito Chicama- La Libertad” realizado por la Universidad

Nacional de Trujillo, tuvo como objetivo cuantificar los niveles de contaminantes más frecuentes en aguas destinadas al consumo humano, en esta investigación se diseñó y ejecutó un monitoreo de agua para esta zona, se tomó muestras para análisis de parámetros fisicoquímicos, contenido de nitratos, cloruros, alcalinidad y dureza. Las muestras de dicha agua se encuentran en niveles aceptables de alcalinidad y en una categoría de aguas duras. Dichos análisis dieron una concentración de nitrato inferior a los límites de calidad válidos en el país a la fecha de estudio, pero cabe resaltar que es necesaria un oportuno sistema de tratamiento.

Chuquimbalqui (2017), en su tesis “Determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de vegetales, del distrito de Elías Soplín Vargas – Rioja” realizado por la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Tío Yacu en los usos, recreacional y riego de vegetales, mediante la determinación de los parámetros de temperatura, pH, turbiedad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO5 y coliformes fecales. Y comparar los resultados de los análisis físico-químicos y biológicos obtenidos, con los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental. Dando como resultados de las muestras (M1, M2, M3) en promedio de: oxígeno disuelto (8.94 mg/L), pH (7.39 pH), demanda bioquímica de oxígeno (0.59 mg/L), nitratos (0.76 mg/L), fosfatos (0.28 mg/L), temperatura (18°C), turbiedad (4.32 UTN) y sólidos totales disueltos (204.24 ppm) y coliformes fecales (44.56NMP/100mL). El cual concluye que el agua del río Tío Yacu, según el índice de calidad de agua es 82.69, la cual es catalogada como agua de buena calidad y los parámetros analizados cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua.

Pérez (2017), en su estudio “Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo” realizado en la Universidad José Carlos Mariátegui-Moquegua, tuvo como objetivo principal determinar el índice de calidad de agua

del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo. Dicho índice clasificó en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, calificada como excelente, buena, media, mala y muy mala. Para la evaluación se utilizó el indicador ICA NFS, el cual contempla nueve parámetros que son: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno. Para conocer las variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua se analizó la información obtenidas de la administración local del agua Moquegua, con dichos resultados se calculó el índice de calidad de Brown-NSF. En el río Moquegua antes del vertimiento presenta un ICA-NSF de 51,44 que representa calidad media y en el tramo después del vertimiento tiene un ICA-NSF de 44,18 que representa calidad mala. Los monitoreos realizados antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, superan los estándares de calidad ambiental con la categoría 3, en los parámetros de pH, fosfatos, DBO5, OD y coliformes termotolerantes, mientras que los demás parámetros evaluados se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Calidad del agua**

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También se puede definir por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. Las propiedades físicas del agua son las que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato, como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura. Por su lado, los parámetros químicos están relacionados con la

capacidad del agua para disolver diversas sustancias, entre las que podemos mencionar la alcalinidad, dureza, fluoruros, materia orgánica, oxígeno disuelto, metales y nutrientes. El agua puede aprovecharse de diferentes formas, cada una de las cuales exige una calidad de agua específica. Por ejemplo, por cuestiones de sanidad, la mayor preocupación se centra en el uso del agua para consumo humano, la cual debe tener una excelente calidad para evitar enfermedades. En este sentido, cada uso del agua exige unos requisitos mínimos relativos a su calidad, por lo que las concentraciones de las variables físicas, químicas y biológicas variarán según su tipo de aprovechamiento (Ramírez, 2010).

### **2.2.2. Marco legal para la evaluación de la calidad del agua**

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) D.S N° 004-2017-MINAN establece el nivel de concentración de elementos, o parámetros físicos, químicos y biológicos, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representen riesgos para la salud de las personas ni para el ambiente (EL PERUANO, 2017).

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental clasifican los cuerpos de agua del país respecto a sus usos, ya sean terrestres o marítimos. Para evaluar la calidad de las aguas de la quebrada situado en la localidad, se tomará como referencia la clasificación según la categoría 1: A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional). La Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 menciona que la protección de los recursos hídricos estuvo regulada anteriormente en el Perú por la Ley General de Aguas (Decreto Legislativo N° 17752 y sus modificaciones), desde el 31 de Marzo del 2009 entro en vigencia la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, que tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a ésta, promoviendo la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencias y sostenibilidad en la gestión por cuencas hidrográficas y

acuíferos, para la conservación e incremento de la disponibilidad del agua, así como para asegurar la protección de su calidad.

Posteriormente se publicó la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA promulgada por la Autoridad Nacional de Agua con vigencia hasta el 31 de marzo del 2010, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAN, en su artículo 8,1 establece que a partir del 1 de abril del 2010, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, son referente obligatorio para el otorgamiento de la Autorizaciones de Vertimiento; y en su artículo 3,1 indica que la Autoridad Nacional de Agua, a efecto de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto a su calidad, deberá utilizar las categoría establecidas en los ECA para agua vigentes, es por esto que la Dirección de Conservación y Parlamento de Recursos Hídricos propuso la clasificación de los cuerpos de agua tomando en cuenta el Decreto Supremo N° 202-2010-ANA (EL PERUANO, 2017)

### **2.2.3. Importancia del agua**

Según CEPIS (2007), menciona que el agua es una de las Sustancias más difundidas y abundantes en el planeta tierra. Correctamente se denomina al agua "el solvente universal" y es un raro caso de sustancia que está presente en nuestro entorno, en los tres estados físicos: gas, líquido y sólido. Es parte integrante de la mayoría de los seres vivientes, tanto animales como vegetales.

### **2.2.4. Usos del agua**

Se considera "uso" a cada una de las distintas clases de utilización del agua según su destino, cuya cantidad derivada del sistema hidrológico es tomada de los embalses o se extrae de los acuíferos (Hernández, 2005).

#### **2.2.4.1. Para consumo humano**

Se refiere al agua que se usa para cocinar, beber y para uso doméstico. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004), señala que 50 litros implican un acceso razonable al agua (18.25 m<sup>3</sup> al año/persona), lo que

asegura contar con buena higiene, mientras que entre 100 y 200 litros aseguran el acceso óptimo que permite cubrir las necesidades hídricas básicas (higiene, salud y seguridad alimenticia) del hombre.

#### **2.2.4.2. Para uso industrial**

Se refiere al agua que sirve como materia prima o bien ingrediente en manufactura y/o fabricación, para lavar materia prima y producto, para transporte de material, para producir vapor en calderas, como refrigerante o calefacción en procesos térmicos, como lubricante, etc. Se incluye a la industria que toma el agua que requiere directamente de los ríos y arroyos, lagos o acuíferos del país (Conagua, 2010).

#### **2.2.4.3. Para uso agrícola**

Se entiende por uso agrícola, a la aplicación de aguas nacionales para riego destinada a la producción agrícola (REPDA, 2010).

La agricultura es el sector que consume más agua, representando globalmente alrededor del 69 por ciento de toda la extracción, el consumo doméstico alcanza aproximadamente el 10 por ciento y la industria el 21 por ciento (FAO, 2003).

#### **2.2.4.4. Para uso público**

Se refiere al agua entregada a través de las redes de agua potable, las cuales abastecen a los usuarios domésticos (domicilios), así como a los diversos servicios conectados a dichas redes (incendios, fuentes, bebederos, etc.) (REPDA, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) señala que las necesidades básicas de agua se pueden cubrir con 20 litros por persona al día, aunque esta cantidad no asegura una buena calidad en la higiene; por su parte el Manifiesto del agua, propone un mínimo de 40 litros por persona al día como suministro básico.

#### **2.2.4.5. Para uso recreativo**

Se entiende la actividad no consuntiva del agua que genera un bienestar social, sociológico, estético, al existir una relación directa o indirecta con ella. Este uso ha sido considerado un uso secundario particularmente por su carácter no consuntivo y también debido a que sus beneficios no son muy aparentes y difícilmente se pueden medir.

### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1. Parámetros Físicos, químicos y microbiológicos del agua superficial**

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico, T°, sólidos totales disueltos, conductividad, pH (Samboni, 2007).

##### **2.3.1.1. Temperatura**

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste (Severiche et al, 2013).

Según Brock (1994), la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico de todas las entidades vivas. Los microorganismos como grupo (particularmente el

grupo de las bacterias) demuestran una capacidad extraordinaria para vivir y reproducirse a lo largo de un amplio rango de temperaturas (desde temperaturas bajo 0°C, hasta temperaturas que alcanzan los 113°C). Los microorganismos se han agrupado en cuatro categorías, a base de su rango de temperatura óptimo para el crecimiento. Las categorías son: psicrófilicos, mesófilicos, termófilicos e hipertermófilico.

#### **2.3.1.2. Sólidos totales disueltos**

Comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Están presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales (OMS, 2004).

#### **2.3.1.3. Oxígeno disuelto**

Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad del agua. El oxígeno es un elemento necesario para todas las formas de vida. Los torrentes naturales para los procesos de purificación requieren unos adecuados niveles de oxígeno para proveer para las formas de vida aeróbicas. Como los niveles de oxígeno disuelto en el agua bajen de 5.0 mg/l, la vida acuática es puesta bajo presión. A menor concentración, mayor presión. Niveles de oxígeno que continúan debajo de 1-2 mg/l por unas pocas horas pueden resultar en grandes cantidades de peces muertos (CEPIS, 2007).

#### **2.3.1.4. pH**

Es una medida de qué tan ácida o básica es el agua. Al tener un pH de 7 se dice que el agua es neutra. Valores menores a 7 son ácidos y aquellos mayores a 7 son básicos. Los ácidos orgánicos débiles bajan

ligeramente el pH del agua. El pH es afectado por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el cual forma en el agua un ácido orgánico débil llamado ácido carbónico. Los ácidos minerales fuertes (Ej. Ac. Sulfúrico, nítrico y clorhídrico), pueden bajar el pH a niveles letales para la vida acuática (CEPIS, 2007).

#### **2.3.1.5. Nitratos**

Los nitratos están presentes naturalmente en suelos, agua, vegetales y animales. Los niveles en suelos cultivados y en agua se ven incrementados por el uso de fertilizantes nitrogenados. Son iones que existen de manera natural y que forma parte del ciclo de nitrógeno.

Compuesto orgánico nitrogenado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) (Marcelo, 2013)

#### **2.3.1.6. Fosfato total**

Los fosfatos son nutrientes para las plantas. Tienen aplicaciones industriales diversas y como fertilizantes. Los vertidos de fosfatos a las aguas naturales pueden causar eutrofización. De la utilización de los fosfatos y nitratos, presentes en la materia orgánica de la basura, de los detergentes hechos a base de fosfatos ocurre el proceso eutrofización, que son arrastrados o arrojados a los ríos y lagos son un problema muy grave para las aguas estancadas cerca de los centros urbanos o agrícolas. Durante las épocas cálidas la sobrecarga de estos productos químicos, que sirven de nutrientes, genera el crecimiento acelerado de vegetales como algas, cianobacterias, lirios acuáticos y lenteja de agua, las cuales al morir y ser descompuestas por las bacterias aeróbicas provocan el agotamiento del oxígeno disuelto en la capa superficial de agua y causan la muerte de los diferentes tipos de organismos acuáticos que consumen oxígeno, en las aguas de los lagos y ríos. Lago eutrófico es aquel de poca profundidad y poco contenido de oxígeno disuelto cual baja de 9 mg/l a 4 mg/l lo cual afecta negativamente y de inmediato a

los organismos. Cuando el nivel baja a 2 mg/l todos los animales han muerto y Hay una significativa elevación de la DBO (Acosta, 2009).

#### **2.3.1.7. Turbidez**

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm (nanómetros) de diámetro. La turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez. La turbidez se puede medir con varias diversas técnicas, esto demuestra la resistencia a la transmisión de la luz en el agua. (APHA,2005).

#### **2.3.1.8. Demanda bioquímica de oxígeno**

DQO es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L y se emplea un oxidante (dicromato potásico) que se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo, la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO5 El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente, y su contenido es de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico (hierro ferroso, nitritos, amoniac, sulfuros y cloruros). (APHA, 2005).

### **2.3.1.9. Microorganismos coliformes**

Así también las bacterias representan la causa de varias enfermedades gastrointestinales en los seres humanos. La OPS (1988) menciona que diversas enfermedades causadas por estos microorganismos son transmitidas dentro de los miembros de una misma especie, sin embargo, existen bacterias que pueden pasar esta frontera biológica, por ejemplo, a través de las heces de los animales. Entre estas bacterias una de las más conocidas es *Escherichia coli*. Esta particularidad le brinda una alta movilidad, impactando la salud de los seres humanos expuestos al agua contaminada con estiércol (OPS, 1988)

De acuerdo a los estándares peruanos el abastecimiento con agua no entubada tiene un valor recomendado de 0 UFC 100 ml<sup>-1</sup> y un máximo admisible de 10 UFC 100ml<sup>-1</sup> para coliformes termotolentantes o fecales (OPS, 1988)

## **2.3.2. Factores que afectan la calidad de las aguas superficiales**

### **2.3.2.1. Factores naturales**

Para entender cómo el hombre modifica las características de las aguas hay que determinar cuáles son los factores naturales que definen dichas características. Si tenemos en cuenta el ciclo hidrológico, el agua interacciona con gases, líquidos y sólidos presentes en la naturaleza. Para Bricker y Jones (1995), existen dos factores físicos que son de particular importancia en la composición de las aguas naturales: - el tiempo de residencia: cuanto mayor sea el tiempo que el agua permanece en contacto con un determinado material tendrá más oportunidades de interactuar con dicho material. - los caminos o rutas que sigue el agua en el sistema: estos caminos determinan las características de los materiales con los que el agua interactúa. Así, la composición de las aguas naturales está dominada principalmente por la atmósfera y las rocas que forman la corteza terrestre. A pesar de ello no

hay que olvidar el papel que realiza la biota que interviene física y químicamente en multitud de reacciones que tienen lugar en el medio acuático. Así pues, dentro de los factores naturales que afectan a la composición de las aguas se podría hablar de tres tipos de factores: atmosféricos, geológicos y biológicos.

**A. Factores atmosféricos:** A través de la atmósfera se produce el transporte de materiales de unas zonas a otras siendo posteriormente depositados, ya sea por vía seca o húmeda. Por ejemplo, Scheren y col. (2004) presentan datos del aporte de nitrógeno y fósforo por estas vías en el lago Ebrié. Durante el año 2000 estimaron aportes de nitrógeno al lago de hasta 1742 toneladas anuales a través de la deposición húmeda y de 3483 por vía seca, mientras que el aporte de fósforo fue de hasta 130 y 260 toneladas anuales respectivamente. En cuanto a la lluvia y otras formas de deposición húmeda, su composición depende en gran medida de las características del aire. Así en zonas industrializadas poseen un alto contenido de sulfatos, nitratos y un pH alto debido a la contribución de los combustibles fósiles. Además, las aguas de lluvia poseen un importante papel en la erosión de los compuestos sólidos, por lo que van a estar fuertemente ligadas a los factores geológicos.

**B. Factores geológicos:** Las reacciones de erosión entre las aguas naturales y los minerales que forman las rocas de la corteza son las principales responsables de la composición de las aguas naturales no contaminadas. En este sentido, Neal y col. (2000a) señalan que en el río Pang (Inglaterra) la mayor fuente natural de fósforo es la meteorización de las apatitas y encuentran que la concentración de fósforo presente en distintos cursos de agua de Nueva Zelanda está relacionada con las características geológicas de la cuenca. En el valle León Guanajuato (México) se ha detectado cromo en las aguas subterráneas procedente de las unidades ultramáficas que forman la Sierra de Guanajuato, debido a la liberación de este metal ocasionada por la tectónica pasada y presente

y sucesos hidrotermales (Robles-Camacho y Armienta, 2013). Como se ha mencionado anteriormente en una gran parte de los casos la atmósfera interactúa igualmente con las rocas para modificar las características de las aguas. Así, en la época de lluvias los suelos son lavados por ellas de modo que arrastran una multitud de sólidos y elementos disueltos que pueden llegar a los ríos y por consiguiente al mar. Por mencionar han descrito que la lluvia es el factor que más influye en la variabilidad de las concentraciones de nitratos en el río Vilaine (Francia), ya que este nutriente se asocia con lixiviados del suelo durante los inviernos lluviosos.

**C. Factores biológicos:** Muchos organismos acuáticos tienen la capacidad de modificar físicamente el suelo en el que viven. Además, pueden tomar ciertos compuestos químicos del medio y excretar otros distintos, modificando de este modo la composición química de las aguas al producir cambios en el pH, potencial redox, etc. En este sentido, Balls (1994) describe claras diferencias estacionales en las concentraciones de nitratos en los estuarios de los ríos Tweed y Dee (Escocia) atribuidas a la actividad biológica, presentando un máximo durante el invierno, cuando dicha actividad es mínima.

#### **2.3.2.2. Factores antropogénicos**

Para entender el modo en que las actividades humanas afectan a las aguas superficiales y subterráneas se debe tener en cuenta que los aportes antropogénicos pueden tener un origen muy diverso. Por un lado, están las denominadas fuentes puntuales, como la descarga de efluentes de aguas residuales tratadas o de los efluentes procedentes de actividades industriales y cuyo origen está geográficamente bien delimitado, por lo que resulta más sencillo realizar un seguimiento de los cambios que producen en el medio receptor. Por otro lado, existen las fuentes no puntuales o difusas, debidas principalmente a las escorrentías procedentes de zonas urbanas y agrícolas, al aporte de

aguas subterráneas contaminadas, a la deposición atmosférica o al uso recreativo de los cursos de aguas. Los efectos producidos por estos aportes no puntuales pueden abarcar una zona geográfica extensa no delimitada, por lo que son más difíciles de controlar. En la tabla I.1 se muestran algunas de estas fuentes que influyen en la calidad de las aguas, así como los efectos que pueden producir y los contaminantes más característicos de cada una de ellas (Robson y Neal, 1997a).

**Tabla 1**

*Contaminantes antrópicos del recurso hídrico.*

Tipo de contaminante		Causas	Efectos
<b>Físicos</b>	Térmico	Vertimientos industriales	Al elevar la temperatura ( $^{\circ}$ T), se reducen los niveles de oxígeno disuelto, incrementa las actividades biológicas y químicas, y pone en riesgo la existencia de fauna susceptible a cambios de $^{\circ}$ T.
	Sólidos suspendidos	Vertimientos industriales, arrastre de material, procesos erosivos	Depósito en cuerpos hídricos alterando, por ejemplo, el nivel de profundidad. Incremento del nivel de turbidez.
	Aceites y grasas	Derrames y vertimientos industriales y domésticos	Puede llegar a inhibir el crecimiento de flora y fauna al evitar la absorción de oxígeno. Altera las propiedades organolépticas del agua.
<b>Químicos</b>	Fosfatos	Fertilizantes, detergentes y vertimientos industriales	Responsables del proceso de eutrofización en cuerpos de agua lénticos, lo que disminuye la concentración de oxígeno disuelto.
	Nitratos	Fertilizantes nitrogenados, descomposición de materia orgánica y vertimientos industriales	
	Plomo	Baterías, cables eléctricos, redes de tuberías, vertimientos industriales	Tóxico para la salud humana. Metal bioacumulable.
	Ácidos	Vertimientos industriales	Medidas extremas de acidez o alcalinidad pueden ser nocivas para la fauna y la flora.
<b>Biológicos</b>	Microbiológicos	Vertimientos industriales y domésticos, actividades pecuarias	Microorganismos patógenos causan enfermedades en seres humanos y animales

**Tabla 2***Fuentes de posible contaminación de las aguas de los ríos.*

FUENTES PUNTUALES		FUENTES DIFUSAS	
<i>Origen</i>	<i>Contaminante</i>	<i>Origen</i>	<i>Contaminante</i>
Aguas residuales	Nutrientes, detergentes, D.B.O., sólidos en suspensión, cloruro, metales y orgánicos.		Nitratos (fertilizantes)
	D.B.O., sólidos en suspensión	Agrícola	Microorganismos (pesticidas)
	Orgánicos, metales, pH extremos (Químicas/Petroquímicas)		Sólidos en suspensión y sílice (erosión)
Industrial	Nitratos, amonio, fosfatos, bajadas de pH (Procesadoras de comida)		D.B.O., amonio, fosfatos, sólidos en suspensión (escorrentías)
	Pesticidas, detergentes, sulfito (Textiles)	Geológico	Calcio, magnesio, silicio (Meteorológico)
	Metales (Metalúrgicas)		
	Varios (Industria ligera)		
Minas/vertederos	Orgánicos, metales, acidez, sólidos en suspensión		Metales, sedimentos (Minería histórica)

**2.3.3. Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua**

Según el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el ECA (Estándares de calidad ambiental para agua) no es otra cosa, que la medida que establece el nivel o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpos receptores, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. Según el parámetro particular a que se refiera, la concentración o grado podrá expresarse en máximos, mínimos o rangos. Establece concentraciones de elementos, sustancias o parámetros que puede contener el agua sin afectar la calidad del recurso para determinados usos específicos. Los estándares se establecen de acuerdo a cuatro categorías: Poblacional y

Recreacional, con tres subcategorías cuando las aguas son destinadas para la producción de agua potable y dos subcategorías cuando las aguas son destinadas para la recreación (contacto primario y secundario. No encontramos una definición de ambas subcategorías); Aguas para actividades marino costeras con tres subcategorías, Aguas para riego de vegetales y bebida de animales y Aguas para la conservación del ambiente acuático que tiene las subcategorías de lagunas y lagos, ríos de costa y sierra, ríos de selva, estuarios y ecosistemas marinos (MINAM, 2008).

#### **2.3.4. Índices de calidad de aguas (ICAs)**

Según Brown et al., (1972) desarrollaron, por primera vez, una metodología para crear un índice de calidad de agua debido a la necesidad de implantar un método uniforme que pudiera mediar la calidad del agua. Esta proporciona los efectos desfavorables de la contaminación al hombre y a la vida acuática. Además, como es característico de los índices, permite evaluar los cambios de la calidad del agua. Para evitar la subjetividad al momento de seleccionar los constituyentes, su escala de valores y el peso de cada parámetro, la metodología incorpora los métodos DELPHI.

De acuerdo con Ball y Church, (1980), los índices de calidad de agua se organizan en 10 categorías dentro de 4 grupos. Las categorías están orientadas de acuerdo con su uso.

- Grupo 1: se aplica a tensores e incluye dos categorías:
  - Los indicadores en la fuente: los cuales reportan la calidad del agua, generada por tensores en fuentes discretas.
  - Los indicadores en un punto diferente a la fuente: reportan la calidad del agua generada por fuentes difusas.
- Grupo 2: mide la capacidad de estrés e incluye 4 categorías:

- Medidas simples como indicadores: incluyen muchos atributos y componente individuales del agua, que pueden ser usados como indicadores de su calidad.
- Los indicadores basados en criterios o estándares: los que correlacionan las medidas de calidad de agua con los niveles estándar o normales que han sido determinados para la preservación y usos adecuados del agua
- Los índices multiparámetro: son determinados por las opiniones colectivas o individuales de expertos.
- Los índices multiparametro empíricos: son establecidos por los usos de las propiedades estadísticas de más mediciones de calidad del agua.
  - o Grupo 3: incluye la categoría única de indicadores para lagos específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.
  - o Grupo 4: sobre las consecuencias: incluye 4 categorías:
    - Indicadores de la vida acuática: basados en las diferentes relaciones de tolerancia de la biota acuática a varios contaminantes y condiciones.
    - Indicadores del uso del agua: evalúan la compatibilidad del agua con usos como, abastecimiento y agricultura.
    - Indicadores basados en la percepción: los cuales se determinan por las opiniones del público y los usos de los cuerpos de agua.

### **2.3.5. Índices de la fundación nacional de saneamiento (NSF)**

El Índice de Calidad de Agua National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, fue establecido por medio del uso de la técnica de investigación DelpHi de la “Rand Corporation's” (Ball y Church, 1980). Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. El INSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro, y se basó en tres estudios:

- En el primero, se probaron 35 variables de contaminación incluidos en el índice; los expertos opinaron sobre ellos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una calificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa. Igualmente tuvieron la oportunidad de incluir más variables (Brown *et al.*, 1970).
- En un segundo estudio, se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos, de tal manera que se modificaran las respuestas si se determinaba conveniente. Como resultados de este segundo estudio, nueve fueron las variables identificadas de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO5, nitratos, fosfatos, desviación de la temperatura, turbidez y sólidos totales.
- Finalmente, en el tercer estudio, los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de una curva de valoración para cada variable. Los niveles de Calidad de Agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Cada participante realizó la curva que pensó que representaba la variación de la calidad del agua, causada por el nivel de contaminación de las variables. Estas curvas fueron conocidas como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función (Brown *et al.*, 1970).

### **2.3.6. Formulaciones y cálculo del Índice NSF**

El establecimiento de los valores para los subíndices, fue una tarea crítica. Era importante que los pesos sumaran uno, con la atenuante de tener en cuenta las valoraciones dadas por los expertos. Para lograr esto, se calcularon promedios aritméticos de las valoraciones para todas las variables; los pesos temporales eran calculados dividiendo la importancia de cada parámetro sobre la valoración del peso de la variable de mayor importancia, es decir, el oxígeno disuelto. Así, los pesos temporales eran divididos individualmente entre la

suma de los pesos temporales, lo que produjo los pesos finales. Estos pesos fueron: oxígeno disuelto, 0.17; Coliformes fecales, 0.15; pH, 0.12; DBO5, 0.10; nitratos, 0.10; fosfatos, 0.10; Desviación de temperatura, 0.10; turbiedad, 0.08; y sólidos totales, 0.08 (OTT,1978).

Para calcular el índice de calidad del agua agregado, se usa una suma lineal ponderada de los subíndices o una función de agregación del producto ponderado. El NSF usó una suma lineal ponderada. El resultado de su aplicación, debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente. Esto encaja con el concepto del público general de valoraciones. La primera ecuación del índice fue un promedio geométrico ponderado:

$$WQI = \sum S_i W_i$$

Dónde:

- WQI: índice de Calidad de Agua
- $S_i$ : Subíndice del Parámetro  $i$
- $W_i$ : Factor de Ponderación para el Subíndice  $i$

Mientras la suma lineal ponderada se usa ampliamente, la agregación del producto ponderado, evita eclipsar el resultado, porque si un sub-índice es cero, entonces el índice es automáticamente cero. (Brown *et al.*, 1970).

### **2.3.7. Usos de los índices**

Los índices pueden ser usados para mejorar o aumentar la información de la calidad del agua y su difusión comunicativa, sin embargo, no pretenden reemplazar los medios de transición de la información existente. De acuerdo con OTT (1978), los posibles usos de los índices son seis.

- Manejo de los recursos, en este caso los índices pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- Clasificación de áreas, los índices son usados para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- Aplicación de normatividad, en situaciones específicas y de interés, es posible determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes
- Análisis de la tendencia, el análisis de los índices en un periodo de tiempo, pueden mostrar si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando.
- Información pública, en este sentido, los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- Investigación científica, tiene el propósito de simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales.

#### **2.4. Marco filosófico**

El empirismo es un movimiento filosófico cuyas ramificaciones son múltiples. El único rasgo común a todas ellas es no admitir más que un medio de conocimiento: la experiencia. Para esta doctrina, el origen de nuestros conocimientos no está en la razón, sino en la experiencia, ya que todo el contenido del pensamiento, primero ha tenido que pasar por los sentidos. (Salazar J, 2008). El método experimental y la ciencia empírica, el interés por hallar un método adecuado para dirigir el pensamiento debía ser experimental e inductivo. La ciencia no puede basarse en hipótesis o presupuestos no contrastados con la experiencia. La validez de las teorías científicas depende de su verificación empírica, salvo en las matemáticas,

que no versan sobre hechos, sino sobre nuestras propias ideas y sus leyes de asociación. El recurso agua dulce, para distinguirla de las aguas saladas y salobres, oceánicas y estatutarias, radica en ser componente esencial de la hidrosfera terrestre y un aparte indispensable de todos los ecosistemas terrestres. En el aspecto ambiental, lo sobresaliente de este recurso es el ciclo hidrológico, incluidos los períodos de inundaciones y sequías. Por otra parte, el cambio climático global y la contaminación atmosférica también pueden tener un impacto en los recursos de agua dulce y su disponibilidad (Pérez C., 2008)

## **2.5. Formulación de la hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis general**

- ✚ La calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, según los parámetros evaluados es mala.

## **2.6. Identificación de variables**

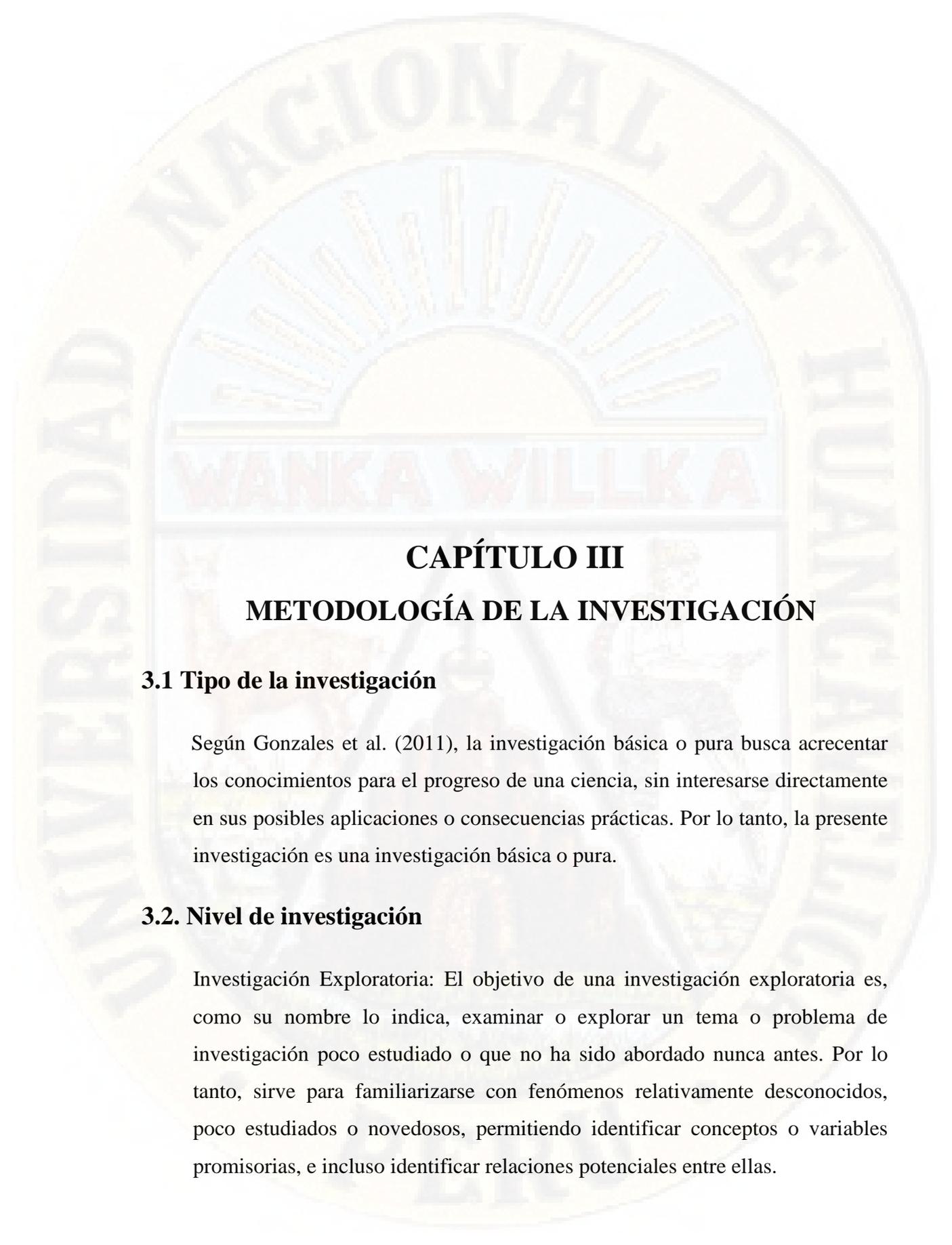
### **2.6.1. Variable dependiente**

- ✚ Calidad del agua del río Ichu

## **2.7. Definición Operativa de variables e indicadores**

**Tabla 3***Definición operativa de variables e indicadores*

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Valorización
Variable 1 (V <sub>1</sub> /X): Calidad de agua del río Ichu.	La evaluación de la calidad del agua ampliamente utilizada, es difícil de definir, se basa en muchos casos en análisis físico, químico y biológico.	Parámetros físicos, químicos y biológicos.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Temperatura</li><li>- Sólidos totales disueltos.</li><li>- pH.</li><li>- Oxígeno disuelto.</li><li>- DBO<sub>5</sub></li><li>- Nitratos</li><li>- Fosfatos totales</li><li>- Turbidez</li><li>- Coliformes fecales.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- °C</li><li>- mg/l.</li><li>- Unidad</li><li>- mg/l.</li><li>- mg/l.</li><li>- mg/l.</li><li>- mg/l.</li><li>- NTU</li><li>- NMP/100 ml.</li></ul>



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de la investigación**

Según Gonzales et al. (2011), la investigación básica o pura busca acrecentar los conocimientos para el progreso de una ciencia, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas. Por lo tanto, la presente investigación es una investigación básica o pura.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Investigación Exploratoria: El objetivo de una investigación exploratoria es, como su nombre lo indica, examinar o explorar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado nunca antes. Por lo tanto, sirve para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, poco estudiados o novedosos, permitiendo identificar conceptos o variables promisorias, e incluso identificar relaciones potenciales entre ellas.

La investigación exploratoria, también llamada formulativa (Selltiz), permite conocer y ampliar el conocimiento sobre un fenómeno para precisar mejor el problema a investigar. Puede o no partir de hipótesis previas, pero al científico aquí le exigimos flexibilidad, es decir, no ser tendencioso en la selección de la información. En la investigación exploratoria se estudian qué variables o factores podrían estar relacionados con el fenómeno en cuestión, y termina cuando uno ya tiene una idea de las variables que juzga relevantes, es decir, cuando ya conoce bien el tema.

### **3.3. Método de investigación**

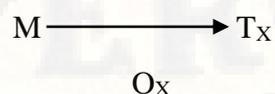
Según Gonzales et al. (2011), el método descriptivo consiste en el análisis e interpretación de los datos que han sido reunidos con un propósito definido, el de comprensión y solución de problemas importantes. Dándose el acopio de dato, organización de datos, análisis de los datos y derivar conclusiones significativas. Y 42 también se utilizará el método hipotético deductivo para contrastar la hipótesis y así validar su veracidad o no. Por lo tanto, la presente investigación utiliza el Método Descriptivo e hipotético deductivo.

### **3.4. Diseño de investigación**

Según Hernández et al. (2010), es un diseño no experimental ya que la investigación que se realiza, es sin manipular deliberadamente las variables, solo se observa el fenómeno tal como se dan en su entorno natural.

Ya que tiene como objetivo indagar la incidencia de una o más variables en una población, consiste básicamente en ubicar en una o diversas variables (personas, objetos, situaciones, etc.) y así proporcionar su descripción.

Por lo tanto, la presente investigación tiene un diseño de investigación Descriptivo – Longitudinal.



Donde:

M: Muestra representativa de agua

T<sub>x</sub>: Tiempo en meses

O<sub>x</sub>: Observaciones de contaminantes biológicos, químicos y físicos.

### **3.5. Población, muestra y muestreo**

#### **3.5.1. Población**

La población para la presente investigación será la cuenca del río Ichu, siendo su nacimiento en el Nevado de Chonta y desembocando en el Río Mantaro.

#### **3.5.2. Muestra:**

La selección de la muestra es del tipo no probabilística, considerando como muestra 6 zonas del río correspondientes a los distritos de Huancavelica y Ascensión, desde Chuñuranra hasta la altura del puente de Santa Rosa. Para lo cual, los puntos de muestreo o monitoreo se consideró de acuerdo a los criterios del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA). (Figura 1).



- Un punto de monitoreo por debajo de fuentes contaminantes puntuales y difusas. En cuencas hidrográficas densamente pobladas es necesario la priorización de los puntos de monitoreo, estableciendo puntos representativos por tipo de fuente contaminante.

Los puntos de muestreo o monitoreo identificados son los siguientes:

**Tabla 4**

*Determinación de los puntos de monitoreo para la recolección de muestras.*

Puntos de monitoreo	Coordenadas	Referencia Geográfica
PM-1	Latitud: $12^{\circ}48'11.13''s$  Longitud: $75^{\circ}2'53.33''o$	Punto de referencia o blanco, ubicado en la captación de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa EMAPA
PM-2	Latitud: $12^{\circ}46'24.67''s$  Longitud: $75^{\circ}1'11.34''o$	Altura camal municipal (Chuñuranra)
PM-3	Latitud: $12^{\circ}46'43.43''s$  Longitud: $74^{\circ}59'38.49''o$	Altura del instituto superior tecnológico Huancavelica (Pucarumi)
PM-4	Latitud: $12^{\circ}47'13.03''s$  Longitud:	Altura puente del colegio nacional la Victoria de Ayacucho (Ascensión)

		74°58'46.48"o
PM-5	Latitud: 12°46'54.11"s Longitud: 74°57'52.48"o	Altura del puente del ejército de Huancavelica (San Cristóbal)
PM-6	Latitud: 12°47'3.56"s Longitud: 74°56'25.67"o	Altura del puente de Santa Rosa.

Fuente: elaboración propia

**Figura 2**

*Puntos de monitoreo de la presente investigación*



Fuente: elaboración propia

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Identificación y reconocimiento de la zona de estudio**

Se realizó la descripción y geo referenciación de la zona de estudio.

#### **3.6.2. Determinación de puntos de muestreo para evaluar la calidad del agua**

Se establecieron 6 puntos de recolección de muestras de agua del río Ichu con respecto a los distintos usos que se le da durante su recorrido. Los puntos fueron geo referenciados con el uso de GPS.

#### **3.6.3. Toma de muestras de agua**

La toma de muestras se realizó de acuerdo al APHA (2005), que consistió en el uso de frasco de vidrio esterilizados de boca ancha con tapa capacidad de 1.2 L debidamente limpias y rotuladas. Para la recolección de las muestras, el recipiente se enjuagó con agua de la misma fuente y seguidamente se sumergió en forma inclinada en un ángulo de 30° y a una altura 20 cm de profundidad, dirigiendo la boca del frasco en sentido contrario a la corriente natural. Luego, se etiquetó y acondicionó adecuadamente para su traslado al laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Se utilizó la técnica de muestreo sistemático cumpliendo los criterios de identificación, accesibilidad y representatividad. En el muestreo se tomarán muestras correspondientes a los 6 puntos de muestreo, con tres evaluaciones por cada punto de muestreo, totalizando 15 muestras para analizar (evaluadas cada 30 días).

### **3.6.4. Acondicionamiento y transporte de la muestra**

#### **3.6.4.1. Conservación y transporte de las muestras de agua**

Las muestras recolectadas fueron conservadas a temperatura de 4 °C, en cajas térmicas (Coolers) y luego transportadas al laboratorio para sus análisis dentro de las 24 horas.

### **3.6.5. Medición de parámetros indicadores**

La forma en la que se evaluó los parámetros fisicoquímicos fue mediante el uso directo de los equipos disponibles (potenciómetro, oxímetro, termómetro) y los parámetros microbiológicos como coliformes fecales se utilizando la técnica de tubos de fermentación múltiple, y para fosfatos y nitratos se analizarán en el laboratorio.

#### **3.6.5.1. Determinación de la temperatura**

Se realizará la medición *in situ* de la temperatura en las partes alta, media y baja determinadas con el Termómetro digital AMARELL (-10 a +50 °C)

#### **3.6.5.2. Determinación del oxígeno disuelto**

Para determinar este parámetro se utilizó el método de electrodo de membrana, *in situ* con el uso de un Oxímetro LAMOTTE (0 a 20 mg/l).

#### **3.6.5.3. Determinación del pH**

La medición del pH se realizó *in situ* con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4star (rango de 0 a 14).

#### **3.6.5.4. Determinación de la DBO<sub>5</sub>**

Se determinó utilizando el oxímetro de membrana HANNA modelo HI 9146, para medir tanto el OD inicial (OD) de las muestras y posteriormente a una incubación a temperatura ambiente (20-26 °C) por

cinco días se midió el OD final (Orfo) para obtener el DBO5 expresado en mg/L aplicando la formula siguiente:  $DBO5 = (OD\ inicial - OD\ final)$

#### **3.6.5.5. Determinación de nitratos en el agua**

Método de reducción de cadmio.

#### **3.6.5.6. Determinación de fosfato en el agua**

Se determinó utilizando el Método de PhosVer 3; digestión con persulfato ácido.

#### **3.6.5.7. Determinación de los sólidos totales disueltos**

La medición del STD se realizó *in situ* con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4star.

#### **3.6.5.8. Turbidez**

La medición se utilizó un Turbidímetro PCE-TUM 20 es un medidor portátil con una gran pantalla que cumple todas las exigencias para medir la turbidez *in situ*. El rango de medición del turbidímetro es de 0 a 1000 NTU está seccionado en dos rangos automáticos para aumentar la precisión.

#### **3.6.5.9. Parámetros microbiológicos**

Coliformes fecales (coliformes termotolerantes), se utilizó la técnica del Número Más Probable (NMP) con serie de 9 tubos, según el método 9221 de la APHA (2005).

### **3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos**

#### **Formulaciones y cálculo del índice NSF**

Para calcular el índice de calidad del agua agregado, se usa una suma lineal ponderada de los subíndices o una función de agregación del producto

ponderado. El NSF usó una suma lineal ponderada. El resultado de su aplicación, debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente. Esto encaja con el concepto del público general de valoraciones. La primera ecuación del índice fue un promedio geométrico ponderado:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Dónde:

WQI: índice de Calidad de Agua

SI<sub>i</sub>: Subíndice del Parámetro i

W<sub>i</sub>: Factor de Ponderación para el Subíndice i

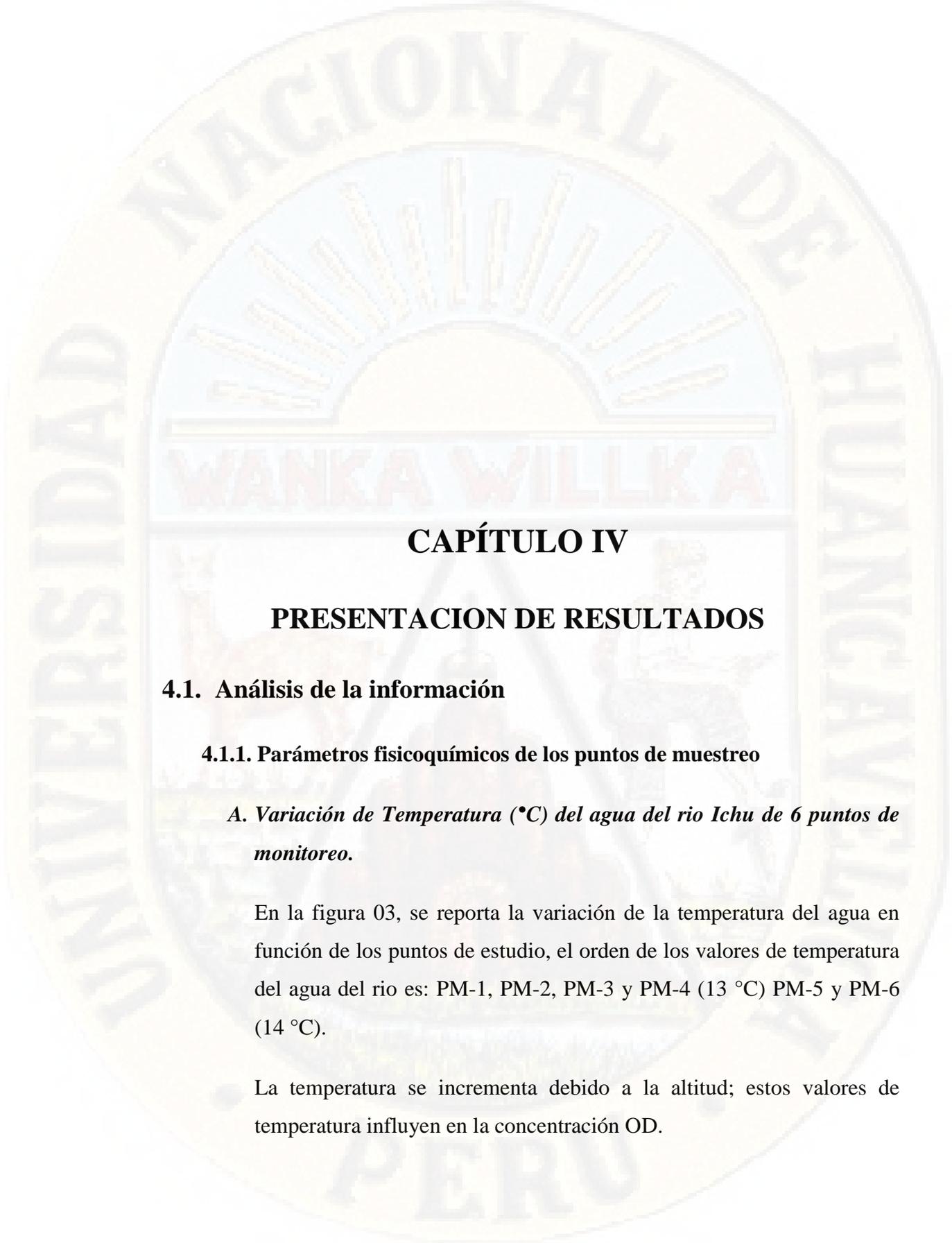
En la determinación del ICA – NSF se considerarán los 9 parámetros: Coliformes fecales, pH, Oxígeno disuelto, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Fosfatos totales, Temperatura, Turbidez y Solidos totales disueltos.

Y para el análisis de los datos obtenidos de las determinaciones fisicoquímicas y de los coliformes fecales se utilizará el programa ICA TEST 1.0, para cada punto de estudio. Para el tratamiento previo de datos se usará Microsoft office Excel, para el análisis estadístico se utilizará el software SPSS y para el tratamiento de la topografía se hará uso de software especializado como Autodesk Civil 3D, ArcGis v.10.3.

### **3.8. Descripción de la prueba de hipótesis**

La prueba de contrastación de hipótesis se utilizó la prueba de T de Student mediante el paquete estadístico de SAS Versión 9.4.

Como también las pruebas de homogeneidad de varianzas mediante los supuestos y normalidad de los datos.



## CAPÍTULO IV

### PRESENTACION DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de la información

##### 4.1.1. Parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo

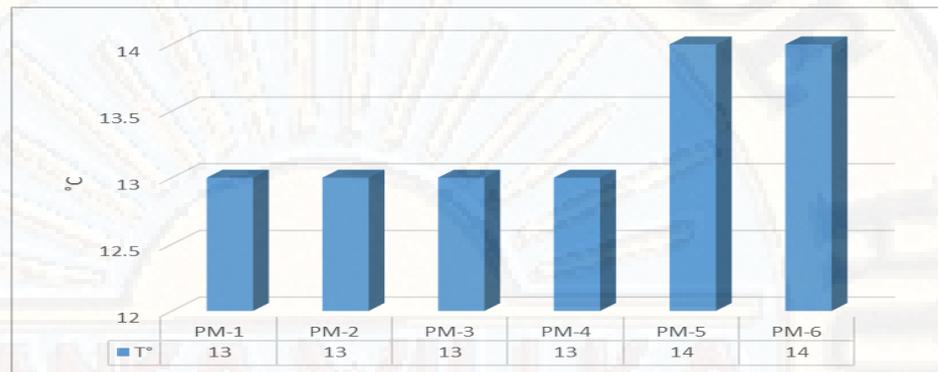
###### *A. Variación de Temperatura (°C) del agua del rio Ichu de 6 puntos de monitoreo.*

En la figura 03, se reporta la variación de la temperatura del agua en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de temperatura del agua del rio es: PM-1, PM-2, PM-3 y PM-4 (13 °C) PM-5 y PM-6 (14 °C).

La temperatura se incrementa debido a la altitud; estos valores de temperatura influyen en la concentración OD.

**Figura 03**

*Variación de la temperatura en los tres puntos 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*

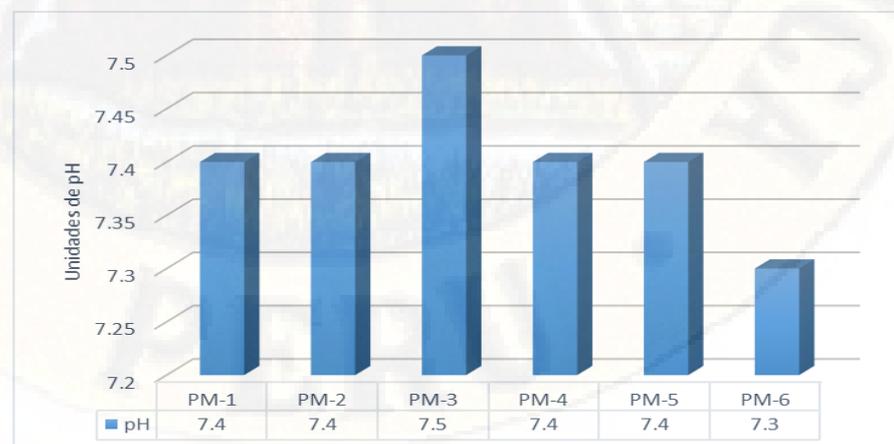


**B. Variación del Potencial de hidrogeno (pH) del agua del rio Ichu de 6 puntos de monitoreo.**

En la figura 04, se observa la variación del pH en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de pH del agua PM-1, PM-2, PM-4 (7.4), PM-6 (7.3) y PM-3 (7.5). Se observa que el valor del pH es alto esto es debido a la temperatura.

**Figura 04**

*Determinación del Potencial de hidrogeno (pH) (ECA: 6,5 – 8,5), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*

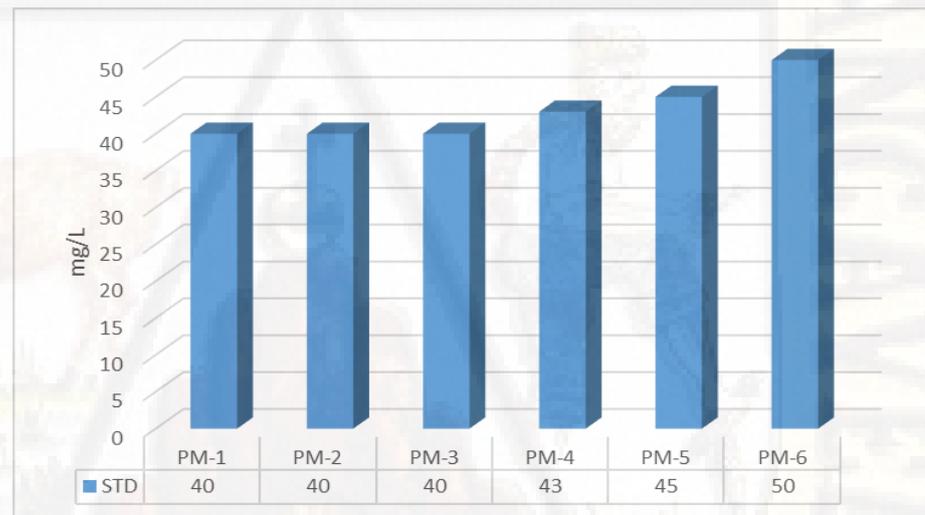


**C. Variación de sólidos totales disueltos (STD) del agua del río Ichu de 6 puntos de monitoreo.**

En la figura 05, se reporta la variación de la concentración de los sólidos totales disueltos del agua en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de oxígeno disuelto en forma ascendente es PM-1, PM-2, PM-3 (40 mg/L), PM-4 (43 mg/L), PM-5 (45 mg/L) y PM-6 (50 mg/L) respectivamente.

**Figura 05**

*Determinación de sólidos totales disueltos (ECA: 1000 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*

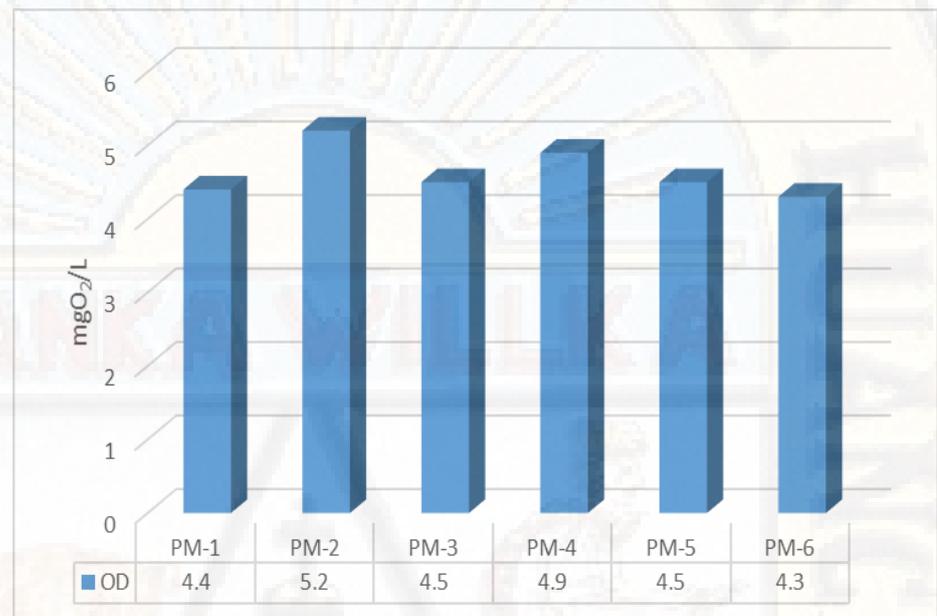


**D. Variación del Oxígeno disuelto (OD) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.**

En la figura 06, se reporta la variación del oxígeno disuelto del agua en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de oxígeno disuelto en forma descendente es PM-2 (5.2 mgO<sub>2</sub>/L), PM-4 (4.9 mgO<sub>2</sub>/L), PM-3 (4.5 mgO<sub>2</sub>/L), PM-5 (4.5 mgO<sub>2</sub>/L), PM-1 (4.4 mgO<sub>2</sub>/L), PM-6 (4.3 mgO<sub>2</sub>/L).

**Figura 06**

*Variación del OD en los tres puntos de muestreo. Determinación de oxígeno disuelto (valor mínimo ECA:  $\geq 6$  mgO<sub>2</sub>/L) en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu*



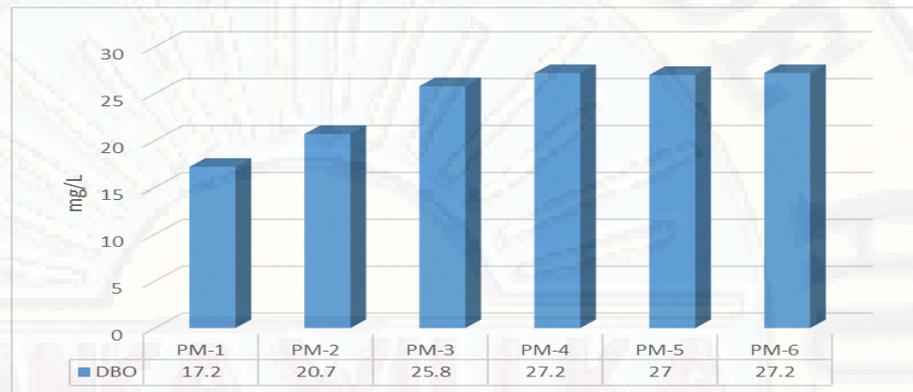
***E. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.***

En la figura 07, se observa la variación del DBO<sub>5</sub> del agua en función de los puntos de estudio.

Los valores de DBO<sub>5</sub> en forma ascendente es PM-1(17.2 mg/L), PM-2 (20.7 mg/L), PM-3 (25.8 mg/L), PM-5 (27 mg/L), PM-4 y PM-6 (27.2 mg/L).

**Figura 07**

*Determinación de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) (ECA: 3 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*

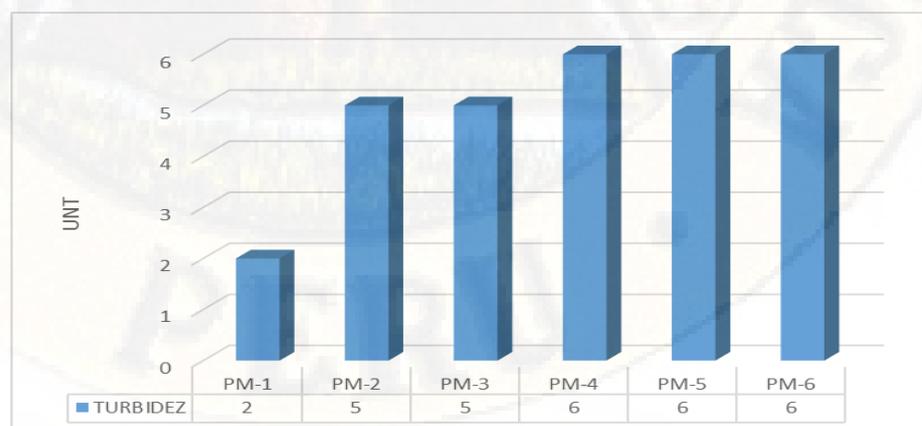


**F. Variación de la turbidez del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.**

En la figura 08, se reporta la variación de la turbidez del agua en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de turbidez en forma ascendente es PM-1(2 UNT), PM-2 y PM-3 (5 UNT), PM-4, PM-5 y PM-6 (6 UNT).

**Figura 08**

*Determinación de la turbidez (ECA: 5 UNT), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*

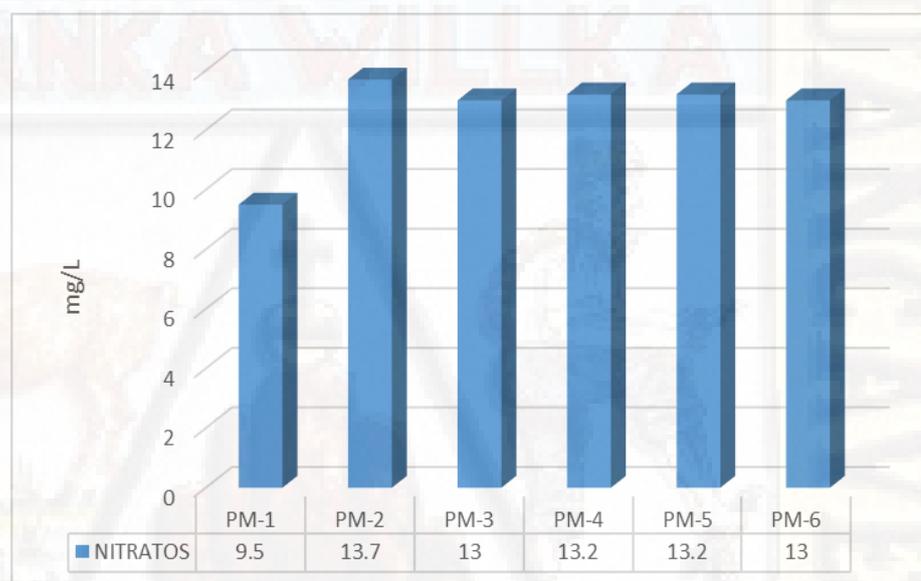


**G. Variación de nitratos del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.**

En la figura 09, se reporta la concentración de los nitratos del agua en función de los puntos de estudio, siendo en PM-1(9.5 mg/L), PM-2 (13.7 mg/L), PM-3 (13 mg/L), PM-4 (13.2 mg/L), PM-5 (13.2 mg/L) y PM-6 (13 mg/L).

**Figura 09**

*Determinación de nitratos (ECA:50 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*

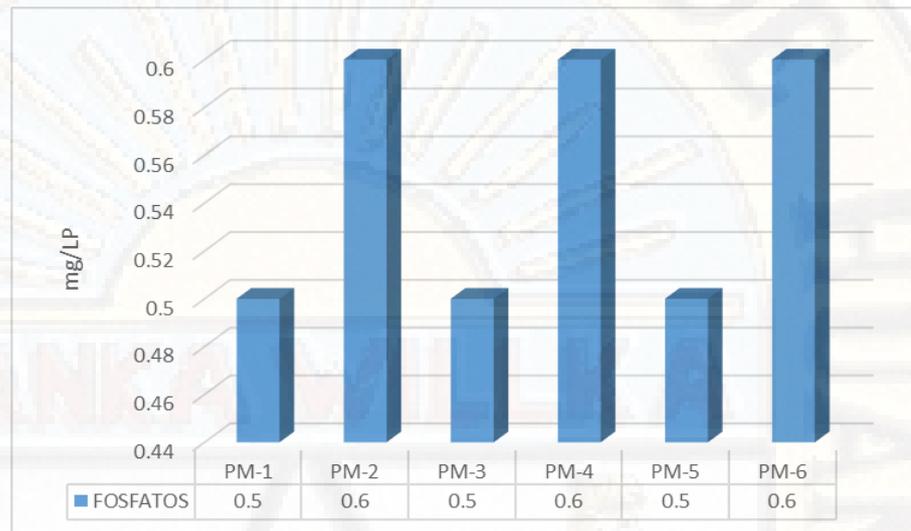


**H. Variación de Fosfatos del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.**

En la figura 10, se observa que la concentración de fosfatos es igual en los seis puntos de estudio PM-1(0.5 mg/L), PM-2 (0.6 mg/L), PM-3 (0.5 mg/L), PM-4 (0.6 mg/L), PM-5 (0.5 mg/L) y PM-6 (0.6 mg/L).

**Figura 10**

*Determinación de fosfatos (ECA:0,1 mg/L), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*



#### **4.2.2 Parámetro microbiológico de los puntos de muestreo**

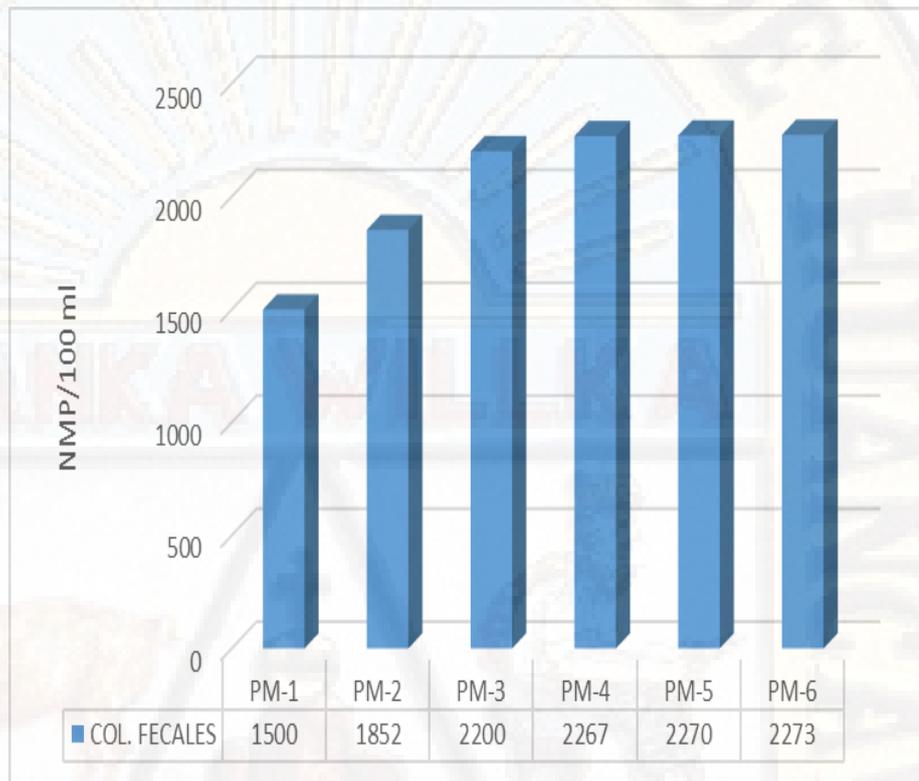
##### ***A. Variación de coliformes fecales (CF) del agua del río ichu de 6 puntos de monitoreo.***

En la figura 11 se observan los resultados de los parámetros microbiológico,

Los valores en los puntos de muestreo, en relación a los coliformes fecales van de forma ascendente, PM-1(1500 NMP/100ml), PM-2 (1852 NMP/100ml), PM-3 (2200 NMP/100ml), PM-4 (2267 NMP/100ml), PM-5 (2270 NMP/100ml) y PM-6 (2273 NMP/100ml).

**Figura 11**

*Determinación de coliformes fecales (ECA: 20 NMP/100 ml), en 06 puntos de muestreo en las aguas del río Ichu.*



## CÁLCULO EMPLEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE ICA-NSF

En las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se reportan los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las tres mediciones; así mismo se muestran los sub índices respectivos ( $S_i$ ), y su índice de calidad promedio ( $W_i$ ).

**Tabla 5**

*Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del primer punto de muestreo (PM-1).*

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor Q	Factor de ponderación	Subíndice
			( $S_i$ )	( $W_i$ )	
DBO	mg/L	17.2	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	4.4	35.57	0.17	6.05
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1500	20	0.16	3.2
Nitratos	mg/L	9.5	2.75	0.1	0.28
pH	Unidad	7.4	0	0.11	0
Temperatura	°C	13	34.4	0.1	3.44
Sólidos totales disueltos	mg/L	40	86	0.07	6.02
Fosfatos totales	mg/L	0.5	13	0.1	1.3
Turbidez	NTU	2	93	0.08	7.44
<b>Sumatoria Subíndice</b>					<b>28.28</b>

Se observa los subíndices de calidad del agua del primer punto de muestreo (PM-1), como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) = 17.2 mg/L con subíndice de 5, el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 4.4

mgO<sub>2</sub>/L con subíndice de 35.57; coliformes fecales = 1500 NMP/100ml con un subíndice de 20; Nitratos = 9.5 mg/l con subíndice de 2.75; el pH = 7.4 cuyo subíndice es 0; Temperatura = 13 °C con subíndice de 34.4; Sólidos totales disueltos = 40 mg/L con índice de 86; Fosfatos totales = 0,5 mg/L con subíndice de 13; Turbidez con 2 NTU con un subíndice de 93. Donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICANSF=28.28$$

En el primer punto de muestreo (PM-1), se obtuvo un valor de 28.28 en el rango de calidad de agua de 26 a 50 (color naranja), en el cual nos dice que es de mala calidad.

### Tabla 6

*Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del segundo punto de muestreo (PM-2).*

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor Q (S1)	Factor de pond. (w1)	Subíndice
DBO	mg/L	20.7	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	5.2	46.43	0.17	7.89
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1852	18.59	0.16	2.97
Nitratos	mg/L	13.7	1	0.1	0.1
pH	Unidad	7.4	0	0.11	0
Temperatura	°C	13	34.4	0.1	3.44

Sólidos totales disueltos	mg/L	40	86	0.07	6.02
Fosfatos totales	mg/L	0.6	10	0.1	1
Turbidez	UNT	5	86	0.08	6.88
<b>Sumatoria Subíndice</b>					<b>28.85</b>

Se observa los subíndices de calidad del agua del segundo punto de muestreo (PM-2), como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) = 20.7 mg/L con subíndice de 5, el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 5.2 mgO<sub>2</sub>/L con subíndice de 46.43; coliformes fecales = 1852 NMP/100ml con un subíndice de 18.59; Nitratos = 13.7 mg/l con subíndice de 1; el pH = 7.4 cuyo subíndice de calidad es 0; Temperatura = 13 °C con subíndice de 34.4; Sólidos totales disueltos = 40 mg/L con índice de 86; Fosfatos totales = 0,6 mg/L con subíndice de 10; Turbidez con 5 NTU con un subíndice de 86. Donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICANSF=28.85$$

En el segundo punto de muestreo (PM-2), se obtuvo un valor de 28.85 en el rango de calidad de agua de 26 a 50 (color naranja), en el cual nos dice que es de mala calidad.

**Tabla 7**

*Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del tercer punto de muestreo (PM-3).*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valor Q (S1)</b>	<b>Factor de pond. (w1)</b>	<b>Subíndice</b>
DBO	mg/L	25,8	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	4,5	36.93	0.17	6.28
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2200	17.6	0.16	2.82
Nitratos	mg/L	13	46.29	0.1	4.63
pH	Unidad	7,5	0	0.11	0
Temperatura	°C	13	34.4	0.1	3.44
Sólidos totales disueltos	mg/L	40	86	0.07	6.02
Fosfatos totales	mg/L	0,5	13	0.1	1.3
Turbidez	UNT	5	86	0.08	6.88
<b>Sumatoria Subíndice</b>					<b>31.92</b>

Se observa los subíndices de calidad del agua del tercer punto de muestreo (PM-3), como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) = 25.8 mg/L con subíndice de 5, el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 4.5 mgO<sub>2</sub>/L con subíndice de 36.93; coliformes fecales = 2200 NMP/100ml con un subíndice de 17.6; Nitratos = 13 mg/l con subíndice de 46.29; el pH = 7.5 cuyo subíndice de calidad es 0; Temperatura = 13 °C con subíndice de 34.4; Sólidos totales disueltos = 40 mg/L con índice de 86; Fosfatos totales = 0,5 mg/L con subíndice de 13; Turbidez con 5 NTU con un subíndice de 86. Donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICANSF=31.92$$

En el tercer punto de muestreo (PM-3), se obtuvo un valor de 31.92 en el rango de calidad de agua de 26 a 50 (color naranja), en el cual nos dice que es de mala calidad.

**Tabla 8**

*Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del cuarto punto de muestreo (PM-4).*

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor Q (S1)	Factor de pond. (w1)	Subíndice
DBO	mg/L	27,2	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	mg O2/L	4,9	42.36	0.17	7.2
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2267	17.47	0.16	2.8
Nitratos	mg/L	13,2	1	0.1	0.1
pH	Unidad	7,4	0	0.11	0
Temperatura	°C	13	34.4	0.1	3.44
Sólidos totales disueltos	mg/L	43	86.15	0.07	6.03
Fosfatos totales	mg/L	0,6	10	0.1	1
Turbidez	UNT	6	84	0.08	6.72
<b>Sumatoria Subíndice</b>					<b>27.84</b>

Se observa los subíndices de calidad del agua del cuarto punto de muestreo (PM-4), como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) = 27.2 mg/L con subíndice de 5, el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 4.9 mgO<sub>2</sub>/L con subíndice de 42.36; coliformes fecales = 2267 NMP/100ml con un subíndice de 17.47; Nitratos = 13.2 mg/l con subíndice de 1; el pH = 7.4 cuyo subíndice de calidad es 0; Temperatura = 13 °C con subíndice de 34.4; Sólidos totales disueltos = 43 mg/L con índice de 86.15; Fosfatos totales = 0,6 mg/L con subíndice de 10; Turbidez con 6 NTU con un subíndice de 84. Donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

ICANSF=27.84

En el cuarto punto de muestreo (PM-4), se obtuvo un valor de 27.84 en el rango de calidad de agua de 26 a 50 (color naranja), en el cual nos dice que es de mala calidad.

**Tabla 9**

*Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del quinto punto de muestreo (PM-5),*

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor Q (S1)	Factor de pond. (w1)	Subíndice
DBO	mg/L	27,0	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	mg O2/L	4,5	36.93	0.17	6.28
Coliformes fecales	NMP/100 Ml	2270	17.46	0.16	2.79
Nitratos	mg/L	13,2	1	0.1	0.1
pH	Unidad	7,4	0	0.11	0

Temperatura	°C	14	32.8	0.1	3.28
Sólidos totales disueltos	mg/L	45	86.25	0.07	6.04
Fosfatos totales	mg/L	0,5	13	0.1	1.3
Turbidez	UNT	6	84	0.08	6.72

---

**Sumatoria Subíndice** **27.06**

---

Se observa los subíndices de calidad del agua del quinto punto de muestreo (PM-5), como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) = 27 mg/L con subíndice de 5, el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 4.5 mgO<sub>2</sub>/L con subíndice de 36.93; coliformes fecales = 2270 NMP/100ml con un subíndice de 17.46; Nitratos = 13.2 mg/l con subíndice de 1; el pH = 7.4 cuyo subíndice de calidad es 0; Temperatura = 14 °C con subíndice de 32.8; Sólidos totales disueltos = 45 mg/L con índice de 86.25; Fosfatos totales = 0,5 mg/L con subíndice de 13; Turbidez con 6 NTU con un subíndice de 84. Donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICANSF=27.06$$

En el quinto punto de muestreo (PM-5), se obtuvo un valor de 27.06 en el rango de calidad de agua de 26 a 50 (color naranja), en el cual nos dice que es de mala calidad.

**Tabla 10**

*Hoja de cálculo para el índice NSF, determinado en ICA TEST 1.0 para el agua del sexto punto de muestreo (PM-6),*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valor Q (S1)</b>	<b>Factor de pond. (w1)</b>	<b>Subíndice</b>
DBO	mg/L	27,2	5	0.11	0.55
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	4,3	34.21	0.17	5.82
Coliformes fecales	NMP/100 MI	2273	17.45	0.16	2.79
Nitratos	mg/L	13	46.29	0.1	4.63
pH	Unidad	7,3	0	0.11	0
Temperatura	°C	14	32.8	0.1	3.28
Sólidos totales disueltos	mg/L	50	86.5	0.07	6.06
Fosfatos totales	mg/L	0,6	10	0.1	1
Turbidez	UNT	6	84	0.08	6.72
<b>Sumatoria Subíndice</b>					<b>30.85</b>

Se observa los subíndices de calidad del agua del sexto punto de muestreo (PM-6), como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) = 27.2 mg/L con subíndice de 5, el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 4.3 mgO<sub>2</sub>/L con subíndice de 34.21; coliformes fecales = 2273 NMP/100ml con un subíndice de 17.45; Nitratos = 13 mg/l con subíndice de 46.29; el pH = 7.4 cuyo subíndice de calidad es 0; Temperatura = 14 °C con subíndice de 32.8; Sólidos totales disueltos = 50 mg/L con índice de 86.5; Fosfatos totales = 0,6 mg/L con subíndice de 10; Turbidez con 6 NTU con un subíndice de 84. Donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

$$ICANSF=30.85$$

En el sexto punto de muestreo (PM-6), se obtuvo un valor de 30.85 en el rango de calidad de agua de 26 a 50 (color naranja), en el cual nos dice que es de mala calidad.

En la figura 12, se muestra la variación de los valores de ICA-NSF en los cuales se observa que los puntos de muestreo están en un rango de agua de mala calidad, según el rango de calidad del agua según ICA-NSF- USA (BROWN, 1970). (Anexo 7).

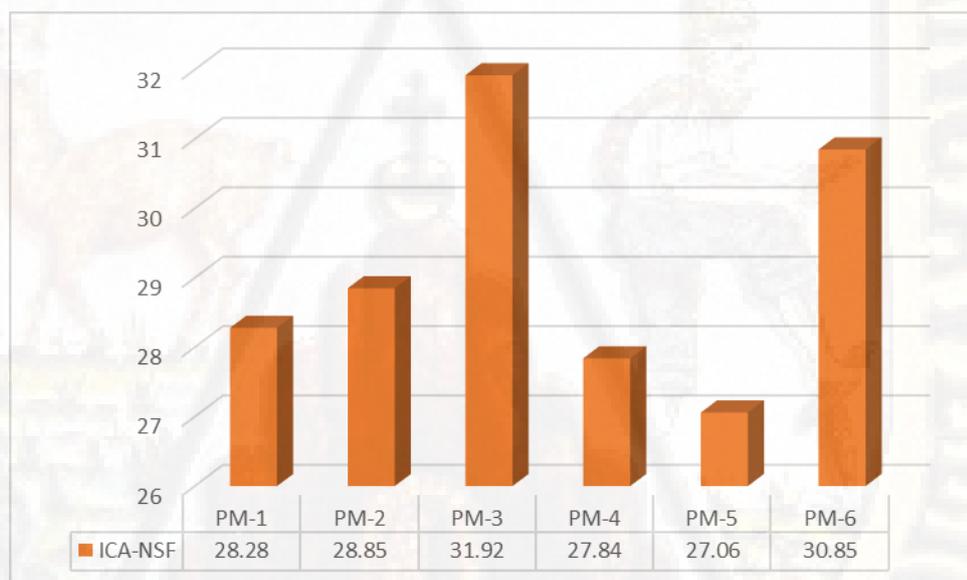


Figura 12. Variación del ICA-NSF en los seis puntos de muestreo.

## 4.2 Prueba de hipótesis

La contrastación de hipótesis se resume a 8 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Realizar el test de normalidad
2. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
3. Escoger un nivel de significancia o riesgo  $\alpha$ .
4. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
5. Establecer la región crítica.
6. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño "n".
7. Rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar)= en el otro caso.

### A. Test de normalidad

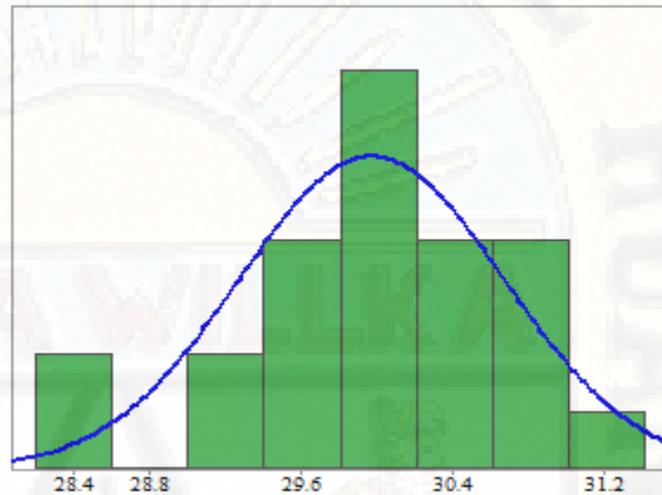
#### ✚ Test de normalidad Calidad del agua del rio ichu

**Tabla 11**

*Test de normalidad de la Calidad del agua del rio ichu*

Test para normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.09955	Pr > D	>0.15

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Kolmogorov-Smirnov en cual resultó que los datos de Calidad del agua del rio ichu muestran un comportamiento normal.



**Figura 13.** Test de normalidad de Calidad del agua del rio ichu con cuartiles normales.

En la figura N° 38 se observa que los datos en términos de Calidad del agua del rio ichu presentan normalidad respecto a la media.

#### **B. Formulación de hipótesis estadísticas para la hipótesis específica.**

H<sub>0</sub>: La calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, según los ICA-NSF es regular.

$$\mu \leq 26 \text{ a } 50$$

H<sub>a</sub>: La calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, según los ICA-NSF es mala.

$$\mu \geq 26 \text{ a } 50$$

### **C. Nivel de significación**

El presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir  $\alpha=0.05$ , y con un grado de confianza de 95 %, es decir con  $1-\alpha=0.95$

### **D. Estadístico de prueba**

El estadístico de prueba utilizado fue el “T de Student” que es una prueba estadística para analizar contraste de un grupo en cuanto a sus medias y varianzas.

### **E. Valor crítico y regla de decisión**

Para la prueba de una cola con  $\alpha=0.05$  en la tabla de T tenemos los valores críticos de T  $\alpha, V_1, V_2$ .

$$T_{\text{tabla}}=1/9= 1.78$$

$T_{\text{cal}} \leq$  que el valor del T de la tabla se acepta la hipótesis nula

$T_{\text{cal}} \geq$  que el valor del T de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

### **F. Cálculo de los estadígrafos de prueba**

#### **✚ Análisis de la prueba de T de Student de la calidad del agua del río ichu en zonas urbanas.**

Se realizó la prueba de T de Student para la dimensión de la calidad del agua del río ichu en zonas urbanas.

La calidad del agua del río ichu. No presento buena calidad del agua del río ichu en zonas urbanas.

**Tabla 12***Resumen de la prueba de T de Student*

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios	
		Calidad agua	T
Parámetros	1	137.43	136.03
Error	9	1.01	
<b>Total</b>			
<b>N</b>			
<b>o</b>			
<b>t</b>			
		<b>CV (%)</b>	3.55

**a**

: F = Valor de T de Student; GL = grados libertad Parámetros valor T pruebas de T de Student.

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$T - \text{cal} = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

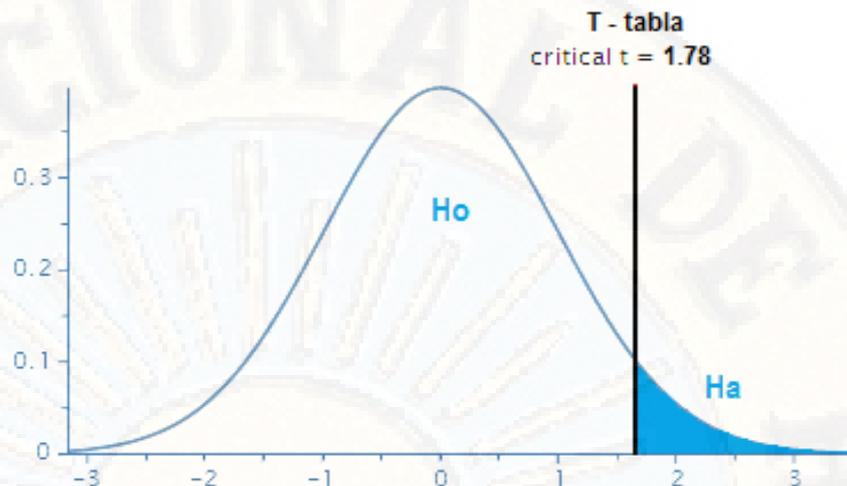
t = t de Student calculado

x = Media

$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra



**Figura 14.** Valores “T” calculado para aceptar o rechazar la hipótesis nula

**Nota:**  $V_c$ = valor crítico;  $H_0$ = Hipótesis nula.

En el Tabla N° 15, Mi valor F calculado es igual a 136.03 >que el valor de F de la tabla que es igual 1.78

### **G. Decisión estadística**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ): La calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, según los ICA-NSF es mala, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

## **4.3 Discusión de resultados**

La creciente entrada de nutrientes en los cuerpos receptores se ha asociado con el aumento de la densidad poblacional, cambios en el uso de suelo y la intensificación de la agricultura en las cuencas, incrementándose en consecuencia, la degradación de la calidad del agua y los procesos de eutrofización (Salameh y Harahsheh, 2011).

Los resultados obtenidos muestran que en el río Ichu se vienen desarrollando diversas actividades antropogénicas, que generan presiones sobre el entorno humano,

natural y socioeconómico. Estas actividades producen una gran variedad de desechos que son liberados principalmente al ambiente acuático. La introducción de un determinado desecho antropogénico puede o no introducir desequilibrios en un ecosistema. Ello dependerá de la cantidad y calidad del desecho introducido (Arce M., 2009).

#### **A. De los parámetros Fisicoquímicos**

Los resultados obtenidos sobre la calidad del agua del río Ichu para los parámetros físicos-químicos evaluados en las seis puntos de muestreo, mostraron que la temperatura (Figura 03), es un factor limitante para la mayoría de los organismos acuáticos y de hecho es una de las constantes que adquiere gran importancia en el desarrollo de los distintos fenómenos que se realizan en el agua, ya que determina la tendencia o evolución de sus propiedades físicas o biológicas (Bustamante, T y col, 2008). Los datos obtenidos en las seis estaciones reflejan básicamente una temperatura uniforme, aunque un grado mayor en los puntos de muestreo 5 y 6, donde el bajo caudal y la pobre cubierta vegetal, debido a la eliminación del bosque ribereño, determinan altas temperaturas ambientales y por ende repercuten en la temperatura del agua, sobre todo en época seca cuando el caudal baja.

Se observa el comportamiento del pH en función de los puntos de estudio (Figura 04), el orden de los valores de pH del agua se encuentra dentro de la propuesta de la sub categoría A-1 que es de 6.5 y 8.5 estipulados por el D.S. N° 004-2017-MINAM (El Peruano, 2017). Sin embargo, en el PM-3, este valor estuvo muy cerca del valor superior de los ECA. Esta tendencia de los valores de pH hacia la alcalinidad se debería a las condiciones edáficas del área intervenida y al ingreso de fertilizantes al medio acuático (Pérez C., 2008). Estos resultados han sido corroborados en otros estudios (Martínez L, 2008), en los cuales se explican que el pH del agua varía según las zonas por las que atraviesa la corriente. Si las aguas atraviesan zonas calcáreas el pH se incrementa, con lo que se tiende a la alcalinidad del medio, en donde predomina la arcilla, que se conforma de silicatos, magnesio, carbonatos y bicarbonatos (WHO, 2011). Asimismo, los valores de pH encontrados en el río van desde ligeramente ácidos a ligeramente básicos, esto se debe a los ácidos orgánicos

débiles que bajan ligeramente el pH del agua (GWW, 2005), ácidos contenidos naturalmente por el agua, producto de la descomposición de hojas, raíces, etc, que se podría constatar en el área de estudio.

Se reporta la variación de la concentración de los sólidos totales del agua del río (Figura 05) en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de oxígeno disuelto en forma ascendente PM-1, PM-2, PM-3 (40 mg/L), PM-4 (43 mg/L), PM-5 (45 mg/L) y PM-6 (50 mg/L) respectivamente.; mientras en la tabla de Aguas Superficiales para la producción de Agua Potable en la categoría A-1 se establece un valor de 1000 mg/L como límite, podemos observar todas las muestras dentro de los estándares, lo cual refleja que el contenido de sales estaría dentro de los valores normales para esta categoría de agua, así como para otros usos (Carbajal F, 2009). Igualmente, el registro de este parámetro permitió identificar el ingreso de fertilizantes inorgánicos al medio acuático. Además, al obtenerse in situ a muy bajo costo, es un factor que contribuye a dar sostenibilidad a un programa de seguimiento ambiental (Pérez C., 2008).

El oxígeno disuelto (Figura 06), el orden de los valores en forma descendente es PM-2 (5.2 mgO<sub>2</sub>/L), PM-4 (4.9 mgO<sub>2</sub>/L), PM-3 (4.5 mgO<sub>2</sub>/L), PM-5 (4.5 mgO<sub>2</sub>/L), PM-1 (4.4 mgO<sub>2</sub>/L), PM-6 (4.3 mgO<sub>2</sub>/L), es sin duda el más importante de los gases disueltos que se encuentra en las aguas naturales (Martínez L., 2008), porque define en gran parte la biodiversidad y la supervivencia de la comunidad biótica. La medición de oxígeno disuelto obtenida refleja los niveles relativamente malos de oxígeno en las seis estaciones evaluadas, dado que en la tabla de Aguas Superficiales para la producción de Agua Potable en la categoría A-1 se establece un valor de  $\geq 6$  mgO<sub>2</sub>/L como límite, estos niveles de oxígeno disuelto estarían determinando la participación de organismos aerobios en los procesos de degradación, lo que marca la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de autopurificación (Calla L., 2010). El oxígeno del agua en la región Altoandina, no muestra mejores condiciones de disponibilidad, porque cuando declina la presión atmosférica (a mayor altura), la sedimentación del oxígeno es baja y se reduce la solubilidad del oxígeno y de cierta

manera la contaminación orgánica contribuye en la reducción de los niveles de oxígeno (Jacobsen et al., 2003).

Según CEPIS (2007), los valores de oxígeno disuelto en aguas ricas en este elemento, como cualquier agua superficial no contaminada o poco contaminada, este tipo de agua es capaz de mantener la vida acuática sin someterla a condiciones de anoxia que trae como resultado la muerte de muchas especies sensibles, desde este punto de vista se puede afirmar que estas aguas no son de buena calidad ya que se observó la poca presencia de vida acuática.

Referente a la Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) (Figura 07), los valores encontrados en las estaciones de muestreos PM-1(17.2 mg/L), PM-2 (20.7 mg/L), PM-3 (25.8 mg/L), PM-5 (27 mg/L), PM-4 y PM-6 (27.2 mg/L), sobrepasan los ECA para la categoría 1, D.S. N° 004-2017-MINAM (El Peruano, 2017), esto puede incidir en la disminución del porcentaje de saturación de oxígeno, reduciendo la capacidad de autodepuración de la fuente hídrica en periodos de sequía (Martínez L., 2008). Según PREQB (2004), es posible que la explicación de una  $DBO_5$ , fuera de los límites permisibles, se deba a la presencia de un número moderado de coliformes fecales. Por lo tanto, se observa que el comportamiento de los valores de  $DBO_5$  es igual al del pH; se sabe que la  $DBO_5$  es el reflejo de la carga orgánica y de la concentración de microorganismos presentes en el agua; y el pH indica la acidez del agua; la acidez inhibe el desarrollo microbiano; de modo que cuando el pH del agua disminuye la  $DBO_5$  también disminuye.

La turbidez (Figura 08) se encontraron valores que sobrepasan los ECA para la categoría, esto es en tres puntos de muestreo PM-4, PM-5 y PM-6 (6 UNT), esto es porque en el agua existen materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm (nanómetros) de diámetro. La turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado

(APHA, 2005). Asimismo, muestran que el agua tiene un aspecto transparente por lo que es aceptada por los usuarios a pesar de que algunos parámetros aquí determinados se encuentren en los límites permisibles o fuera de estos. Estos resultados están por encima de lo mencionado por Barrenechea (2004), respecto a los estándares internos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA), que establecen que las aguas de consumo humano deben tener preferencia de 1 UNT y en ningún caso mayor a 5 UNT, la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda como valor guía 5 UNT.

Se reporta la concentración de los nitratos del agua de río (Figura 09), en función de los puntos de muestreo, se observa que la concentración de nitratos en los seis puntos de estudio con valores de en PM-1(9.5 mg/L), PM-2 (13.7 mg/L), PM-3 (13 mg/L), PM-4 (13.2 mg/L), PM-5 (13.2 mg/L) y PM-6 (13 mg/L), que están debajo de los límites permisibles que es de 50 mg/L (D.S. N° 004-2017-MINAM (El Peruano, 2017), en los puntos muestreados, demostrándose que el agua no ha recibido adiciones por fuentes externas como actividades ganadera, coincidiendo con PREQB (2004) en que los nitratos a niveles bajos no son peligrosos generalmente para niños menores, sin la probabilidad de presentar la metahemoglobinemia, y además que la concentración de nitratos en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja por el intercambio de iones, pero puede llegar a ser altas por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares.

Se observa que los valores de fosfato se encuentran con valores de PM-1(0.5 mg/L), PM-2 (0.6 mg/L), PM-3 (0.5 mg/L), PM-4 (0.6 mg/L), PM-5 (0.5 mg/L) y PM-6 (0.6 mg/L) en los seis puntos de estudio; estando estos valores fuera del valor exigido por los ECAs, que es 0,1 mg/L. Según PREQB (2004), menciona que el fosfato total es una medida de todas las formas de fosfatos existentes y es utilizado extensivamente en fertilizantes y en otros químicos, por lo que puede ser hallado con concentraciones altas en áreas de actividad agrícola, habiéndose observado en la zona de estudio plantaciones de distintas especies, las cuales podrían ser los principales motivos de la elevada concentración de fosforo.

#### **4.2. De los parámetros microbiológicos**

En relación con la calidad del agua los resultados de los parámetros biológicos en las seis estaciones de muestreo PM-1(1500 NMP/100ml), PM-2 (1852 NMP/100ml), PM-3 (2200 NMP/100ml), PM-4 (2267 NMP/100ml), PM-5 (2270 NMP/100ml) y PM-6 (2273 NMP/100ml (Figura 11), mostraron que los niveles de concentración de coliformes fecales o termotolerantes se encuentran sobre los límites de los estándares nacionales de calidad ambiental para la categoría 1 (poblacional y recreacional), el nivel de coliformes termotolerantes supera los ECAs, considerando que el agua en ellos podría ser potabilizada con desinfección, lo cual pone en riesgo la salud de las personas si este recurso es destinado a la producción de agua potable con solamente desinfección. El incremento de la concentración de coliformes termotolerantes en este sector se debería a las descargas de aguas residuales que se vierten directamente al río, sin tratamiento previo. Según Mamani (2012), este se debe a que el agua tiene sustancias provenientes de la naturaleza y de las actividades humanas entre las cuales se encuentran bacterias propias de las excretas de animales, lo que nos indica que la superficie del terreno se encuentra contaminado en este caso por coliformes fecales, que por la lluvias estaría llegando a las fuentes de agua por lixiviación, respecto a los resultados del estudio muestran que este parámetro va en aumento, se debe a la presencia de actividades humanas que estarían causando esta variación.

#### **4.3. Del índice de calidad de agua NSF**

Según el ICA-NSF en los puntos de muestreo se encuentra en el rango calidad de agua de 26 a 50 en la escala de color naranja, con una clasificación de mala calidad, y no puede ser usada para abastecimiento público, ni para recreación en cualquier tipo de deporte acuático, para uso en pesca y vida acuática se limita para peces muy sensitivos, para la agricultura con una purificación menor para cultivos que requieran alta calidad, para la industria con una purificación menor requieran alta calidad. Según Custodio *et al.*, (2014) En su estudio realizado en el departamento de Junín, donde sus resultados demuestran que las aguas del río Cunas, aún no experimentan severos problemas de contaminación, considerando que las aguas según el ICA-NSF son de calidad “buena”, se pudieron contemplar una importante diversidad de vida

acuática y también pueden ser consideradas para todo tipo de recreación, respecto a nuestro estudio según el ICA-NSF la calidad del agua del río Ichu es de mala calidad, lo que podemos diferenciar como la calidad del agua varía de un rango a otro, a causa de los distintos usos que se les va dando durante su recorrido.

Según Albuja (2012), la calidad del agua de la quebrada Ashintaco en la provincia de Pichincha, Ecuador, se califica como “buena” de acuerdo al índice ICA-NSF que arrojó resultados 88.60, estableciendo que el agua podría ser utilizada para el consumo humano o para riego con un tratamiento purificador simple, comparando los parámetros físico químicos con las normas legales, apoyan el resultado del índice de calidad, observándose concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto lo cual es importante ya que demuestra que no se trata de agua estancada, de acuerdo al estudio realizado en la quebrada Cruz de Motupe, se puede observar que la mayoría de parámetros están dentro de los estándares de calidad las cuales concuerdan con los buenos resultados del índice, esto difiere con los resultados encontrados en este estudio donde algunos parámetros no están dentro de los estándares de calidad y por tanto muestra un índice de agua de mala calidad para el río Ichu.

Según Garcés y Flórez (2014), en su estudio realizado en Colombia en el departamento de Córdoba, aplicaron el ICA-NSF, registrando una condición de calidad media para los ríos. Caño Betancí y Bongo Mocho, que, en los periodos de agua en descenso y ascenso, se presentó una calidad media, con mayor valor para este último periodo (ICA= 54.1) y Maracayo y Hamacas, durante el periodo de aguas bajas se registró los menores valores del índice con una condición de calidad mala del agua (ICA= 46.4). Comparando con el área de estudio donde realizamos la investigación, podemos considerar que caudal del río Ichu no varían, ya que el tiempo de evaluación fue corto y no alcanzaban los cambios de estación del año, por esos motivos la calidad del agua respecto al río no se encontró cambios significativos en la evaluación del ICA-NSF respecto a estiaje y avenida.

Los aspectos ambientales identificados en el área de intervención corresponden a las fases de operación de las actividades que allí se desarrollan y fueron valorados en función de la Ley General del Ambiente y del Decreto Supremo N° 004-2017-

MINAM. De acuerdo con estas normas, se consideran a las aguas del río ichu en la categoría 1, por tratarse de aguas destinadas para el consumo poblacional y recreacional, así como para la conservación del ambiente acuático, respectivamente, sobre todo en las estaciones de que están en la zona urbana más pobladas.

Los impactos que ocasionan las descargas de afluentes líquidos y la emisión de residuos sólidos sobre la calidad del agua del río Ichu, de acuerdo con el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, puede considerarse como un impacto ligeramente moderado en el caso de la estaciones de muestreo, esto significa que, si se suspenden las acciones de las actividades humanas identificadas sobre este factor ambiental, el impacto sería compatible y no precisaría la aplicación de medidas correctivas, habría una recuperación inmediata de los estados químico y ecológico; es decir, las condiciones de calidad del agua estarían cercanas a los niveles naturales (Ferrer, Y., 2009).

## CONCLUSIONES

- Dentro de los parámetros físicos, la demanda bioquímica de oxígeno supera el máximo límite de 3 mg/L, el oxígeno disuelto se encuentra dentro de  $\geq 6$  mg/L, el Potencial de hidrogeno (pH) se encuentra dentro de los límites permisibles 6.5 – 8.5, pero a medida que baja las aguas por la zonas urbanas baja ligeramente dentro del límite, los sólidos totales disueltos no superan el máximo límite de 1000 mg/L, la turbidez supera el límite y la temperatura no supera el límite según los Estándares de calidad ambiental para agua en la categoría 1; poblacional y recreacional (A1) aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- Dentro de los parámetros químicos, los nitratos se pueden observar que en el punto PM-1 se encuentra dentro de los límites de 10 mg/L N, pero en los puntos que se encuentran dentro de la ciudad superan los límites permisibles y los fosfatos supera el máximo límite de 0.1 mg/L P, según los Estándares de calidad ambiental para agua en la categoría 1; poblacional y recreacional (A1) aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- Dentro del parámetro biológico, los Coliformes fecales se encuentra elevados, según los Estándares de calidad ambiental para agua en la categoría 1; poblacional y recreacional (A1) aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- El ICA-NSF de los puntos de muestreo se encuentra en el rango calidad de agua de 26 a 50 en la escala de color naranja, con una clasificación de mala calidad.

## RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis de manera simultánea en el laboratorio más cercano esto para evitar variaciones altas en las concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- Se recomienda analizar más parámetros de análisis de laboratorio para observar la remoción de contaminantes presentes en las aguas del río Ichu.
- Realizar estudios de interacción entre tiempo (hora del día) y los puntos estudiados en función al ICA-NSF, para determinar la variación de la calidad.
- Realizar pruebas complementarias con los parámetros que no se tomaron en cuenta y que son importantes para establecer el uso y calidad del agua.
- Establecer campañas de información ambiental con respecto al consumo del agua como herramienta para el cambio de actitud de los pobladores en el uso del agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), pp. 35-64.
- American Public Health Association (APHA). 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washington DC.
- Albuja, M. 2012. Plan de manejo ambiental de la quebrada Ashintaco, Cantón Quito, provincia Pichincha, Ecuador pp. 165-177.
- Arce M, Leiva C. 2009. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas de acción para su recuperación y manejo. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Gestión Ambiental]. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).
- B.O.E. 1996. Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial del Estado n° 61 de 11 de Marzo.
- Balls, P.W. 1994. Nutrients inputs to estuaries from nine Scottish East Coast Rivers; influence of estuarine processes on inputs to the North Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 39, 329-352.
- Ball, R., Church, R. 1980. Water Quality Indexing and Scoring. *Journal of the Environmental Engineering División, American Society of Civil Engineers*.
- Barrenechea, A. 2004. Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua. Editorial Acribia. Lima – Perú. 86pp.
- Branco-Murgel, M.S. 1984. Limnología sanitaria. Estudio de la polución de aguas continentales. Secretaria General de la Organización de los Estados

- Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C.
- Brown, R., McClelland, N. I. & Deini, R., 1972. Indicators of Environmental Quality. *Environmental Science Research*, 1(1), pp. 173-182
- Bricker, O.P. and Jones, B.F. 1995. Main factors affecting the composition of natural waters In Trace elements in natural waters. Eds. B. Salbu and E. Steinnes. CRC Press, Boca Raton.
- Brock .1994. "Biology of Microorganisms".
- Bustamante T, Monsalve D, García R. 2008. Análisis de la calidad del agua en la cuenca media del río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. *Rev. Invest. Univ. Quindío*; 1(18): 22 – 31.
- Calsín, K. 2016. Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno – 2016. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 64 p.
- Calla L. 2010. Calidad del agua en la cuenca del río Rímac – sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. [Tesis para optar el grado académico de Magíster en Ciencias Ambientales]. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- Canter, L. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. 2da ed., Gedit.
- Camargo A.J. y Alonso A. (2007). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environ. Int.* 32, 831-849.
- Carbajal F. 2009. Impacto ambiental y social del vertimiento de residuos sólidos y escombros sobre la calidad del río Medellín y de algunos de sus efluentes. *Ago Usb.*; 9 (1): 225-265.

- CEPIS, 2007. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. Lima, Mac Graw-Hül. Madrid, España. 1998. 841 pp.
- Chamorro y Vegas. 2003. Guía para el muestreo de la Calidad del Agua, SENAMHI
- Chuquimbalqui, Y. 2017. Determinación de parámetros físico – químicos y biológicos del agua del río Tío Yacu, para uso recreacional y riego de vegetales, del distrito de Elias Soplín Vargas – Rioja. Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba. ¿Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2514/INFORME%20DE%20TESIS%20%202017%20YHEOL.CH.P%20PARA%20CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Contreras, G.J; Cocha, J.M.; Martínez, A.M y Aurazo, M. 1996. Efecto Bactericida de Catabolitos de *Pseudomonas aeruginosa* sobre Coliformes fecales en Agua de Consumo. Lima.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2010. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
- Custodio VM, Pantoja ER. 2012. Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. Revista Apuntes de ciencia & sociedad. 02(02): 130-137
- Curcio S, L Comic, A. 2002. Microbiological index in estimation of surface water quality. Hydrobiologia, 489. 219.
- De Vicente A.; Codina, J.C. Y Romero, P. 1991. Relationship between *Pseudomonas aeruginosa* and bacterial indicators in polluted natural waters. JWST. Vol 24 (2). Pp: 121-124.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación), 2003. Administración de Derechos de Agua: Experiencias, asuntos relevantes y lineamientos. Roma, Italia. 312 p.
- Ferrer Y. 2009. Evaluación en el tiempo del impacto ambiental con técnicas difusas. Aplicación en la minería de Moa. [Tesis para optar el grado académico de Doctor]. Granada: Universidad de Granada.

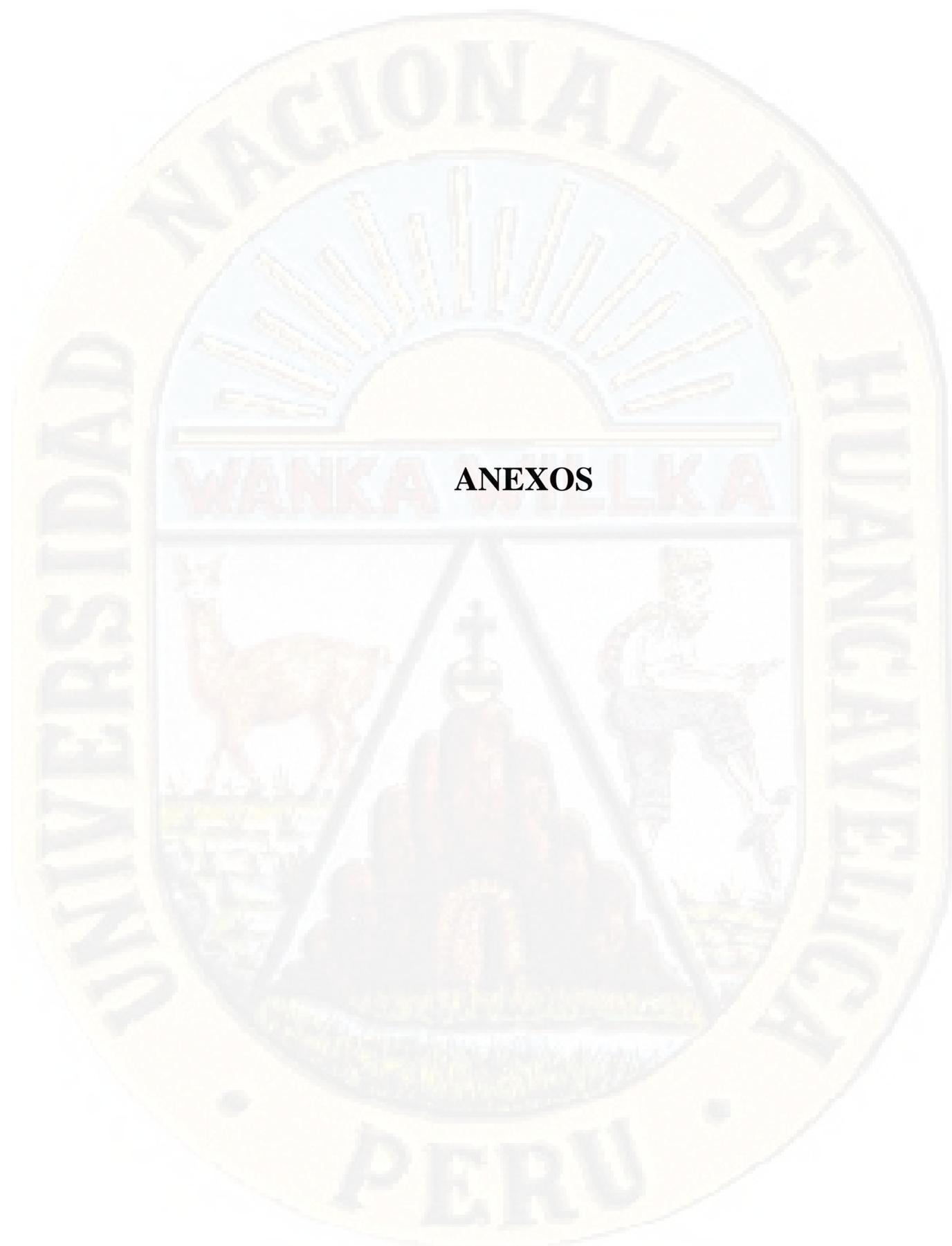
- Fernández, N. Ramos, G. y Solano, F., 2010. ICA TEST 1.0 - Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua, pp. 88 - 97.
- Khan AA, R Paterson, H Khan. 2004. Modification and application of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for the communication of drinking water quality data in Newfoundland and Labrador. *Water Quality Research Journal of Canada* 39. 258.
- Garcés, D. y Flórez, V., 2014. Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua en la ciénaga de Betancí, Departamento de Córdoba – Colombia. p. 100.
- Gonzales A, Oseda D, Ramirez F, Gave J. 2011. ¿Como aprender y enseñar investigación científica? Primera ed. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- GuoQiang Z, Y XingXiu, J Nan, H LongHua, 2004. The cause for change of water quality of Erhai Lake and prediction of water quality. *Journal of Northeast Forestry University* 32. 99.
- GWW, 2005. Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria. Auburn, AL. 39 p.
- Heinke, G.W., H.J. Glynn; 1999. Ingeniería Ambiental. Edición 2da. Prentice Hall Hispanoamericana; S.A. pág. 778.
- Hernández AE, E Rubiños-P, J Amado-A, C Ramírez-A, F Gavi-Reyes, 2006. Contaminación del agua en el río Tulancingo, Estado de Hidalgo, México. En: Gallardo JF (Ed). 2006 335-341. Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Tomo I, Badajoz, España
- Hernández R., Fernández C., Baptista P. 2010. Metodología de la Investigación. (5ª. ed.) México D.F., México: McGraw Hill.
- Hernández, M. 2005. Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social. Tesis de Doctorado en

- Ciencias. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 116 p.
- Herrera I., y Quintero D. 2009. Microbiología de Aguas Subterráneas en la Región Sur del Municipio de Valledupar-Cesar. Trabajo de Grado. Departamento de Microbiología. Universidad Popular del Cesar.
- Jacobsen J., Rostgaard S. & Vásconez J.J. 2003. Are macroinvertebrate in high altitude streams affected by oxygen deficiency? *Freshwater Biology*. 48: 2025- 2032.
- Jiménez, D. A. 2013. Estimación de la concentración de nutrientes en aguas superficiales del río Daule y validación del método de cuantificación de aniones en agua por cromatografía iónica. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
- Martínez L, Pujante M. 2008. Estudio de la fauna de invertebrados en el río Cabriel y manantiales asociados en la provincia de Albacete. La Mancha: Centro de Estudios de Castilla.
- Marcelo C. 2013. Aditivos nitratos y nitritos.
- Mamani S.H. 1994. Determinación de la contaminación bacteriológica del agua para consumo humano proveniente de pozos artesianos de los barrios urbanos marginales de la ciudad de Juliaca. Tesis M.V.Z UNA – PUNO.
- Mamani V.E. 2012. Informe principal: Propuesta de estándares nacionales de calidad ambiental para agua subterránea. Dirección General de Calidad Ambiental. Vice Ministro de Gestión Ambiental. Ministerio del Ambiente del Perú.
- Neal, C.; Jarvie, H.P.; Howarth, S.M.; Whitehead, P.G.; Williams, R.J.; Neal, M.; Harrow, M. and Wickham, H. 2000. The water quality of the river Kennet: initial observations on a lowland chalk stream impacted by sewage inputs and phosphorous remediation. *The Science of the Total Environment* 251/252, 477-495.

- Norma Técnica Peruana. Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras. 2012.
- Olguín, E. J., González, R. E., Sánchez, G., Zamora, J. E., & Owen, T. (2014). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 1(2), 178–190.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2004. Guías para la calidad del agua potable. OMS. Ginebra.
- OPS (organización mundial de la salud) 1988. Agua y salud humana. México D. F. México. Limusa. 231 p.
- Otero, S.A. 2002. Creación y diseño de organismo de cuencas en la subcuenca río Copan Honduras. Tesis Mg Turrialba, CR. CATIE 119p
- OTT, W. 1978. Environmental Índices. Theory and practice, AA Sciencie, Ann Arbor, Michigan.
- Pérez CA, Rodríguez A. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev. Biol. Trop.* 56(4): 1905-1918.
- Pérez, J. K. 2017. Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales - Omo. Universidad José Carlos Mariategui, Moquegua. ¿Recuperado de [http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/299/Julisa\\_Tesis\\_titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/299/Julisa_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- PREQB. 2004. Puerto Rico Environmental Quality Board, Puerto Rico Water Quality Inventory and List of Impaired Waters, 2004 – 305 (b) /303 (d) Final Report.
- Prieto, C. 1997. Autogestión administrativa y financiera del agua. IICA. Lima. PE
- Ramirez, O. 2010. Problemática y estudio del ambiente. [En línea]: UNAD, ([http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358001/Material\\_didactico/identificacin\\_del\\_tema\\_ficha\\_tcnica.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358001/Material_didactico/identificacin_del_tema_ficha_tcnica.html), 1 junio 2014)

- Ramirez, Y. 2015. Determinación de la calidad de agua del centro poblado Chicama-La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), 2010. Ley de Aguas Nacional y su Reglamento 25 p
- Robles-Camacho, J. and Armienta, M.A. 2013. Natural chromium contamination of groundwater at Leon Valley, Mexico. *Journal of Geochemical Exploration* 68, 167-181.
- Robson, A.J. and Neal, C. 1997. A summary of regional water quality for Easter UK Rivers. *The Science of the Total Environment* 194/195, 173-192.
- Salazar, J. 2008. Corrientes filosóficas y sus representantes.
- Salameh E. y Harahsheh S. 2011. Eutrophication Processes in Arid Climates. En *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. (A.A. Ansari, S. Singh Gill, G.R. Lanza y W. Rast, Eds.). Springer, New York, 69-90.
- Samboni, N. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. [En línea], Redalyc, (<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>, Ingeniería e Investigación, 18 Mayo 2014).
- Scheren, P.A.G.M.; Kreze, C.; Janssen, F.J.J.C.; Hordijk, L. and Ptasiński, K.J. 2004. Integrated water pollution assessment of the Ebrié Lagoon, Ivory Coast, and West Africa. *Journal of Marine Systems* 44, 1-17.
- Severiche C. y González U. 2012. Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Aguas de Cartagena SA ESP Ing. USBMed*, 2012; Vol. 3, No. 2, Julio - Diciembre.
- SEMARNAT, Agua. Calidad del Agua. Informe de la situación del medio ambiente en México. *Complejo de Estadísticas ambientales 2005*. 129-154. Boulevard Adolfo Ruiz Cortínez, No 4209. Jardines de la Montaña, CP 14210. Tlalpan, México DF.

- Shakir, A., Shakoor, A. y Iqbal, J., 2013. Impact of antropogenic activities on pHysicchemical parameters of water and mineral uptake in Catla from river Ravi, Pakistan. 185(3), pp. 2833-2842.
- ShiowMey L, L ShangLien, W ShanHsien, 2004. A generalised water quality index for Taiwan. Enviromental Monitoring and Assessment 96. 35.
- Tebbut. 1998, Fundamentos de control de calidad del agua, Editorial Limusa, Mexico, 239pp
- Tomazoni JC, VL Bittencourt-A, R Filho, EF da Mantovani-L,. 2003. Water quality of the basin of the rivers Anta Gorda, Brinco and Jirau- Southeast of the State of Paraná Brazil. Sanare 20. 28.
- Vásquez, M. (2015). Evaluación de la calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y algunos parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca, Pampas, Pallasca. Ancash. Perú. Universidad Nacional de Trujillo, Ancash. Recuperado de <http://creativecommons.org/licenses/by-ns-sa/2.5/pe/>
- World Health Organization (WHO). (2011). Hardness in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. (WHO/SDE/WSH/03.04/6). [en línea] [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/hardness.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf) 30/09/2012



**ANEXOS**

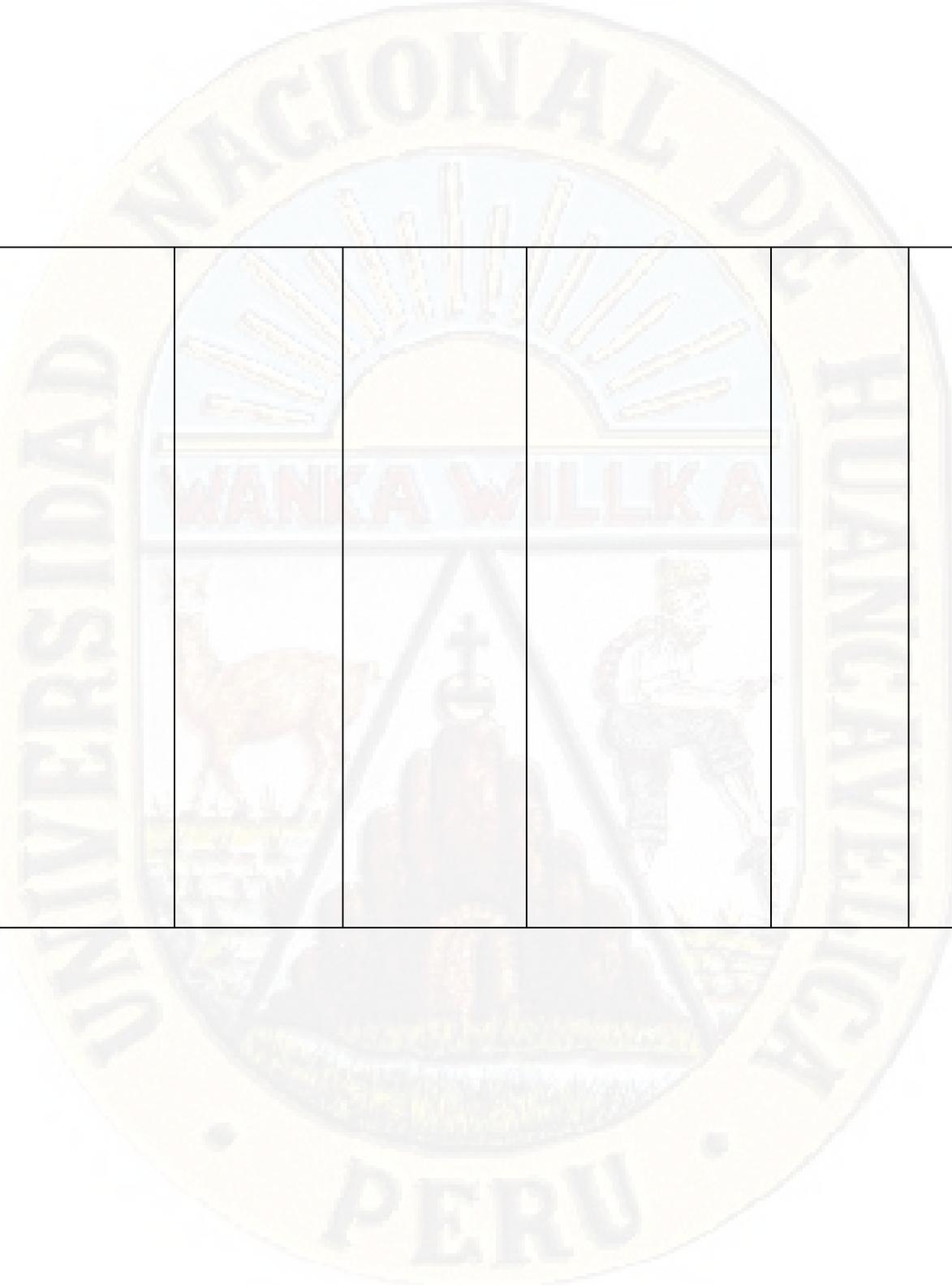
## Anexo 1

**Tabla 13**

*Matriz de consistencia*

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Sub Dimensiones	Indicadores	Diseño de Investigación	Metodología
<p>Problema General: ¿Cuál es la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?</p> <p>Problemas específicos: - ¿Cuáles son los parámetros físicos en T°, pH, sólidos totales disueltos,</p>	<p>Objetivo general: Determinar la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</p> <p>Objetivos específicos: - Determinar los parámetros físicos de T°, sólidos totales disueltos, pH, Bioquímica de Oxígeno, turbidez y</p>	<p>La calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica según los ICA-NSF es mala.</p>	<p>Variable 1: calidad del agua del río Ichu</p>	<p>Parámetros físicos, químicos y microbiológicos</p>	<p>- Temperatura</p> <p>- Sólidos totales disueltos (STD)</p> <p>- pH</p> <p>- Oxígeno disuelto (OD)</p> <p>- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</p> <p>- Nitratos</p> <p>- Fosfatos</p> <p>- Turbidez</p> <p>- Coliformes fecales.</p>	<p>- °C</p> <p>- mg/l</p> <p>- Unidad</p> <p>- mg/l</p> <p>- mg/l</p> <p>- NTU</p> <p>- NMP/100 ml</p>	<p>Tipo de investigación: - Básica-aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: - Descriptiva</p> <p>Método de investigación: - No Experimental</p> <p>Diseño de investigación: - Descriptivo Longitudinal</p>	<p>Población: - La cuenca del Río Ichu.</p> <p>Muestra: - Agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</p> <p>Técnicas: - Observación. - Descripción.</p> <p>Instrumentos: - Registros. - Analizadores de agua.</p>

<p>Oxígeno disuelto, Demanda bioquímica de oxígeno y Turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?</p> <p>- ¿Cuáles son los parámetros químicos de nitratos y fosfatos de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?</p> <p>- ¿Cuáles son los parámetros microbiológicos de coliformes fecales de las</p>	<p>oxígeno disuelto de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica</p> <p>- Determinar los parámetros químicos de nitratos y fosfatos de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.</p> <p>- Determinar los parámetros microbiológicos de coliformes fecales de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.</p>						<p style="text-align: center;"><math>T_x</math></p> <p><math>M \longrightarrow</math></p> <p style="text-align: center;"><math>O_x</math></p> <p>M: Muestra representativa de agua</p> <p><math>T_x</math>: Tiempo en meses</p> <p><math>O_x</math>: Observaciones de contaminantes biológicos, químicos y físicos.</p>	<p>Procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa ICA TEST 1.0</li> <li>- <b>Software Microsoft Excel</b></li> </ul>
---	---	--	--	--	--	--	---	---



<p>aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?</p> <p>-¿Cuál es la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas de Huancavelica, calculadas mediante el ICA-NSF?</p>	<p>- Determinar la calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas de Huancavelica, calculadas mediante el ICA-NSF.</p>							
---	--	--	--	--	--	--	--	--

## Anexo 2

**Tabla 14.** Instrumento de recolección de datos 1: Ficha de registro de datos en campo

Cuenca: Río Ichu

Realizado por: Víctor G. Sánchez Araujo

Punto de monitoreo	Origen de la fuente	Dist	Prov	Dep	Coordenadas		Altura	Fecha	Hora	pH	T	DBO	OD	TUR	ST D	FOS	NIT	COLI
					Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C				mg/l			mg/l
PM-B	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°48'11.13"s	2°53.33"o	3946	13/05/19	9.10	7.50	13	15.5	4.46	1.8	40	0.45	9.2	1200
PM-1	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'24.67"s	1°11.34"o	3931	13/05/19	9.24	7.47	13.6	20.55	4.5	5.3	40	0.50	13	1850
M-2	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'43.43"s	74°59'38.49"o	3682	13/05/19	10.12	7.47	13	25.5	4.5	5.3	40	0.50	13	2200
PM-3	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°47'13.03"s	74°58'46.48"o	3684	13/05/19	10.23	7.40	13.6	25.5	4.5	6.45	45.5	0.50	13.5	2250
PM-4	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'54.11"s	74°57'52.48"o	3665	13/05/19	10.50	7.40	13.6	25	4.5	6.46	45.5	0.55	13.5	2250
PM-5	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°47'3.56"s	74°56'25.67"o	3589	13/05/19	11.25	7.40	13	25.5	4.5	6.53	50	0.55	13.5	2265

**LEYENDA:**

T	: Temperatura	ME-06	Método electrólito.
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98	Examination of the water and wastewater.
OD	: Oxígeno Disuelto	ME-05-2017	Método colorímetro.
TUR	: Turbidez	ME-04	Método clásico instrumental.
STD	: Solidos Totales Disueltos	ME-04	Método clásico instrumental.
FOS	: Fosfatos	ME-05-2017	Método colorímetro.
NIT	: Nitratos	ME-05-2017	Método colorímetro.
COLI	: Coliformes fecales	ME-02	2017 Métodos de tubos múltiples-f. membrana.

**Tabla 15.** Instrumento de recolección de datos 2: Ficha de registro de datos en campo

Cuenca: Río Ichu

Realizado por: Víctor G. Sánchez Araujo

Punto de monitoreo	Origen de la fuente	Dist	Prov	Dep	Coordenadas		Altura	Fecha	Hora	pH	T	DBO	OD	TUR	STD	FOS	NIT	COLI
					Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/l	mg/l	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml
PM-B	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°48'11.13"s	2°53.33"o	3946	10/07/19	9.00	7.30	13.6	18.5	4.40	1.9	39.5	0.48	9.5	1900
PM-1	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'24.67"s	1°11.34"o	3931	10/07/19	9.20	7.30	13.0	20.80	5.50	5.3	38	0.80	14.2	1855
PM-2	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'43.43"s	74°59'38.49"o	3682	10/07/19	9.46	7.47	13.0	25.5	4.5	5.3	40	0.50	13	2200
PM-3	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°47'13.03"s	74°58'46.48"o	3684	10/07/19	10.10	7.50	13.0	28.5	5.1	5.5	39	0.70	12	2290
PM-4	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'54.11"s	74°57'52.48"o	3665	10/07/19	10.37	7.50	13.6	28	4.5	6.45	45	0.5	13	2280
PM-5	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°47'3.56"s	74°56'25.67"o	3589	10/07/19	11.23	7.20	13.6	28.5	4.0	6.00	48	0.56	12.5	2275

**LEYENDA:**

- |      |                                 |  |
|------|---------------------------------|--|
| T    | : Temperatura                   | ME-06 Método electrólito.                          |
| DBO  | : Demanda Bioquímica de Oxígeno | ME-98 Examination of the water and wastewater.     |
| OD   | : Oxígeno Disuelto              | ME-05-2017 Método colorímetro.                     |
| TUR  | : Turbidez                      | ME-04 Método clásico instrumental.                 |
| STD  | : Solidos Totales Disueltos     | ME-04 Método clásico instrumental.                 |
| FOS  | : Fosfatos                      | ME-05-2017 Método colorímetro.                     |
| NIT  | : Nitratos                      | ME-05-2017 Método colorímetro.                     |
| COLI | : Coliformes fecales            | ME-02 2017 Métodos de tubos múltiples-f. Membrana. |

**Tabla 16.** Instrumento de recolección de datos 3: Ficha de registro de datos en campo

Cuenca: Río Ichu

Realizado por: Víctor G. Sánchez Araujo

Punto de monitoreo	Origen de la fuente	Dist	Prov	Dep	Coordenadas		Altura	Fecha	Hora	pH	T	DBO	OD	TUR	STD	FOS	NIT	COLI
					Norte/Sur	Este/Oeste	Msnm				°C	mg/l	mg/l	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml
PM-B	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°48'11.13"s	2°53.33"o	3946	10/07/19	9.00	7.40	13.2	17.5	4.42	1.9	41	0.49	9.7	1400
PM-1	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'24.67"s	1°11.34"o	3931	10/07/19	9.20	7.37	13.1	20.60	5.50	5.5	40	0.60	14	1850
PM-2	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'43.43"s	74°59'38.49"o	3682	10/07/19	9.46	7.47	13.0	26.5	4.6	5.6	40	0.57	13	2200
PM-3	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°47'13.03"s	74°58'46.48"o	3684	10/07/19	10.10	7.43	13.2	27.5	5.0	5.5	44.6	0.60	14	2260
PM-4	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°46'54.11"s	74°57'52.48"o	3665	10/07/19	10.37	7.40	13.4	28	4.5	6.4	45	0.55	13	2280
PM-5	Río corriente	Hvca	Hvca	Hvca	12°47'3.56"s	74°56'25.67"o	3589	10/07/19	11.23	7.40	13.2	27.5	4.5	6.5	51	0.56	13	2280

**LEYENDA:**

T	: Temperatura	ME-06 Método electrólito.
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater.
OD	: Oxígeno Disuelto	ME-05-2017 Método colorímetro.
TUR	: Turbidez	ME-04 Método clásico instrumental.
STD	: Solidos Totales Disueltos	ME-04 Método clásico instrumental.
FOS	: Fosfatos	ME-05-2017 Método colorímetro.
NIT	: Nitratos	ME-05-2017 Método colorímetro.
COLI	: Coliformes fecales	ME-02 2017 Métodos de tubos múltiples-f. Membrana.

### Anexo 3.

**Tabla 17**

*Análisis de estadístico para las variables en estudio.*

**DATA** ESTDISCRIVIC;

**INPUT** PH;

**CARDS**;

7.5

7.47

7.47

7.4

7.4

7.4

**PROC UNIVARIATE** PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIVIC;

**VAR** PH;

**HISTOGRAM**;

**RUN**;

Procedimiento UNIVARIATE

Variable: PH

<b>Momentos</b>			
<b>N</b>	6	<b>Sumar pesos</b>	6
<b>Media</b>	7.44	<b>Observ suma</b>	44.64
<b>Desviación std</b>	0.04516636	<b>Varianza</b>	0.00204
<b>Asimetría</b>	0.25396309	<b>Curtosis</b>	-2.505767
<b>SC no corregida</b>	332.1318	<b>SC corregido</b>	0.0102
<b>Coef. variación</b>	0.60707472	<b>Media error std</b>	0.01843909

<b>Medidas estadísticas básicas</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>Variabilidad</b>

<b>Medidas estadísticas básicas</b>			
<b>Ubicación</b>		<b>Variabilidad</b>	
<b>Media</b>	7.440000	<b>Desviación std</b>	0.04517
<b>Mediana</b>	7.435000	<b>Varianza</b>	0.00204
<b>Moda</b>	7.400000	<b>Rango</b>	0.10000
		<b>Rango intercuartil</b>	0.07000

<b>Tests para posición: <math>\mu_0=0</math></b>				
<b>Test</b>	<b>Estadístico</b>		<b>p valor</b>	
<b>T de Student</b>	<b>t</b>	403.4907	<b>Pr &gt;  t </b>	<.0001
<b>Signo</b>	<b>M</b>	3	<b>Pr &gt;=  M </b>	0.0313
<b>Puntuación con signo</b>	<b>S</b>	10.5	<b>Pr &gt;=  S </b>	0.0313

<b>Tests para normalidad</b>				
<b>Test</b>	<b>Estadístico</b>		<b>p valor</b>	
<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>W</b>	0.79632	<b>Pr &lt; W</b>	0.0544
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>	<b>D</b>	0.312087	<b>Pr &gt; D</b>	0.0667
<b>Cramer-von Mises</b>	<b>W-Sq</b>	0.107791	<b>Pr &gt; W-Sq</b>	0.0710
<b>Anderson-Darling</b>	<b>A-Sq</b>	0.628789	<b>Pr &gt; A-Sq</b>	0.0522

<b>Cuantiles (Definición 5)</b>	
<b>Nivel</b>	<b>Cuantil</b>
<b>100% Máx</b>	7.500

<b>Cuantiles (Definición 5)</b>	
<b>Nivel</b>	<b>Cuantil</b>
<b>99%</b>	7.500
<b>95%</b>	7.500
<b>90%</b>	7.500
<b>75% Q3</b>	7.470
<b>50% Mediana</b>	7.435
<b>25% Q1</b>	7.400
<b>10%</b>	7.400
<b>5%</b>	7.400
<b>1%</b>	7.400
<b>0% Mín</b>	7.400

<b>Observaciones extremas</b>			
<b>Inferior</b>		<b>Superior</b>	
<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
7.40	6	7.40	5
7.40	5	7.40	6
7.40	4	7.47	2
7.47	3	7.47	3
7.47	2	7.50	1

## Anexo 4

**Tabla 18**

*Análisis de los 6 puntos de muestreo de la zona urbana del río Ichu.*

Ensayos	Unidad	Resultado / Muestra					
		PMA-01	PMA-02	PMA-03	PMA-04	PMA-05	PMA-06
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15.5	20.55	25.5	25.5	25	25.5
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	4.46	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coliformes Fecales (CF)	NMP/100 MI	1200	1850	2200	2250	2250	2265
Nitratos	mg/L N	9.2	13	13	13.5	13.5	13.5
PH	Unidad pH	7.5	7.47	7.47	7.4	7.4	7.4
Temperatura	C°	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
Solidos Totales Disueltos	mg/L	40	40	40	45.5	45.5	50
Fosfatos	mg/L P	0.45	0.5	0.5	0.5	0.55	0.55
Turbidez	UNT	1.8	5.3	5.3	6.45	6.46	6.53

Aquí se muestran los resultados obtenidos de los 6 puntos de muestreo con tres repeticiones en el río Ichu, donde se puede detallar los parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros microbiológicos.

## Anexo 5

Panel fotográfico.

**Figura 15**

*Monitoreo con GPs de los puntos de muestreo*



**Figura 16**

*Toma de muestra de agua de río Ichu*



**Figura 17**

*Medición de pH, temperatura, conductividad eléctrica*



**Figura 18**

*Puntos de recolección de la muestra*



**Figura 19**

*Equipo de monitoreo de parámetros químicos en el río Ichu.*



**Figura 20**

*Intersección entre el río Ichu y el río Disparate*



**Figura 21**

*Recolección de muestra en el punto de muestreo.*



**Figura 22**

*Recolección de muestra en el punto de muestreo.*



## Anexo 6

Base de datos del análisis de laboratorio

Figura 2. Reporte de análisis de laboratorio.

**RCJ**  
**LABS UNIVERSAL**

*SERVICIO ANALISIS DE MINERALES,  
SUELO AGRICOLA Y MEDIO AMBIENTE*

---

## REPORTE DE ANALISIS

**Análisis Solicitado por** : Victor Sánchez Araujo  
**Tipo de muestra** : Muestras de Aguas  
**Fecha de recepción** : 03/ 05 /2019  
**Fecha de inicio** :13/05/2019  
**Fecha de finalización** : 13 /05/2019  
**Tipo de ensayo** : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00055	PMA-01	<b>Temperatura</b> T°C	13.5
		PH	7.5
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	40
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.46
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5	15.5

	mg/L	
<b>Turbidez</b> NTU		1.8
<b>Nitratos</b> NO <sub>3</sub> - mg/L		9.2
<b>Fosfatos</b> PO <sub>4</sub> mg/L		0.45
<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml		1200

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00056	PMA-02	<b>Temperatura</b> T°C	13.6
		PH	7.47
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	40
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.5
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO <sub>5</sub> mg/L	20.55
		<b>Turbidez</b> NTU	5.3

	<b>Nitratos</b> NO <sub>3</sub> - mg/L	13
	<b>Fosfatos</b> PO <sub>4</sub> mg/L	0.5
	<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	1850

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00057	PMA-03	<b>Temperatura</b> T°C	13.6
		PH	7.47
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	40
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.5
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO <sub>5</sub> mg/L	25.5
		<b>Turbidez</b> NTU	5.3
		<b>Nitratos</b> NO <sub>3</sub> - mg/L	13

	<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.5
	<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2200

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00058	PMA-04	<b>Temperatura</b> T°C	13
		PH	7.4
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	45.5
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.5
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	25.5
		<b>Turbidez</b> NTU	6.45
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	13.5
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.5

	<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2250
--	--	------

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00059	PMA-05	<b>Temperatura</b> T°C	13.6
		PH	7.4
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	45.5
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.5
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	25
		<b>Turbidez</b> NTU	6.46
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	13.5
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.55
		<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2250

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00060	PMA-06	<b>Temperatura</b> T°C	13.4
		PH	7.4
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	50
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.5
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	25.5
		<b>Turbidez</b> NTU	6.53
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	13.5
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.55
		<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2265

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARAMETROS

METODOS DE ENSAYO

---

DBO<sub>5</sub> ME-98 EXAMINATION OF THA WATER AND WASTEWATER

DQO ME-05-2017 METODO COLORIMETRO

Coliformes T.T ME-02-2017 METODOS DE TUBOS MULTIPLES-F.Membrana

Sólidos Suspendidos ME-04 METODO CLASICO INSTRUMENTAL

Huancayo, 13 de mayo del 2019



-----  
MSc. Ing. Chavarría Márquez Esmila

CIP N°191752

Responsable de Laboratorio M.A.

RCJ LABS UNIVERSAL

**RCJ LABS UNIVERSAL**

Figura 3. Reporte de análisis de laboratorio.

## REPORTE DE ANALISIS

Análisis Solicitado por : Víctor Sánchez Araujo

Tipo de muestra : Muestras de Aguas

Fecha de recepción : 02/ 07 /2019

Fecha de inicio : 02/07/2019

Fecha de finalización : 10 /07/2019

Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00055	PMA-01	<b>Temperatura</b> T°C	13.6
		PH	7.3
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	39.5
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.4
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	18.5
		<b>Turbidez</b> NTU	1.9

		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	9.5
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.48
		<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	1900

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00056	PMA-02	<b>Temperatura</b> T°C	13
		PH	7.3
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	38
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.55
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	20.8
		<b>Turbidez</b> NTU	5.5
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	14.2

	<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.8
	<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	1855

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00057	PMA-03	<b>Temperatura</b> T°C	13
		PH	7.5
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	39
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	5.1
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	28.5
		<b>Turbidez</b> NTU	5.5
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	12
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.7

		<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2290
--	--	--	------

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00058	PMA-04	<b>Temperatura</b> T°C	13
		PH	7.2
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	45.45
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.8
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	26
		<b>Turbidez</b> NTU	6.5
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	14
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.7
		<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2255

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00059	PMA-05	<b>Temperatura</b> T°C	13.6
		PH	7.5
		<b>Solidos Totales Disueltos</b> STD mg/L	45
		<b>Oxígeno Disuelto</b> OD mg/L	4.5
		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b> DBO5 mg/L	28
		<b>Turbidez</b> NTU	6.45
		<b>Nitratos</b> NO3- mg/L	13
		<b>Fosfatos</b> PO-4 mg/L	0.5
		<b>Coliformes Fecales</b> NMP/100ml	2280

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETROS	RESULTADO
MA-19/00060	PMA-06	<b>Temperatura</b>	13.6

	T°C	
	PH	7.2
	<b>Solidos Totales Disueltos</b>	
	STD mg/L	48
	<b>Oxígeno Disuelto</b>	
	OD mg/L	4
	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	
	DBO5 mg/L	28.5
	<b>Turbidez</b>	
	NTU	6
	<b>Nitratos</b>	
	NO3- mg/L	12.5
	<b>Fosfatos</b>	
	PO-4 mg/L	0.56
	<b>Coliformes Fecales</b>	
	NMP/100ml	2275

**RCJ LABS UNIVERSAL**

**PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:**

**PARAMETROS**

**METODOS DE ENSAYO**

DBO<sub>5</sub>

ME-98 EXAMINATION OF THA WATER AND WASTEWATER

DQO

ME-05-2017 METODO COLORIMETRO

Coliformes T.T

ME-02-2017 METODOS DE TUBOS MULTIPLES-F.Membrana

Sólidos Suspendidos

ME-04 METODO CLASICO INSTRUMENTAL

---

Huancayo 10 de Julio del 2019



MSc.Ing. Chavarría Márquez Esmila  
CIP N°191752  
Responsable de Laboratorio M.A.  
RCJ LABS UNIVERSAL

**RCJ LABS UNIVERSAL**

## Anexo 7

**Figura 4**

*Hoja de cálculo del ICA - NSF*

CALCULO DEL INDICE NSF		
PARAMETRO	UNIDADES	W1
OXIGENO DISUELTO	OD en % saturación	0.17
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	0.16
pH	unidades de pH	0.11
DBO	DBO <sub>5</sub> en mg/ L	0.11
T°	°C	0.1
FOSFATOS TOTALES	PO <sub>4</sub> en mg/L	0.1
NITRATOS	NO <sub>3</sub> en mg/L	0.1
TURBIDEZ	NTU	0.08
SOLIDOS TOTALES	mg/ L	0.07

Fuente: Sistema Nacional de Estudio Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

**Figura 5**

*Rango de calidad del agua según ICA-NSF*

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena 71 a 90		71 a 90
Regular 51 a 70		51 a 70
Mala 26 a 50		26 a 50
Pésima 0 a 25		0 a 25

Fuente: ICA-NSF-USA (BROWN, 1970)