

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N°. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Y SANITARIA



TESIS

**VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA
APLICANDO LA METODOLOGÍA ICA- PE, DEL RÍO
ESCALERA, EN EL DISTRITO DE HUACHOCOLPA,
PROVINCIA DE HUANCABELICA DURANTE EL PERÍODO
2015-2018**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS
(SENSIBILIZACIÓN Y CONTAMINACIÓN DE FUENTES DE AGUA)**

PRESENTADO POR:

**Bach. HILARIO QUISPE, Margaret Rosmery
Bach. MAMANI TORRES, Lizeth**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

**HUANCABELICA, PERÚ
2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los catorce días (14) del mes de enero del año 2021, siendo las dieciséis horas (17:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: **M.Sc. Jorge Luis HUERE PEÑA (PRESIDENTE)**, **Mg. Héctor José LA ROSA GUERRERO (SECRETARIO)**, **M.Sc. Fernando Martín TORIBIO ROMÁN (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 191-2018-FCI-UNH, de fecha 27 de diciembre del 2018, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: "VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA APLICANDO LA METODOLOGÍA ICA-PE, DEL RIO ESCALERA, EN EL DISTRITO DE HUACHOCOLPA, PROVINCIA DE HUANCAMELICA DURANTE EL PERIODO 2015-2018", presentada por las Bachilleres **Lizeth MAMANI TORRES y Margaret Rosmery HILARIO QUISPE** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas...18:50...; se comunicó a las sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

Lizeth MAMANI TORRES

APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐

Margaret Rosmery HILARIO QUISPE

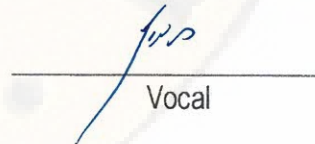
APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

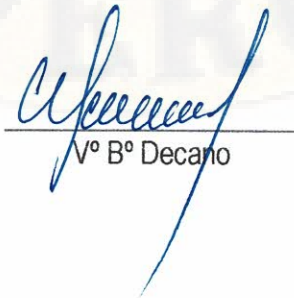
DESAPROBADO ☐

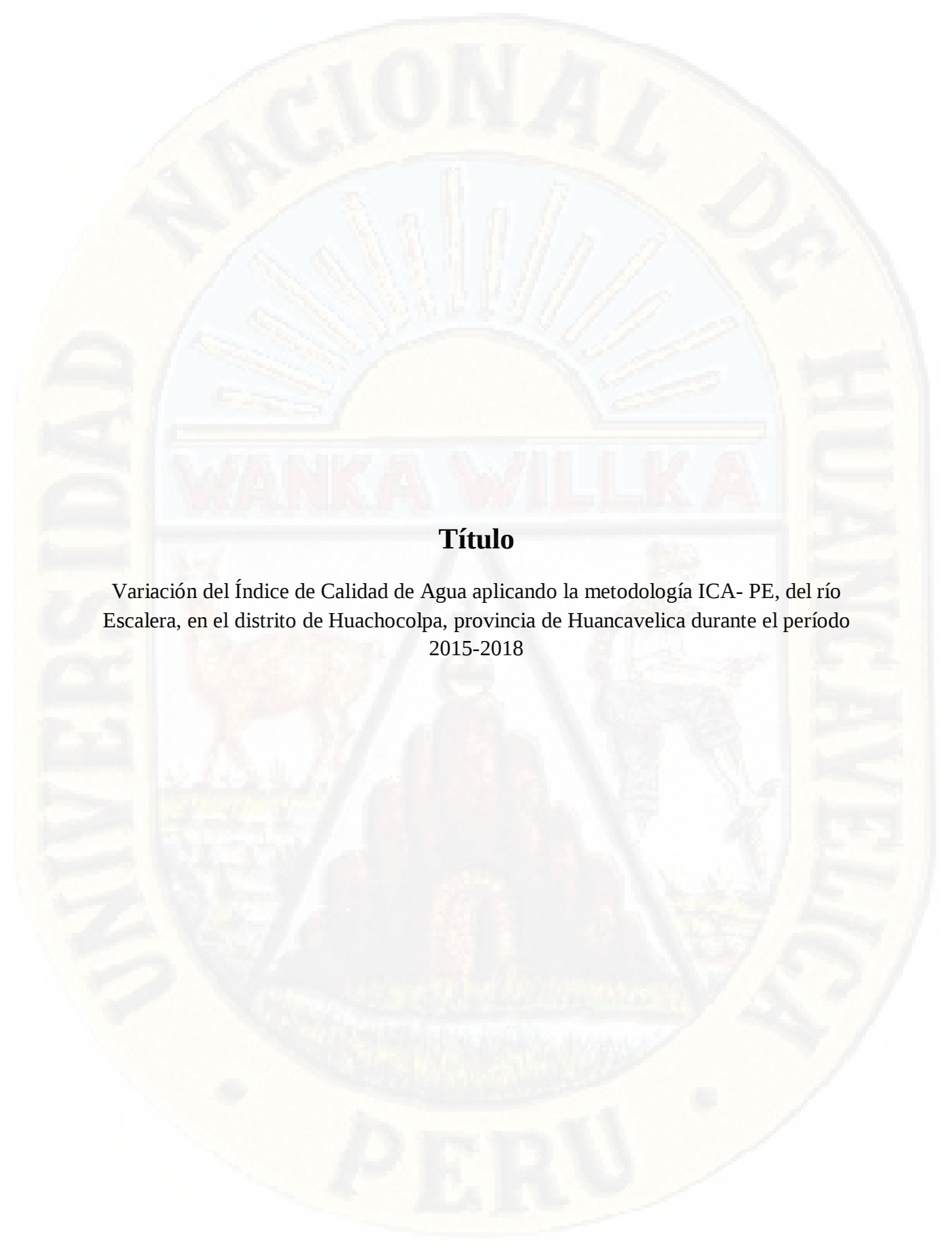
En señal de conformidad, firmamos a continuación:


Presidente


Secretario

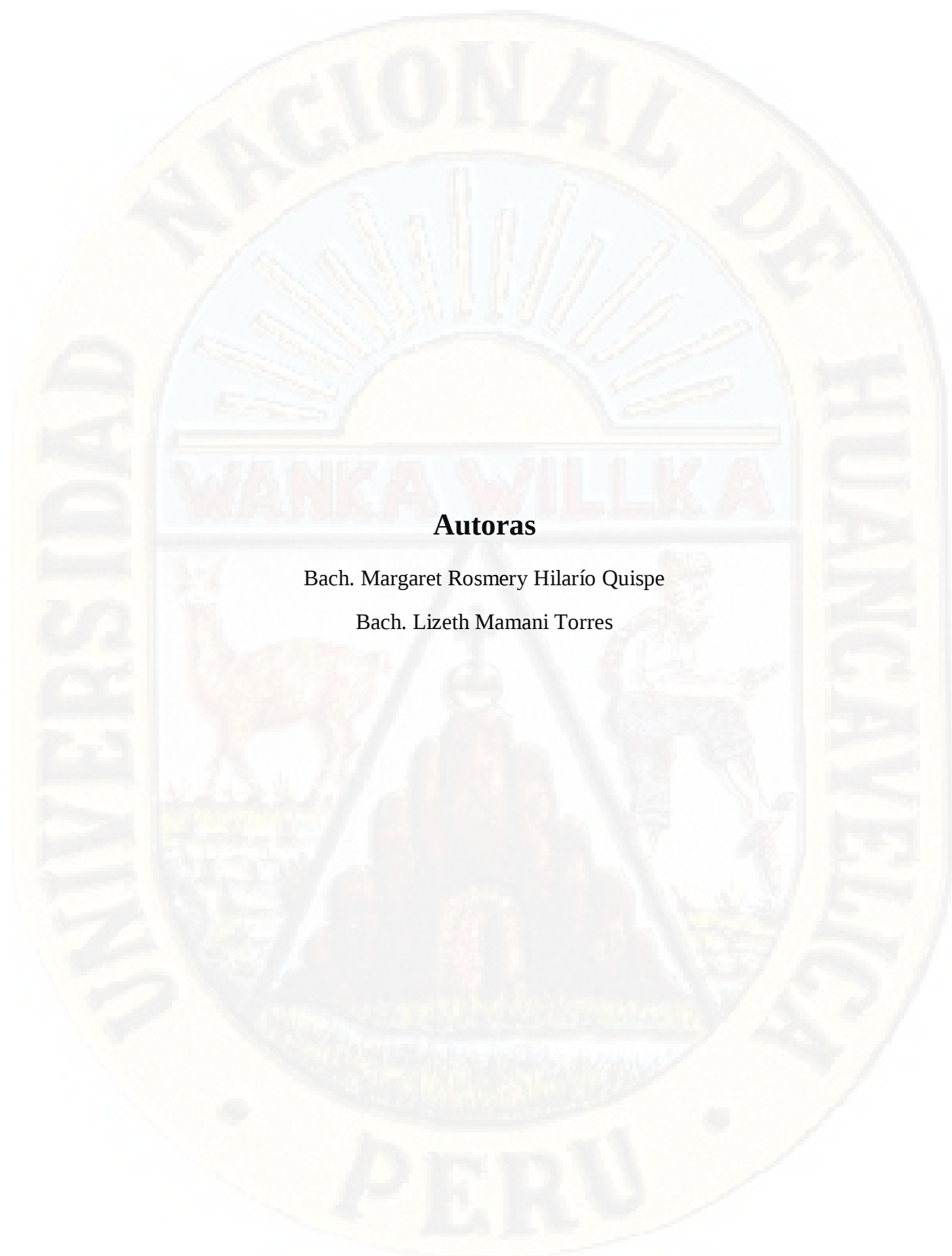

Vocal


Vº Bº Decano

The logo of the Universidad Nacional de Huancavelica is a circular emblem. It features a central shield with a sun rising over a mountain range, flanked by a deer on the left and a figure on the right. The shield is set against a background of a sunburst. The text "UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCavelica" is written in a circular border around the shield, and "PERU" is at the bottom.

Título

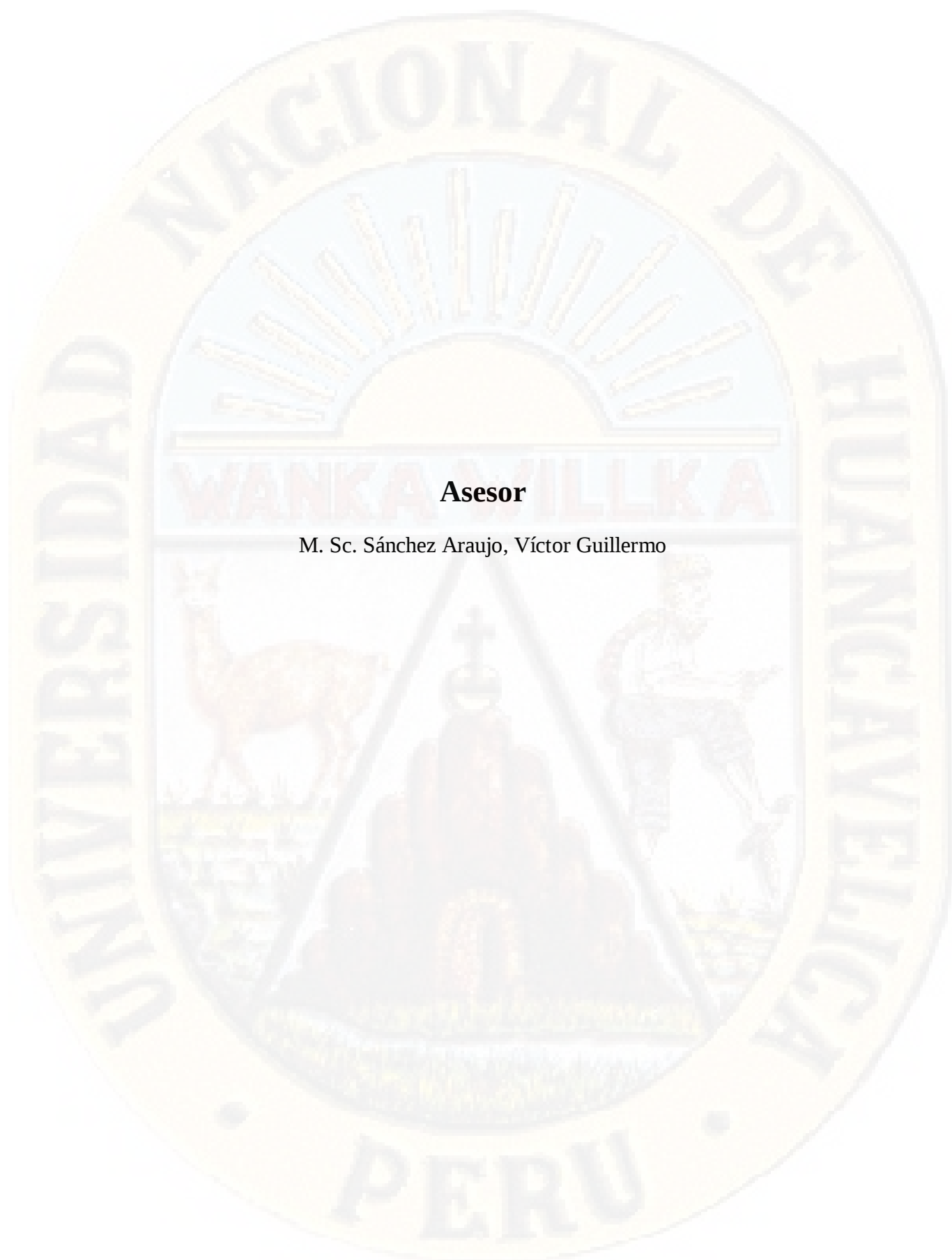
Variación del Índice de Calidad de Agua aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica durante el período 2015-2018



Autoras

Bach. Margaret Rosmery Hilarío Quispe

Bach. Lizeth Mamani Torres



Asesor

M. Sc. Sánchez Araujo, Víctor Guillermo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Dios, por brindarme su bendición, fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Eleuterío y Martha, a mis hermanas Raquel y Franceni y a hermano Rolando por ser el pilar fundamental y quienes con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

Margaret Rosmery Hilarío Quispe

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Dios, por brindarme perseverancia y fortaleza en cada paso que he dado.

A mi madre y hermana por el gran apoyo incondicional, por sus consejos, por la paciencia infinita que tuvieron conmigo.

A mi pequeña Anyeli por ser de mi vida un pedacito, a la que quiero como a nadie he de querer.

Lizeth Mamani Torres

Agradecimiento

A Dios

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres

Por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo

A nuestros familiares

A nuestros hermanos y hermanas por haber sido los ejemplos de superación y de la cual aprendimos aciertos y de momentos difíciles; y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de este trabajo de investigación. ¡Gracias a ustedes!

A nuestros Asesor

Al M.Sc. Víctor Guillermo Sánchez Araujo por su apoyo y asesoramiento en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A nuestros Jurados

Al Dr. Fernando Martin Toribio Román, Mg. Jorge Luis Hure Peña, Ing. Hector José La Rosa Guerrero, quienes dedicaron parte de su tiempo para darnos la orientación, recomendación y motivación para la culminación del presente estudio.

A nuestros docentes

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, agradecemos profundamente al Dr. Fernando Martin Toribio Román por su paciencia, tiempo y su motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y lograr culminar satisfactoriamente esta etapa de nuestra vida profesional.

A las siguientes instituciones

A la Administración Local del agua, por la orientación brindada.

A nuestros amigos

Con quienes nos apoyamos a lo largo de la formación profesional y que gracias a esa consolidación de equipo pudimos obtener tantos logros académicos: Sayury Esplana Esteban, Cesia Quispe Arana, Lourdes Taype Alanya; y a todos los que no pudimos mencionar ¡Muchas gracias!

Índice

Título	ii
Autoras	iii
Asesor	iv
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	xii
Resumen	xvi
Abstract	xvii
Introducción	xviii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Justificación	6
1.5. Limitaciones	9
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes	10
2.2 Bases Teóricas sobre el tema de investigación	23
2.3 Bases Conceptuales	27
2.4 Definición de Términos	56
2.5 Hipótesis	58
2.6 Variables	58
2.7 Operacionalización de variables	59
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS	60
3.1. Ámbito temporal y espacial	60
3.2. Tipo de investigación	62
3.3. Nivel de investigación	62

3.4. Población, muestra y muestreo.....	63
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	65
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	73
CAPITULO IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
4.1. Análisis de información	74
4.2. Prueba de Hipótesis	118
4.3. Discusión de resultados.....	166
Conclusiones.....	170
Recomendación.....	171
Referencias bibliográficas	172
Apéndice.....	177

Índice de Tablas

Tabla 1 Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes	34
Tabla 2 Fuentes contaminantes de origen antrópico, según su tipo.....	35
Tabla 3 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.....	38
Tabla 4 Ventajas y limitaciones del Índice de Calidad del Agua (ICA)	41
Tabla 5 Descripción de los agentes contaminantes.....	43
Tabla 6 Parámetros considerados en la categoría 3 - Riego de vegetales y bebida de animales de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para agua	50
Tabla 7 Operacionalización de Variables.....	59
Tabla 8 <i>Técnicas e instrumentos de recolección</i>	67
Tabla 9 Descripción de la fuente contaminante en el área de estudio	69
Tabla 10 Ubicación de los puntos de monitoreo.....	70
Tabla 11 Clasificación de del cuerpo de agua, río Escalera	71
Tabla 12 Resumen de Resultados obtenidos y su variación lo largo del período 2015 - 2018.....	76
Tabla 13 Pruebas de normalidad calculadas para el Índice de Calidad de Agua calculado durante el período 2015 - 2018.....	122
Tabla 14 Prueba de homogeneidad	122
Tabla 15 Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de Fisher.....	124
Tabla 16 Prueba Post Hoc del Índice de Calidad de Agua de los recurso hídricos superficiales del río Escalera	125
Tabla 17 Prueba Tukey para la prueba Post Hoc del Índice de Calidad de Agua de los recurso hídricos superficiales río Escalera	126
Tabla 18 Prueba de normalidad para el nivel de concentración de cloruros período 2015 – 2018.....	127
Tabla 19 Prueba estadística de wilcoxon para la concentración del parámetro cloruros período 2015 – 2018	128
Tabla 20 Prueba de normalidad para la concentración de conductividad eléctrica período 2015 – 2018	129

Tabla 21 Prueba estadístico de wilcoxon para la concentración del parámetro conductividad eléctrica periodo 2015 – 2018.....	130
Tabla 22 Prueba de normalidad para la concentración de DBO ₅ período 2015 – 2018	131
Tabla 23	132
Tabla 24 Prueba de normalidad para la concentración de oxígeno disuelto período 2015 – 2018.....	134
Tabla 25 Prueba de T para la concentración del parámetro oxígeno disuelto año 2015, 2016 y 2017	135
Tabla 26 Prueba estadística de wilcoxon para la concentración del parámetro oxígeno disuelto año 2018.....	135
Tabla 27 Prueba de normalidad para la concentración del potencial de hidrogeno período 2015 – 2018	136
Tabla 28 Prueba de T para la concentración del parámetro potencial de hidrogeno año 2015, 2016 y 2017	138
Tabla 29 Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración del parámetro potencial de hidrogeno año 2018.....	139
Tabla 30 Prueba de normalidad para la concentración de aluminio período 2015 – 2018	140
Tabla 31 Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración de aluminio período 2015 – 2018.....	141
Tabla 32 Prueba de normalidad para niveles de concentración de arsénico período 2015 – 2018.....	142
Tabla 33 Prueba estadístico de Wilcoxon para la concentración de arsénico período 2015 – 2018.....	143
Tabla 34 Prueba de normalidad para la concentración de boro período 2015 – 2018.	144
Tabla 35 Prueba estadística de wilcoxon para la concentración de parámetro boro período 2015 – 2018	145
Tabla 36 Prueba de normalidad para la concentración de cadmio período 2015 – 2018	146
Tabla 37 Prueba de T Student para la concentración de cadmio año 2017.....	147

Tabla 38 Prueba estadística de wilcoxon para la concentración de cadmio años 2015, 2016 y 2018	147
Tabla 39 Prueba de normalidad para la concentración de cobre período 2015 – 2018	148
Tabla 40 Prueba estadística de wilcoxon para la concentración del parámetro cobre período 2015 – 2018	149
Tabla 41 Prueba de normalidad para la concentración de hierro período 2015 – 2018	150
Tabla 42 Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración del parámetro hierro período 2015 – 2018	151
Tabla 43 Prueba de normalidad para la concentración de manganeso período 2015 – 2018	153
Tabla 44 Prueba estadístico de wilcoxon para concentración de manganeso período 2015 – 2018	154
Tabla 45 Prueba de normalidad para niveles de concentración de mercurio período 2015 – 2018	155
Tabla 46 Prueba estadística de Wilcoxon para niveles de concentración de mercurio período 2015 – 2018	156
Tabla 47 Prueba de normalidad para niveles de concentración de plomo período 2015 – 2018	157
Tabla 48 Prueba estadístico Wilcoxon para niveles de concentración del parámetro plomo período 2015 – 2018	158
Tabla 49 Prueba de normalidad para la concentración de zinc período 2015 – 2018	159
Tabla 50 Prueba estadístico de Wilcoxon para niveles de concentración del parámetro zinc período 2015 – 2018	160
Tabla 51 Prueba de normalidad para niveles de concentración de coliformes termotolerantes período 2015 – 2018	161
Tabla 52 Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración del parámetro coliformes termotolerantes período 2015 – 2018	162
Tabla 53 Prueba de normalidad para niveles de concentración de numero de escherichia coli período 2015 – 2018	163
Tabla 54 Prueba estadística de Wilcoxon para niveles de concentración de número de escherichia coli período 2015 – 2018	164

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes.....	51
Figura 2 Interpretación de la calificación del ICA-PE.....	54
Figura 3 Pasos a seguir para determinar el valor y representar un ICA	55
Figura 4 Ubicación y localización del área de estudio	61
Figura 5 Ubicación de las puntos de monitoreo en el río Escalera determinadas por la Autoridad Nacional del Agua	64
Figura 6 Identificación de fuentes contaminantes en el área de estudio	69
Figura 7 Escala de calificación del ICA –Pe Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018).	75
Figura 8 Medias marginales del ICA –Pe de los dos puntos de monitoreo REsca1 y REsca2.....	76
Figura 9 ICA - PE del río Escalera y su variación en el período 2015 – 2018	77
Figura 10 Error de ICA –Pe en el río Escalera para el representada para cada año del período 2015 – 2018	78
Figura 11 Gráfico de frecuencias respecto al ICA - PE 2015, con la curva de distribución	79
Figura 12 Gráfico de frecuencias respecto al ICA - PE 2016, con la curva de distribución	80
Figura 13	81
Figura 14 Frecuencias respecto al ICA - PE 2018, con la curva de distribución	82
Figura 15 Secuencias cronológicas respecto al ICA - PE durante el período 2015 – 2018.....	83
Figura 16 Histograma de capacidad para Cloruros en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018	84
Figura 17 Secuencias cronológicas referente a cloruros, respecto al ICA - PE durante el período 2015 – 2018	85
Figura 18 Histograma de capacidad para Conductividad Eléctrica en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	86
Figura 19 Secuencias cronológicas respecto a la conductividad eléctrica durante el período 2015 – 2018	87

Figura 20 Histograma de capacidad para DBO ₅ en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	88
Figura 21 Secuencias cronológicas respecto a la DBO ₅ durante el período 2015 – 2018	89
Figura 22 Histograma de capacidad para Oxígeno Disuelto en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	90
Figura 23 Secuencias cronológicas respecto al oxígeno disuelto durante el período 2015 – 2018.....	91
Figura 24 Histograma de capacidad para Potencial de Hidrogeno en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	92
Figura 25 Secuencias cronológicas respecto al Potencial de Hidrógeno durante el período 2015 – 2018	93
Figura 26 Histograma de capacidad para Aluminio en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018	94
Figura 27 Secuencias cronológicas respecto al Aluminio durante el período 2015 – 2018.....	95
Figura 28 Histograma de capacidad para Arsénico en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018	96
Figura 29 Secuencias cronológicas respecto al arsénico durante el período 2015 – 2018.....	97
Figura 30 Histograma de capacidad para Boro en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	98
Figura 31 Secuencias cronológicas respecto al Boro durante el período 2015 – 2018.....	99
Figura 32 Histograma de capacidad para Cadmio en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	100
Figura 33 Secuencias cronológicas respecto al cadmio durante el período 2015 – 2018	101
Figura 34 Histograma de capacidad para cobre en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	102
Figura 35 Secuencias cronológicas respecto al cobre durante el período 2015 – 2018	103

Figura 36 Histograma de capacidad para hierro en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	104
Figura 37 Secuencias cronológicas respecto a hierro durante el período 2015 – 2018	105
Figura 38 Histograma de capacidad para manganeso en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018	106
Figura 39 Secuencias cronológicas respecto al manganeso durante el período 2015 – 2018.....	107
Figura 40 Histograma de capacidad para mercurio en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018	108
Figura 41 Secuencias cronológicas respecto al mercurio durante el período 2015 – 2018.....	109
Figura 42 Histograma de capacidad para plomo en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	110
Figura 43 Secuencias cronológicas respecto al plomo durante el período 2015 – 2018	111
Figura 44 Histograma de capacidad para zinc en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	112
Figura 45 Secuencias cronológicas respecto al zinc durante el período 2015 – 2018.....	113
Figura 46 Histograma de capacidad para Coliformes Termotolerantes en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	114
Figura 47 Secuencias cronológicas respecto a coliformes termotolerantes durante el período 2015 – 2018	115
Figura 48 Histograma de capacidad para número de escherichia coli en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018.....	116
Figura 49 Secuencias cronológicas respecto al número de escherichia coli durante el período 2015 – 2018	117
Figura 50 Diagrama de prueba bilateral para la hipótesis general - ANOVA	119
Figura 51 Diagrama de prueba de hipótesis unilateral con cola a la derecha	119
Figura 52 Diagrama de prueba de hipótesis unilateral con cola a la izquierda	120
Figura 53 Representación QQ ploot de caja y bigotes.....	123

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ALA	: Administración Local del Agua
CEPIS	: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
DBO₅	: Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGCRH	: Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos
DIGESA	: Dirección General de Salud Ambiental
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental
ICA	: Índice de Calidad de Agua
IFC	: Identificación de Fuentes Contaminantes
MINAGRI	: Ministerio de Agricultura y Riego
MINAM	: Ministerio del Ambiente
NMP	: Número Más Probable
NO₃⁻	: Nitrato
OD	: Oxígeno Disuelto
OEFA	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS	: Organización Mundial de la Salud
ONU	: Organización de las Naciones Unidas
pH	: Potencial de Hidrógeno
PO₄³⁻	: Fosfato
UNESCO	: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura es un organismo especializado de las Naciones Unidas
WQI	: Water Quality Index.

ABREVIATURAS

D.S	: Decreto Supremo
R.J	: Resolución Jefatural

Resumen

El objetivo general de esta investigación fue evaluar la variación del Índice de Calidad de Agua aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica durante el período 2015-2018, en el que la población estuvo constituida por la red de puntos de muestreo a lo largo del río Escalera, y como muestra se tomaron dos puntos (REsca1 y REsca2) dentro del río Escalera, para ello se utilizó las técnicas de análisis documental, fichaje y simulación matemática, los instrumentos fueron la ficha y la fórmula matemática correspondiente a la metodología ICA-PE. Tipo de investigación aplicada, nivel explicativo, método científico hipotético deductivo, diseño no experimental – longitudinal de tendencia. De los resultados, se obtuvo que durante el período 2015-2018 en los puntos REsca1 y REsca2, el nivel de concentración de cadmio (0.3 – 0.01 mg/l), cobre (0.41 – 0.20), hierro (34 – 5.1 mg/l), manganeso (5.8 – 8.86 mg/l), plomo (0.3 – 0.1 mg/l), zinc (36.68 – 26.94 mg/l), estos superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA), repercutiendo en el resultado de los ICA, que según el procesamiento realizado, el ICA para el año 2015 era favorable obteniendo un valor de 73.14 y para el año 2018 su calidad descendió a regular llegando al valor de 61.85, por lo que se concluye que, la variación del Índice de Calidad de Agua para el período 2015 – 2018 desciende de buena a regular.

Palabras claves: Índice de calidad de agua, variación, parámetros físicoquímicos, parámetros inorgánicos, parámetros microbiológicos.

Abstract

The general objective of this research was to evaluate the variation of the Water Quality Index applying the ICA-PE methodology, of the Escalera river, Huachocolpa district, Huancavelica province during the period 2015-2018, in which the population was constituted by the network of sampling points along the Escalera river, and as a sample, two points were taken (REsca1 and REsca2) within the Escalera river, for this, the techniques of documentary analysis, recording and mathematical simulation were used, the instruments were the file and the mathematical formula corresponding to the ICA-PE methodology. Type of applied research, explanatory level, deductive hypothetical scientific method, non-experimental design - trend longitudinal. From the results, it was obtained that during the period 2015-2018 at the points REsca1 and REsca2, the concentration level of cadmium (0.3 - 0.01 mg / l), copper (0.41 - 0.20), iron (34 - 5.1 mg / l), manganese (5.8 - 8.86 mg / l), lead (0.3 - 0.1 mg / l), zinc (36.68 - 26.94 mg / l), these exceeded the Environmental Quality Standards for Water (ECA), impacting the result of the ICA, which according to the processing carried out, the ICA for the year 2015 was favorable obtaining a value of 73.14 and for the year 2018 its quality decreased to regular reaching the value of 61.85, for which it is concluded that, the variation of the Index of Water quality for the period 2015 - 2018 descends from good to fair.

Keywords: Water quality index, variation, physicochemical parameters, inorganic parameters, microbiological parameters.

Introducción

El agua, es el componente de la naturaleza de primera necesidad para los seres vivos, imprescindible para el equilibrio y toda vida existente en el planeta, considerado como el componente importante para el crecimiento económico a través de su uso en agricultura, pesca, producción de energía, turismo e industria y a la vez, origen de conflictos geopolíticos, es esencial en la regulación del clima así como elemento clave para la salud y calidad de vida (Piqueras, 2015).

En la tierra, la cantidad de agua dulce existente es limitada, y su calidad puede verse afectada por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (Organización Mundial de la Salud, 2017), generando una contaminación de los cuerpos de agua, ocasionada por las diferentes actividades antropogénicas (agricultura, pesca, industrias, minería, etc), los cuales se ha venido incrementando con el pasar del tiempo.

La contaminación de los recursos hídricos por parte de la actividad minera, es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran dentro del ámbito de influencia de minas en operación, cierre o en abandono tanto a escala distrital, provincial o regional que ha traído como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas (Calla, 2010).

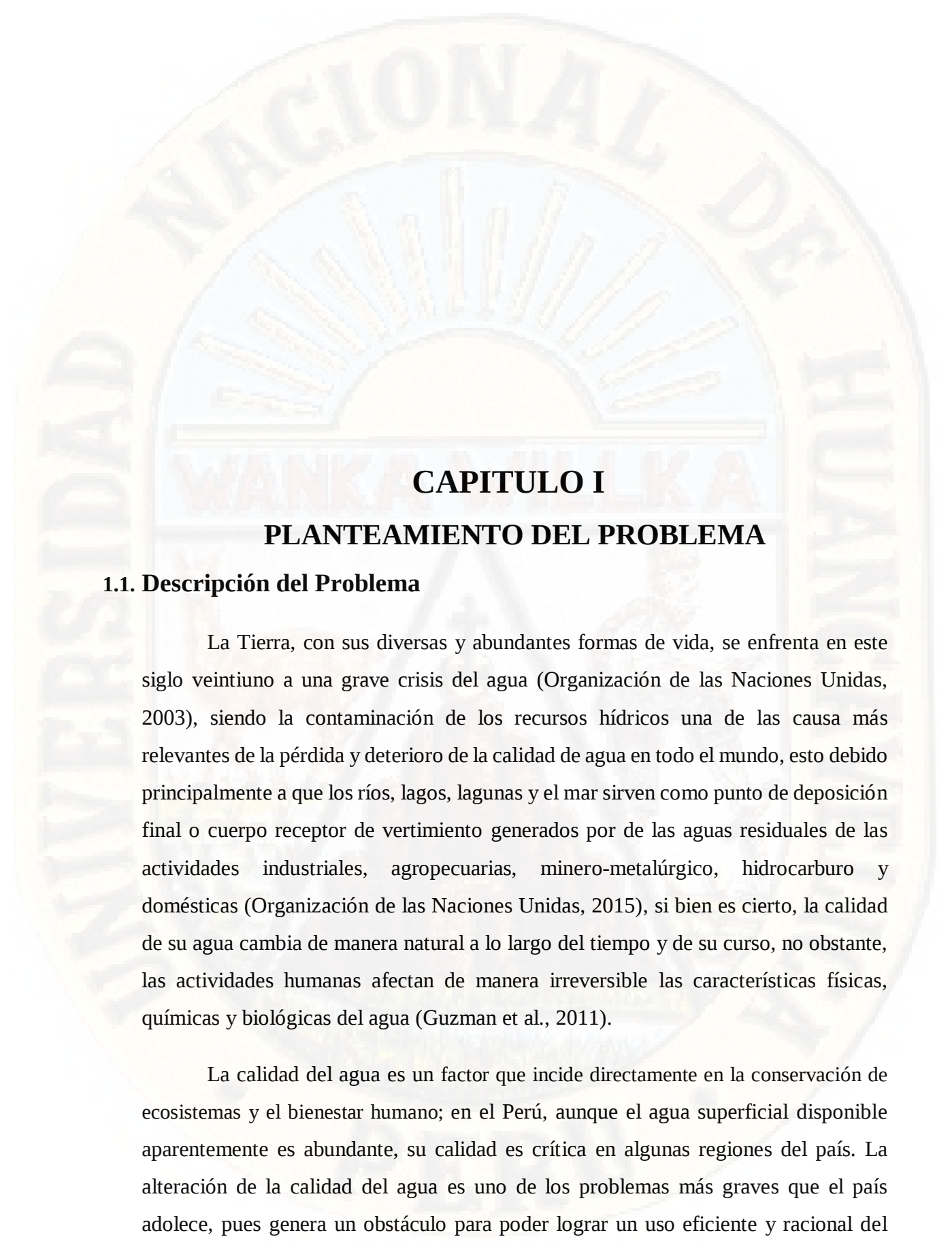
Estas malas prácticas han ocasionado el progresivo deterioro de los recursos hídricos como es el caso del distrito de Huachocolpa de la provincia de Huancavelica, distrito en el que presenta mineralizaciones de Zinc (Zn), Plata (Ag), Plomo (Pb) y Cobre (Cu) (Perez e Yparraguirre, 2013), por lo que al presente, una de las actividades principales es la minería, esta actividad ha ocasionado impactos negativos en el ambiente y con mayor frecuencia en los cuerpos de agua, tal es el caso del río Escalera, que se ve afectado principalmente por efluentes y relaves producto de la actividad minera de la Compañía Minera Kolpa S.A. (Ex Caudalosa Chica) con su Unidad minera Huachocolpa Uno y que producto de la contaminación del agua, se vieron afectados las actividades de ganadería y agricultura, que son actividades que practica la población aledaños al río Escalera.

Para poder conocer la calidad de una fuente de agua en forma general es haciendo uso del Índice de Calidad del Agua (ICA) que consiste básicamente en una combinación de un número de parámetros, las cuales sirven como una medida de la calidad del agua, este puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. (Universidad de Pamplona, 2010).

En este contexto, el objetivo general de la investigación fue evaluar la variación del Índice de Calidad del Agua del Río Escalera aplicando la metodología del Índice de Calidad de Agua Perú (ICA-PE) durante 4 años comprendidos desde el año 2015 al año 2018, para ello se recopiló información oficial de base de datos de los monitoreos de fuentes superficiales realizados por la Administración Local del Agua de Huancavelica, dichas características primero fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que para la presente investigación corresponde a la Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de Animales aprobado con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, posteriormente se aplicó la metodología ICA-PE que toma como base el índice Canadiense de calidad de agua, en la que utiliza 03 factores que son el alcance, la frecuencia y la amplitud (F1, F2 y F3) y de esta manera se pudo comprobar cómo varía la calidad del agua en el transcurso del tiempo, así esta información se brinde a la población y las autoridades competentes para que puedan tomar decisiones inmediatas ante el deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación de la actividad minera y pasivos mineros.

La presente tesis consta de las siguientes partes: CAPÍTULO I: Planteamiento del problema, CAPÍTULO II: Marco Teórico, CAPÍTULO III: Materiales y métodos, CAPÍTULO IV: Discusión de resultados, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas y Apéndices.

Las autoras



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, se enfrenta en este siglo veintiuno a una grave crisis del agua (Organización de las Naciones Unidas, 2003), siendo la contaminación de los recursos hídricos una de las causas más relevantes de la pérdida y deterioro de la calidad de agua en todo el mundo, esto debido principalmente a que los ríos, lagos, lagunas y el mar sirven como punto de deposición final o cuerpo receptor de vertimiento generados por las aguas residuales de las actividades industriales, agropecuarias, minero-metalúrgico, hidrocarburo y domésticas (Organización de las Naciones Unidas, 2015), si bien es cierto, la calidad de su agua cambia de manera natural a lo largo del tiempo y de su curso, no obstante, las actividades humanas afectan de manera irreversible las características físicas, químicas y biológicas del agua (Guzman et al., 2011).

La calidad del agua es un factor que incide directamente en la conservación de ecosistemas y el bienestar humano; en el Perú, aunque el agua superficial disponible aparentemente es abundante, su calidad es crítica en algunas regiones del país. La alteración de la calidad del agua es uno de los problemas más graves que el país adolece, pues genera un obstáculo para poder lograr un uso eficiente y racional del

recurso, y por consecuencia se compromete el abastecimiento tanto en calidad como en cantidad, y por ende la salud de las personas, las actividades pecuarias, agrícolas y la conservación del medio ambiente (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

La minería es considerado una de las actividades principales dentro de la economía de nuestro país, sin embargo a lo largo del tiempo se ha demostrado que la actividad minera ha provocado graves impactos ambientales por la inadecuada disposición de relaves, drenaje de aguas ácidas y desmontes, los cuales son evacuados hacia cauces de ríos más cercanos (Quecaño, 2018), el manejo inadecuado de estos residuos como también la inexistencia de normas precisas que regulen el cierre de minas ha ocasionado la acumulación de pasivos ambientales mineros, en donde los residuos depositados pueden provocar efectos nocivos que limitan el uso de los suelos, afectan la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, degradan la flora y fauna, y restringen los derechos de las poblaciones locales de usar tales recursos, corriendo el riesgo de afectar su salud (Yupari 2003), lamentablemente la minería y medio ambiente no han logrado convivir en el tiempo, ya que en el desarrollo de esta actividad se ocasiona una contaminación perpetua del agua (Ibañez-Zavaleta, 2016), principalmente debido a la incorrecta disposición de relaves, aguas residuales, drenaje de aguas ácidas y desmontes (Corzo, 2015).

En estos últimos años los ríos del Perú tanto de la costa y de la sierra han sido contaminados producto del desarrollo de la actividad minera (Calla, 2010), si bien la industria minera es una actividad productiva fundamental para la macroeconomía de muchos países; no obstante, el impacto negativo y acumulativo del errado manejo de sus residuos compone un problema grave para la salud de la poblacional y del medio ambiente (Corzo, 2015), ya que el agua contaminada que proviene de la minería es agua imposible de reutilizar, y la posibilidad de dar un tratamiento para que vuelva a sus características iniciales, presenta un costo extremadamente elevado.

El departamento de Huancavelica no está exento a esta problemática ambiental que afecta la calidad del agua y con ello la calidad de vida de la población, pudiendo citar el caso específico del Río Escalera ubicado en la cuenca alta del distrito minero de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, río que a lo largo de su curso viene siendo

afectado por infiltración de drenajes mineros y desmontes abandonados (pasivos mineros) de la mina Pezeta, Pepito, Emmita, ente otros y de manera casi directa por la actividad de la Unidad Minera Huachocolpa Uno, unidad minera polimetálica subterránea de la Compañía Minera Kolpa S.A (Ex Caudalosa Chica), que tiene inicios de actividad desde el año 1942 por mineros informales y en el año 1985 iniciando actividad minera formalmente por Caudalosa S.A. y que continua hasta la actualidad, la minera de la cual hablamos, se sitúa en el margen izquierdo del río Escalera, sobre una cumbre con una altura de 4500 m.s.n.m, en el que se muestra un yacimiento con contenido de mineralización entre los principales minerales son plata, plomo, zinc, y cobre (Trujillo, 2018).

El impacto más significativo para el deterioro de la calidad del agua del río Escalera, ocurrió en el año 2010 en el que se produjo la ruptura de uno de los 3 diques de contención de la presa de relaves de la Cia Minera Caudalosa, cuyo volumen desbordado fue de 57, 894 m³ de relaves mineros compuesto por minerales (plomo, zinc, cobre, plata y otros) y muchos elementos químicos usados para la obtención de concentrados, ocasionando el deslizamiento de este material peligroso por el cauce de los ríos Escalera y Huachocolpa, tributarios al río Opamayo, motivo por el cual en ese entonces se aprueba la Declaratoria de emergencia ambiental al área afectada, donde los potenciales efectos fue a los componentes ambientales como el suelo, la flora, fauna y la contaminación de los recursos hídricos (río Escalera, río Huachocolpa, río Opamayo, río Lircay, río Urubamba, Cachi y finalmente el río Mantaro) según evaluaciones preliminares del Gobierno Regional de Huancavelica se estimó que entre un 5% y 10% de los relaves acumulados en el depósito de relaves A se deslizaron al río Escalera, lo que podría significar unas 50 toneladas de desechos tóxicos (Pinto, 2010).

Estos problemas no han cesado con el pasar de los años, en el 2018 durante acciones de supervisión, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental verificó que uno de los muros del canal de coronación Comihuasa estaba roto en un tramo y descargaba sus aguas en una zona donde se realizaba movimiento de tierras para obras de construcción de acceso, originando arrastre de material suelto hacia el

río Escalera, lo que ocasionaba el enturbiamiento del cauce del río con evidente presencia de sólidos suspendidos, producto de los trabajos de construcción (Andina Agencia Peruana de Noticias, 2018) y a así que las autoridades del distrito de Huachocolpa denunciaron ante la Fiscalía Especializada en Materia Ambiental, la contaminación del río Escalera por actividades de la minera, dado que el río mostraba turbiedad y con presencia de lodos, estas denuncias se hicieron con la finalidad de iniciar una investigación y realizar el proceso sancionador por delitos ambientales, aunque estos sin mayores resultados.

Estos impactos negativos, vienen dañando suelos, flora, fauna y el cauce del río Escalera, siendo los más afectados las personas que habitan a los márgenes del río donde se encuentran las poblaciones de Totorapampa y Chuñumayo, cabe precisar que el río Escalera es utilizado por la población como una fuente de agua para riego de vegetales y bebida de animales y a causa de estos impactos, la población se va quedando con una fuente de agua contaminada, no apto para uso al que fue clasificado, afectando a miles de animales de ganados, entre vacunos, equinos, ovinos, llamas y alpacas, así como a hectáreas de cultivos de arvejas, trigo, alfalfa, hortalizas, tunas y otros frutales que existe en esta zona, lo que conlleva a un deterioro de calidad de vida.

Por estos problemas la calidad del agua es considerada como una variable que explica el grado de contaminación que pueda existir en un cuerpo de agua, este estudio se realiza a través de Indicadores de Calidad Ambiental (Jiménez y Galizia 2012), por lo general, la interpretación, análisis y la utilización de los datos recolectados en un monitoreo de calidad de agua, suele ser de difícil entendimiento para el público en general y para que este resulte sencilla, se ha desarrollado los Índices de Calidad de Agua, que se conforman de uno a varios parámetros, en mayor cantidad son físicos, químicos y en algunos casos microbiológicos, esto con la finalidad de lograr reducir la información a una expresión simple y fácil de manejar e interpretar (Guzman et al., 2011). Por lo que recientemente en el Perú, la Autoridad Nacional del Agua ha diseñado la metodología denominada ICA-PE, para obtener el Índice de Calidad de Agua de las aguas superficiales, destinadas a los diferentes usos de acuerdo a la normatividad nacional vigente.

En marco a toda la problemática que conduce a la afectación a la calidad del río Escalera en el distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica, se formuló los siguientes problemas de investigación.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es la variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?

1.2.1. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos-químicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?
- ¿Cuál es la concentración de parámetros inorgánicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?
- ¿Cuál es la concentración de parámetros microbiológicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la concentración de los parámetros físicos-químicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.
- Analizar la concentración de los parámetros inorgánicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.
- Analizar la concentración de los parámetros microbiológicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.

1.4. Justificación

El agua es un elemento imprescindible para toda forma de vida, considerada como un recurso renovable, pues se renueva constantemente a través del ciclo hidrológico, sin embargo, esto no significa que es infinito. El consumo de este recurso aumenta rápidamente y sus fuentes de suministro están muy amenazadas por los contaminantes generados por el hombre, por lo que es importante manejar adecuadamente este recurso y monitorear constantemente su calidad (Valcarcel et al, 2009). En la actualidad el problema principal es la alteración de la calidad de agua, que depende tanto de factores naturales como de la acción del ser humano (Organización de Naciones Unidas, 2014), cuya alteración ocasiona la contaminación del ambiente acuático, siendo severamente afectado y volviéndose un recurso escaso, esto debido a la introducción directa o indirecta de sustancias contaminantes, lo cual ocasiona daños a los organismos vivos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas e interferencia sobre actividades económicas como el agricultura, ganadería, el abastecimiento de agua y para la industria.

El crecimiento demográfico y las actividades económicas asentadas en las cuencas hidrográficas vienen afectando los recursos hídricos por el uso indiscriminado

del agua, la producción y manejo inadecuado de residuos, aguas residuales y aquellos procedentes de pasivos ambientales, minería informal, entre otros; que, al ser dispuestos en los cuerpos de agua, alteran su calidad afectando los diferentes usos y afectando los ecosistemas acuáticos (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

La actividad minera es la principal actividad económica del Perú por albergar una extensa riqueza mineralógica, que ha permitido que ocupe lugares importantes en Latinoamérica y el mundo por su producción y potencial minero, pero como resultado colateral genera impactos al suelo, al agua, al aire y al hombre, debido a la concentración de metales y no metales producto del procesamiento de los minerales (Cornelis y Nordberg, 2007; Autoridad Nacional del Agua, 2018), lo que da origen a serios problemas sociales relacionados con la contaminación ambiental (Salva, 2007).

El presente proyecto de tesis relacionado a la Calidad del Agua de una fuente superficial, surge por la preocupación del estado situacional del río Escalera ubicado en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, que se ve afectado la actividad minera y por pasivos mineros, es un problema que las autoridades del Gobierno Regional y las instituciones involucradas aún no han podido atender satisfactoriamente. Mantener una buena calidad debe ser prioridad, ya que las aguas del río en estudio, son utilizadas principalmente para la agricultura y ganadería, donde una de las causas para que ocurra este tipo de contaminación es por deficiencias en la infraestructura, carencia de aplicación de un plan de cierre de minas y falta de control e irresponsabilidad del estado por no hacer cumplir las leyes, es por ello que los sectores productivos contaminan de forma alarmante y progresiva las aguas, por consiguiente los mayores afectados es la población, que utiliza este recurso para usos durante sus actividades como: el consumo para los cultivos, los animales menores que habitan como los peces y truchas que son fuente de alimentación y la ganadería (alpacas, vacunos, ovinos, entre otros).

En este contexto, el grado de contaminación del agua del río Escalera, a esto, sumado a la pobreza de los productores rurales que habitan al rededor, constituyen uno de los problemas socio-ambientales más serios de la región, donde la micro cuenca del

rio Escalera presenta una situación crítica por los procesos de contaminación que siguen incrementándose año tras año.

Para promover una gestión adecuada del agua, es fundamental contar con la información necesaria sobre el estado del recurso, la evaluación periódica de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación que garanticen el uso sostenible del recurso. Una herramienta cada vez más utilizada para conocer el estado de un cuerpo de agua son los Índices de Calidad de Agua (ICA), que surgen como una herramienta simple que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad (Torres et al., 2009).

A nivel de Perú, mediante la Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, se ha aprobado recientemente la Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales, que busca expresar la condición o estado de la calidad del agua a partir de rangos establecidos mediante un método simple conciso y válido (Autoridad Nacional de Agua, 2018).

En la actualidad no se cuenta con información en cuanto a la variación de Calidad del Agua en el río Escalera, y en marco toda la descripción del problema, el presente estudio se justifica por la importancia ambiental, económica y social que tiene el recurso hídrico y garantizar un aprovechamiento sostenible del mismo; se sabe que la calidad del agua varía sustancialmente en el espacio y el tiempo, lo que requiere una recopilación de datos sistemática y a largo plazo (Palaniappan et al., 2010, citado en Laura, 2019), por ello se pretende evaluar el Índice de Calidad de Agua en un periodo de 4 años comprendidos por los años 2015 al 2018, aplicando la metodología ICA-PE, en el que hace uso de 5 parámetros físico químicos, 10 parámetros inorgánicos y 2 parámetros microbiológicos y parasitológicos, haciendo un total de 17 parámetros, en el que su concentración de cada uno de ellos, serán comparados con la normatividad vigente, para este caso con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, en ese sentido, conocer la variación de calidad del agua superficial ayudará a contribuir con la gestión integral del recurso hídrico dándole un mejor manejo y cuidado a dicho recurso, asimismo se tome las medidas correctivas inmediatas por parte de la máxima Autoridad Nacional

del Agua del país y entidades competentes para evitar un deterioro severo de la calidad del agua del río Escalera.

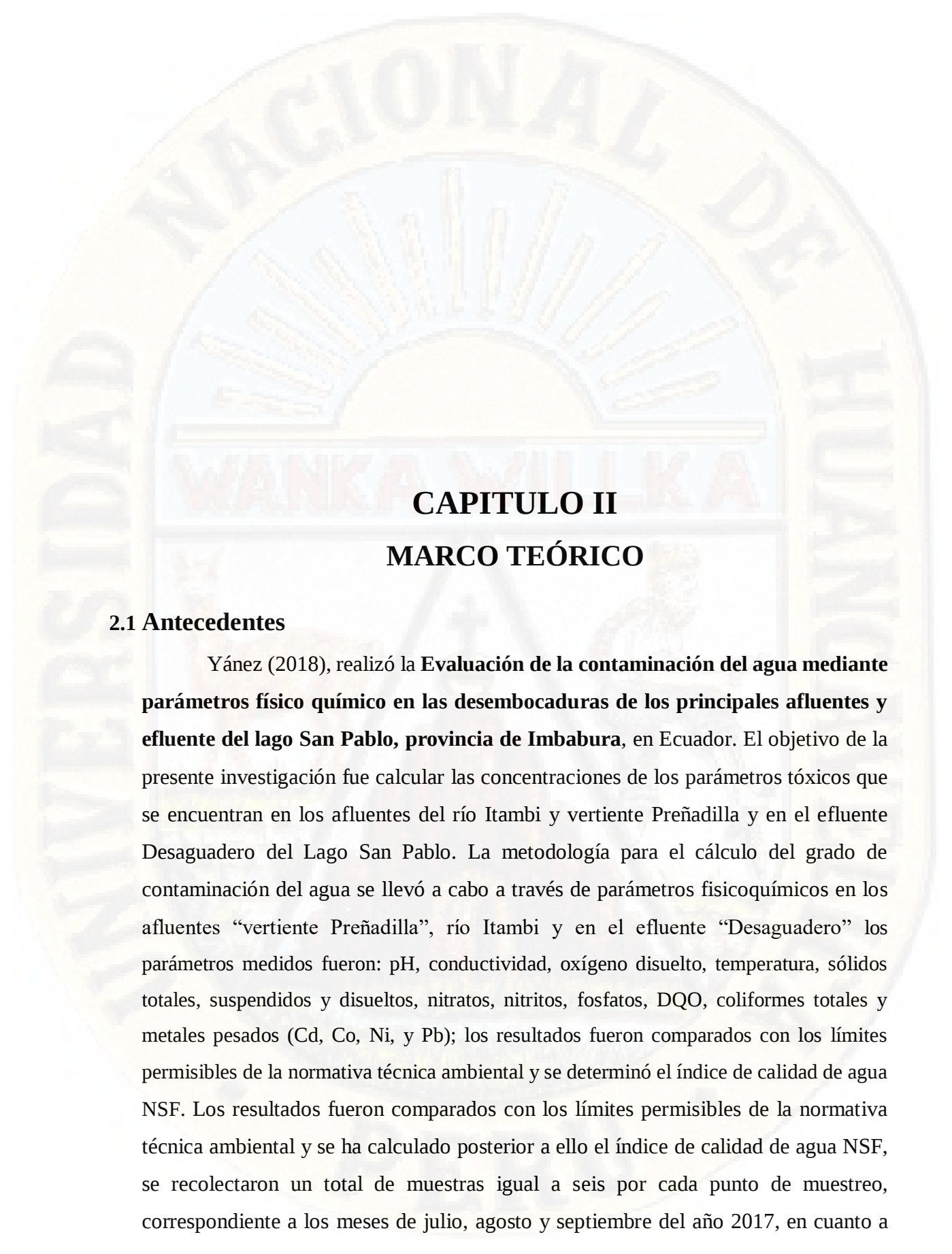
1.5.Limitaciones

Limitaciones de experiencia:

En el ámbito de la región de Huancavelica no se ha encontrado estudios similares al cálculo del Índice de la calidad del agua, sin embargo, existen referencias respecto a investigaciones en otras regiones del Perú y en el extranjero, donde se ha impulsado la investigación en este tema haciendo uso de diversas metodologías respecto a los Índices de la calidad del agua, siendo pocos los trabajos en el que se aplica la metodología del ICA - PE a nivel nacional. Con esta investigación pretendemos colaborar en brindar información de este tema que resulta importante.

Limitaciones económicas

La presente investigación ha sido financiada por los mismos autores, a tal efecto los gastos que se han generado en la recolección y el adecuado procesamiento ha producido gastos, los cuales se han tratado de cubrir de la mejor manera, procurando en lo mayor posible no perjudicar el avance coherente de la presente investigación.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Yáñez (2018), realizó la **Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químico en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del lago San Pablo, provincia de Imbabura**, en Ecuador. El objetivo de la presente investigación fue calcular las concentraciones de los parámetros tóxicos que se encuentran en los afluentes del río Itambi y vertiente Preñadilla y en el efluente Desaguadero del Lago San Pablo. La metodología para el cálculo del grado de contaminación del agua se llevó a cabo a través de parámetros fisicoquímicos en los afluentes “vertiente Preñadilla”, río Itambi y en el efluente “Desaguadero” los parámetros medidos fueron: pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos totales, suspendidos y disueltos, nitratos, nitritos, fosfatos, DQO, coliformes totales y metales pesados (Cd, Co, Ni, y Pb); los resultados fueron comparados con los límites permisibles de la normativa técnica ambiental y se determinó el índice de calidad de agua NSF. Los resultados fueron comparados con los límites permisibles de la normativa técnica ambiental y se ha calculado posterior a ello el índice de calidad de agua NSF, se recolectaron un total de muestras igual a seis por cada punto de muestreo, correspondiente a los meses de julio, agosto y septiembre del año 2017, en cuanto a

sólidos disueltos, oxígeno disuelto y coliformes totales no se encuentran incluidos en la normativa. Los metales pesados que se han analizado se encuentran bajo el límite de detección del equipo empleado; el índice de calidad de agua calculado evidenció que las aguas del río Itambi, tienden a tener una mala calidad, por otra parte la “vertiente Preñadilla” y “Desaguadero” presentan una calidad de agua media. La conclusión de la investigación fue que el río Itambi evidenció un índice de calidad de agua Mala, con un valor igual a 46,56, el cual se representa con el color anaranjado con rango (26-50) ello según indica los rangos de calidad impuestos por la NSF, la vertiente Preñadilla y Desaguadero presentan valores de índice de calidad, 59,16 y 55,67 respectivamente de rango Media, los cuales están representados por el color amarillo con rango (51-70) según lo referido en el índice de calidad NSF.

Caho y López (2017), en su investigación titulada **Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI** el cual fue desarrollada en Colombia. Plantearon por objetivo el análisis espacio-temporalmente el índice de calidad de agua del sector Guaymaral, mediante la aplicación de dos metodologías de medición de cálculo: UWQI y CWQI. La metodología que aplicaron consistió en desarrollar una comparación espaciotemporal, entre agosto de 2015 y abril de 2016, eligiendo cuatro puntos de muestreo y monitorizando parámetros fisicoquímicos en cuatro épocas distintas. El resultado obtenido indica que la mayoría de puntos muestreados y calculados por el ICA-UWQI lograron una valoración de regular, y según el ICA-CWQI, de pobre. En conclusión, se calculó que de las dos metodologías empleadas la UWQI viene a ser la más recomendada para evaluar rápidamente algún uso específico del agua, ya que permitirá de forma rápida la toma de decisiones, y que la CWQI es adecuada para los estudios de evaluación espaciotemporal.

Mosquera (2016), en su investigación titulado **Evaluación exploratoria de la calidad del agua del río San Juan en el municipio de Tadó, Chocó, por el impacto que causan los vertimientos mineros**, desarrollado en Colombia, el objetivo planteado fue desarrollar un diagnóstico sobre el estado situacional actual del recurso hídrico en un tramo del río San Juan y sus afluentes río Chato y río Mungarrá y de esa

forma el respectivo análisis de los parámetros de calidad del agua en el área objeto de estudio para su posterior comparación con la normatividad ambiental vigente. La metodología que se ha empleado fue iniciar con los parámetros analizados los cuales ayudaran a evaluar los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos y minería aurífera, ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOMINERA respetivamente. Como resultado se obtuvo un índice de contaminación alto por mineralización en las estaciones de muestreo corresponden al Río San Juan y la Bocatoma Río Mungarrá, índice de contaminación por materia orgánica Media en tres estaciones de muestreo, índice de contaminación por sólidos suspendidos Alto en las estaciones del río San Juan, Bocatoma Río Mungarrá y Río Chato y el índice de contaminación por minería aurífera fue muy Alto en la zona que corresponde al Río Chato, siendo este hecho de preocupación ya que las concentraciones de mercurio reflejan valores considerables. La conclusión del trabajo fue que el Índice de contaminación por minería aurífera- ICOMINERA, tiende a presentarse en grados de contaminación ubicados entre leve y muy alto, siendo muy alta en la estación E6 (Río Chato), donde es constante reconocer sistemas de extracción del mineral sobre o en alrededores del cuerpo de agua, lo cual aumenta los niveles de turbiedad y sólidos suspendidos; también se percibe el uso de mercurio en los sistemas de extracción, donde se calcula que la carga usada a diario es igual a 13.4 kg/día. La actividad minera en la zona evidencia un índice elevado de movilidad e ilegalidad, lo que complica que las autoridades ambientales puedan desarrollar el debido control en la zona.

Ajcabul (2016), en su trabajo de investigación titulado **Análisis comparativo entre el Índice simplificado de calidad del agua (ISQA) y el índice de calidad del agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la Quebrada, El Frutal**, de la Universidad de Guatemala, plante el objetivo de calcular si el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) tiene una diferencia significativa con el Índice de Calidad del Agua (ICA), para lo cual en su metodología aplicó un análisis estadístico a través de datos pareados de muestras recopiladas en dos épocas diferentes, la época seca y la época lluviosa, se recopilaron ocho muestras, de las cuales cuatro de ellas en época lluviosa y las otras cuatro en época seca; ello con la finalidad de abarcar dos períodos prevalecientes a través de todo el año y poseer un comportamiento

general. Los resultados reflejaron que la calidad del agua recopilada a través del ISQA logró un incremento al pasar de época seca a época lluviosa, mientras que no aumentó lo necesario para dejar de ser de mala calidad. La calidad lograda a través del ICA incremento, al pasar de época lluviosa a época seca, pero ello no impidió que deje de ser clasificada como de mala calidad. El análisis estadístico evidenció que no existe diferencia significativa entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), sin embargo existe una mejor aproximación en los resultados evaluados ubicados en época lluviosa y que va reduciéndose en la época seca.

Carrillo y Urgiles (2016), en la investigación **Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos mazar y pindilig**, en Ecuador, cuyo objetivo fue determinar el Índice de calidad de agua (ICA-NSF) de los ríos Mazar y Pindilig, muestreados durante el período Mayo-Noviembre 2015, aplicando la metodología ICA NSF el cual consta de 9 parámetros (temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreos correspondientes a los dos ríos durante el período Mayo - Noviembre 2015, para la obtención de los índices de calidad de los ríos Mazar y Pindilig se desarrolló un plan de monitoreo, el cual nos permitió identificar los puntos de muestreo y la metodología aplicada en cada río. Como resultado se obtuvo que en la subcuenca del río Mazar la evaluación de la calidad del agua a lo largo de los dos puntos de muestreo, presenta un deterioro a medida que avanza su recorrido aguas abajo de la comunidad de Colepato, aun así de acuerdo a los valores obtenidos en los índices, se considera una agua ligeramente contaminada (buena calidad) en los meses de Mayo, Septiembre y Noviembre, excepto en el mes de Junio en el cual se registraron altas precipitaciones, cuya calidad disminuye categorizándose como aguas moderadamente contaminadas (mediana calidad); esta disminución se atribuye a altos valores de turbiedad, fosfatos, y coliformes fecales, que fueron registrados en la cuenca baja del río Mazar (sitio de la Presa) debido al mayor arrastre que genera la corriente del agua.

Kieffer et al. (2015), en su investigación titulado **Índices de Calidad del Agua del Arroyo Ensenada**, en México, presenta como objetivo establecer un índice de

calidad que resuma parte de la información recopilada en los diferentes muestreos efectuados en el cuerpo de agua denominado arroyo de la Ensenada y sus tributarios con la finalidad de poseer un indicador pasible de utilizarse consecuentemente para difundir el desarrollo de la calidad del recurso. La metodología que usaron para llevar a cabo los muestreos estacionales fue durante dos años en las aguas superficiales del arroyo en cuatro sitios con el fin de analizar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos empleando métodos estandarizados; se han analizado tres Índices de Calidad del Agua para el arroyo de la Ensenada (ICAAE1, ICAAE2 E ICAAE3). Se obtuvo como resultado que el ICAAE1 refleja una muestra que la calidad del agua puede cuantificarse de media a pobre (en otras palabras, las tres últimas categorías que se han tenido en cuenta para dicho índice). En general, los datos para el índice respecto al arroyo Ensenada son elevados en comparación a lo de sus tributarios. El índice ICAAE3 refleja resultados con similitud, la calidad del arroyo Ensenada muestra mejoría en comparación a la de sus tributarios, sin embargo, prevalecen los valores en los grupos calidad media y pobre. Concluyendo mencionan que se han analizado los tres índices, el ICAAE1, por haber sido diseñado con la mayor cantidad de parámetros, muestra de forma más razonable la calidad del agua del arroyo Ensenada y sus aportantes. Al contrario de su uso, está la impide de ser cuantificado para cada fecha de muestra (dado que se trata de un índice globalizador). Por otra parte de los otros dos índices, el ICAAE3 está libre de la injusticia de quien lo implementa, a efectos brindaría resultados más verídicos.

Díaz (2015), realizó la investigación titulado **Análisis de la calidad de agua en la cuenca media del río Motagua, 2002-2013** en Guatemala, la presente investigación se realizó en las estaciones de muestreo Puente Orellana, El Progreso y Gualán en Zacapa. Como objetivo se planteó la evaluación sobre la adaptación de los Índices de calidad de agua ICA, NSF, Oregón y AMOEBA. Como parte metodológica expresa que se hizo uso solamente de seis parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, DQO, pH, TDS, temperatura y nitratos. Dentro de los resultados recopilados menciona que el índice que ha funcionado de forma más óptima fue el ICA, que asigna un valor de 0 (muy mala) a 100 (excelente) para calificar la calidad de agua, se realizó una toma de muestra de agua y análisis de calidad de agua en las diferentes estaciones antes

indicadas, en octubre del año 2013. Para la estación ubicada en Gualán el ICA de menor valor es de 30.9 durante mayo del año 2002 y un valor máximo igual a 81.9 denominada como “Buena” en mayo del año 2003. Finalmente, la conclusión del presente trabajo consistió en que se establecieron las variantes en los datos y ellos pueden estar asociadas al aumento en la precipitación, y a efectos la calidad de agua en los cuerpos de agua tiende a incrementar a causa de la disolución y oxigenación del agua en su curso a lo largo de la cuenca.

Chavez (2015), elaboro el proyecto de tesis **Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazones en Coatzintla**, en el fin de optar el grado de maestro en ciencias del ambiente en la Universidad Veracruzana. El objetivo fue evaluar espacial y temporalmente el índice de calidad del agua del río durante con la finalidad de que la información generada sea útil en la aplicación de las estrategias para la toma de decisiones respecto al manejo del recurso y la recuperación del río Cazones. Metodología: Para la evaluación se utilizó el índice de Brown – 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. Se monitoreo la calidad del agua del río cazones en tres estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Coatzintla, en un período anual comprendido de abril 2013 a marzo 2014. Resultado: en dicho período el río presento un índice promedio de 63.94, con lo cual se determinó que tiene una calidad media de acuerdo con los establecido con el índice de calidad de Brown – NSF; asimismo, se mostraron diferencias significativas del índice de calidad tanto entre las estaciones monitoreadas como entre las épocas climáticas, siendo los sólidos disueltos totales, la turbiedad y los Coliformes fecales, los parámetros de mayor influencia sobre la calidad del agua. Los estudios anteriores en comparación con este estudio reflejaron una disminución del índice de calidad, concluyendo que se ha presentado un deterioro en el recurso hídrico en los últimos años; además, se encontraron inconsistencias entre los datos manejados por la comisión del agua en sus distintos órdenes de gobierno, lo cual refleja falta de comunicación y una gran necesidad de generar información actual y significativa para un mejor manejo y gestión del agua.

Balmaseda y García (2014), en su investigación titulado **Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba**. Tuvo como objetivo analizar las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo de la provincia Las Tunas aplicando la metodología del índice canadiense ya que dicha metodología ofrece flexibilidad en cuanto a la selección de los parámetros que intervienen, como también las posibilidades que brinda para clasificar de acuerdo a diferentes criterios y lo fácil de su interpretación y comunicación por diferentes especialistas y público en general. La metodología de la investigación se basó en el uso del CCME_WQI con el fin de evaluar la calidad de las aguas con fines de riego de fuentes subterráneas y superficiales de la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba, como también se hizo uso de los criterios de la FAO y a la vez del Instituto de Ingeniería Agrícola de Cuba con la finalidad de definir los valores que se deseen. Los resultados evidencian que dichas aguas se clasifican como Pobres para el riego de cultivos agrícolas. La investigación concluye en que los bajos valores del CCME_WQI en ciertos lugares de muestreo son indicadores con respecto al impacto negativo que puede generarse.

Guzmán, et al. (2011), en su investigación **Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México**, tuvo como objetivo, evaluar la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes presentes en el agua del río San Pedro, en el Estado de Aguascalientes. Se tomaron muestras de agua en 43 estaciones de colecta en las épocas de sequía y de lluvias, y se analizaron 23 parámetros. En ninguno de los parámetros evaluados se observó una tendencia espacial definida. A excepción de los metales pesados, los contaminantes estudiados presentaron concentraciones elevadas en el 95 % de las estaciones de colecta en ambas campañas de muestreo (sin mostrar variación temporal significativa). Destacan especialmente los altos niveles de contaminación por materia orgánica, nitrógeno total, detergentes y coliformes fecales. Para evaluar de forma integral la calidad del agua se utilizó un índice global de la calidad del agua (IGCA), basado en la metodología desarrollada por el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) para el río Alberta. De acuerdo con las categorías del índice propuesto, la calidad global del agua del río San Pedro es en general pobre, apartándose usualmente

de su condición natural o conveniente para uso agrícola. El IGCA mostró un ligero incremento en los sitios de muestreo cercanos a las descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales, situándose en la categoría de marginal.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Luna (2019), desarrolló la investigación titulada: **Determinación del índice de calidad de agua del río Asana de la cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua**, con el objetivo de evaluar cualitativamente la calidad de aguas superficiales del río Asana en el distrito de Torata en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua, usaron los protocolos de monitoreo de agua de la normatividad vigente y como resultado se obtuvo que, en el punto de monitoreo RAsan-1, el único dato que no cumplió los ECA agua, es el del parámetro Zinc (2.5 mg/L) así como en el punto de monitoreo RAsan-3, con una concentración de Zinc (4,26 mg/L), y concluyen que puede ser debido al lavado del suelo y la geología y/o a las actividades antropogénicas que se dan en la zona aledañas al Río Asana. En el punto de monitoreo RAsan-2. Al comparar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental de la Categoría 3, subcategoría D-1, agua para riego de vegetales; se concluye que el parámetro zinc, se encuentra elevado en las estaciones de monitoreo RAsan-1 y RAsan-3, finalmente obtuvieron como resultado una calificación de acuerdo al ICA de excelente para las tres estaciones de monitoreo, lo que indica que: la calidad del agua, se encuentra protegida con ausencia de amenazas o daños, pues las condiciones son muy cercanas a niveles deseados o naturales.

Silva (2018), en su investigación **Evaluación del grado de afectación de la calidad del agua del río Tumbes y propuesta de recuperación sector Peruano – año 2011 al 2014**, tuvo como objetivo proponer acciones que permitan mejorar la calidad del agua proveniente del Río Tumbes para los diferentes usos, para lo cual usaron información de monitoreos participativos por la Autoridad Nacional del Agua a través del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos 2011-2014 y ANA 2015 – 2016; toda la data fue procesada utilizando la aplicación de la metodología para la determinar del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, para ello

tomaron 8 puntos de minitoreo como muestra, los resultados que obtuvo fue que el indicador de calidad que predomina es Malo, excepto en los puntos de monitoreo RTumb11, RTumb7 y RTumb8, en estos se obtuvo como indicador Regular, con valores de 65.1, 62.48 y 63.29 respectivamente, obtenidos durante el periodo hidrológico 2011-2014. Luego de analizar las muestras en los diferentes monitoreos, las concentraciones de Plomo resultaron ser excedentes a los valores de los ECA-Agua en las categorías 1A-2 y 3 en todas las estaciones, durante ambas épocas del año, siendo las estaciones de monitoreo RPuya1 y RPuya2 que se encuentran en el Río Puyango en la frontera con el Ecuador las más afectadas, donde se desarrollan actividades mineras artesanales. Durante el periodo hidrológico 2015-2016, la calidad del agua de la Cuenca Tumbes, cambia considerablemente predominando el indicativo Regular hasta Bueno, mostrando mala calidad solo en dos de los puntos evaluados, RPuya1 que se encuentra en la parte fronteriza del río Tumbes, y por ultimo RTumb6 que se ubica a 1.5 km aproximadamente después de la caseta de bombeo de aguas residuales "Coloma" de la ciudad de Tumbes; finalmente se concluyo que el agua del río Tumbes está muy afectada en el periodo hidrológico evaluado, que la calidad del agua es mala, debido a que se ven afectados los parámetros físico químicos y microbiológicos, tanto en la estación seca como húmeda, para los puntos de monitoreo evaluados.

Minaya (2017), en su investigación **Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos, Perú, 2016**, tuvo como objetivo determinar los parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos del agua de la laguna Moronacocha. La metodología aplicada es de tipo descriptivo transversal. Resultado: De acuerdo a los parámetros evaluados, se encontró que la Temperatura, Transparencia, Oxígeno Disuelto, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos (TSS) mostraron un comportamiento relacionado al nivel de las aguas durante el tiempo de estudio; las variables de Temperatura y Transparencia mostraron valores decrecientes conforme lo hacía el nivel de las aguas de la laguna, las variables restantes mostraron un comportamiento opuesto. Por otra parte, los parámetros pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Nitrato, Amoniaco, DBO₅ y Coliformes Termotolerantes

mostraron un comportamiento irregular o no cambiaron sus concentraciones durante la investigación por lo que se puede decir que estas variables son independientes al volumen del agua del cuerpo de agua.

Flores (2016), en su investigación que lleva por título **Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera**, desarrollado en Cajamarca, planteo por objetivos la cuantificación de metales pesados en las aguas del río Grande e indicar si al concentración de los parámetros evaluados superan o no los estándares nacionales de calidad ambiental para agua. La metodología utilizada consistió en la evaluación de ocho metales pesados en ocho puntos predeterminados ubicados en el cauce del río Grande y algunos de sus tributarios. Las respectivas evaluaciones se hicieron cada 30 días, tanto para la época seca y lluviosa, seguido a ello estos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. El resultado obtenido indica que el plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo ha superado los Estándares de Calidad Ambiental para agua, teniéndose como máxima concentración en el punto RGR (0,246 mg L⁻¹), donde se ha superado al ECA. Por otro lado, el manganeso supero en las estaciones lluviosas en el punto RG2 (0,591 mg L⁻¹) con 18% y en el punto QE3 (0,533 mg L⁻¹) en la estación seca con 6.6 %. El resultado de su investigación arroja que el plomo y manganeso vienen a ser los parámetros que superaron la normativa ambiental en la mayoría de puntos de monitoreo, por otra parte, no se puede afirmar que la presencia de metales pesados en las aguas del río Grande y sus tributarios tenga alguna relación directa con la actividad minera.

Tévez (2016), en su **Estudio fisicoquímico del agua del río Caca región Lima**, realizado en la Universidad Pontificia Católica del Perú en Lima, realizó la evaluación de calidad del agua en el cuerpo hídrico que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Cañete ubicada en la provincia de Yauyos en la Región Lima – Perú, planteó el objetivo de determinar la calidad del recurso que tiene por uso principal el riego de cultivos agrícolas y bebida de animales en una zona calificada de extrema pobreza. La metodología empleada consistió de primera mano en el monitoreo en sendas campañas en mayo y julio del 2015, en época de lluvias y estiaje

correspondientemente, para lo cual se han definido 6 estaciones de muestreo. Los parámetros que se identificaron en diversos campos fueron temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH; los parámetros evaluados en el laboratorio fueron la demanda química de oxígeno, sólidos totales, sedimentables, suspendidos y disueltos, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, carbonatos, sodio, calcio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, magnesio, plomo y cinc. Los resultados recopilados indican que los parámetros estudiados en el río Caca no superan los niveles indicados en el estándar nacional de calidad ambiental para agua que será destinada al riego de vegetales y bebida para animales. El río Paluche, uno de los contribuyentes del río Caca, no han cumplido con los valores refrendados por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03). La conclusión de la investigación fue que el río Lincha tiene influencia en la calidad del agua del río Caca.

Meza (2016), en su investigación titulada **Calidad del recurso hídrico de la sub cuenca del río Lampa – Huancayo**. Los objetivos planteados en la presente investigación fueron; analizar la calidad del agua de la subcuenca del río Lampa; indicar las características físicas, bioquímicas y biológicas de la subcuenca del río Lampa; ubicar y caracterizar las fuentes contaminantes que existen a nivel de la subcuenca del río Lampa. La metodología consistió en la recopilación de muestras de siete localidades (Yuracyacu, Palta Rumi, Cabracancha, San Balvin, Occoro, Panti, Pariahuanca), a la vez se tuvo en cuenta tres puntos de fuentes subterráneas (Colquirumi, Chonta, Carahuasa) y fue conformada por los siete puntos superficiales y tres puntos subterráneos de monitoreo en época lluviosa y época seca, para lo cual se aplicó lo indicado en el protocolo de monitoreo de aguas superficiales de la autoridad nacional del agua (ANA) en cual está basado en parámetros físicos y bioquímicos, seguido a ello se han comparado con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría 3 (agua para riego de vegetales y bebida de animales) DS N° 002-2008-MINAM. El resultado obtenido indica que el valor del DBO₅ se encuentra por encima de lo indicado en el ECA categoría 3 con 23.35 (mG/L) en la localidad de Occor, por otro lado el DQO en la mayoría de las localidades presenta ECA categoría 1 A2: 20 (mG/L) (Agua superficial dirigida a la producción de agua potable con tratamiento convencional), el parámetro coliformes fecales y sólidos

suspendidos totales, en su mayor cantidad, el cual supera a los demás parámetros. Finalmente concluye en que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. El cual representa una buena calidad de agua en Palta Rumi.

Corzo (2015), desarrolló su investigación titulado **Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, Distrito de San mateo de Huanchor, Lima**, de la Universidad Pontificia Católica del Perú, el cual planteó el objetivo de calcular el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac. La metodología usada para la evaluación de la calidad del agua, fue verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del río Aruri y Rímac según su categoría. El resultado demuestra que los relaves poseen sulfuros, que brindan con elementos tóxicos a los ríos Aruri y Rímac. Ellos superan los límites permisibles del estándar del Estado de Oregón, Estados Unidos que vienen a ser más estrictos que el criterio peruano, lo cual viene a ser el arsénico que es altamente tóxico. En la conclusión de la presente investigación se comprobó que el río Aruri aporta con ciertos parámetros tóxicos al río Rímac. Sin embargo, del muestreo exploratorio que se realizó en cuanto a Cd, Fe, Mn y Zn se ubican en grandes cantidades cerca a los relaves y los cuales van disminuyendo aguas abajo. Todas aquellas sustancias son sumadas al río Rímac. No obstante, el As mostró un comportamiento muy diferente y a la vez el río Aruri no aporta con este parámetro al río Rímac.

Castillo y Medina (2014), en su trabajo de investigación titulado **Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo**, se planteó como principal objetivo: indicar la variación espacio-temporal de la calidad del agua superficial con fines de riego, en tres puntos elegidos de la red de monitoreo en la parte superior del río Rímac, de enero a agosto de 2011, La metodología fue a través del uso de índices y herramientas estadísticas que se aplicaron a los parámetros muestreados por DIGESA y SEDAPAL, para ejecutar el analizar la calidad espacial y temporal del agua para riego mediante la aplicación de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canada). Para el

WQI NSF las condiciones más óptimas de calidad de agua (buena) se muestran en las estaciones E-08 y E-09, a tal efecto la estación E-10 posee condiciones de calidad de medias a buenas, ello a causa de que los parámetros coliformes termotolerantes, fosfato y nitrato se han registrado en esta estación son más elevados y el DBO₅ por su lado tiene valores mínimos. Se concluyó en que el fosfato, nitrato, coliformes totales y termotolerantes que se registraron en el cuerpo de agua pueden tener sus orígenes en los vertimientos municipales de San Mateo, San Miguel de Viso y Matucana.

Calla (2010), en su investigación titulado **Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras**, de la Universidad Nacional de San Marcos en la ciudad de Lima, tiene por objetivo evaluar el grado de afectación a causa de la actividad minera en la cuanto a la calidad del agua del río Rimac perteneciente al sector San Mateo. En su metodología, la investigación se ha ejecutado en un período de diez años, tomando como indicadores de análisis a los parámetros metálicos; quienes han presentado una evaluación comparativa con la normatividad vigente ambiental tanto nacionales como internaciones tal como lo indica los estándares de la Organización Mundial de la Salud, los estándares de Canadá para agua de irrigación, la Ley general de aguas y los estándares nacionales de calidad del agua (ECAS) para la Categoría III aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM. Como resultado de la comparación analítica de los resultados obtenidos de la calidad del agua en las siete estaciones de muestreo y los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECAs) para la categoría III, se logró que los elementos representativos reflejaban mayor riesgo ambiental en las aguas del río Rímac del sector de San Mateo eran: El cadmio, manganeso, plomo, fierro y arsénico. De esta forma se ha concluido en que el análisis del desarrollo de la calidad del agua en los últimos diez años evidencian una disminución considerable en la concentración de los parámetros metálicos en las aguas del río Rímac, a causa del inicio en práctica de técnicas de tratamiento; en relación a las fuentes de contaminación de los cuerpos de agua, se ha logrado que la actividad minera como también la actual existencia de pasivos ambientales mineros en la zona son los principales indicadores que provocan la alteración de la calidad del agua del río Rímac, a causa de la descarga de ciertos vertimientos mineros, drenajes ácidos de mina; como también la producción de

lixiviados producidos por la existencia de relaveras y bocaminas abandonas por la minería de antaño y que en la actualidad no es manejada debidamente por el sector competente.

2.1.2. Antecedentes locales

Estudios específicamente sobre Índice de Calidad de Agua en una fuente superficial y su variación en el tiempo, hasta el momento no fueron realizados a nivel local. Por lo que la presente investigación que se pretende desarrollar, es la primera a nivel regional.

2.2 Bases Teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Teorías del Agua

Para Tales de Mileto menciona que el agua viene a ser el principio de todas las cosas. Tales fue el pionero en plantear la última naturaleza del mundo, entendida fundamentalmente sobre la base de un primer y último elemento: el agua. Para dicho filósofo el agua representaba al elemento como el primero de todas las cosas que existen, la que dio el inicio del universo, una idea que los griegos llamaban arjé (del griego ἀρχή, fuente, principio u origen).

Fuente (2012), en relación a lo mencionado por Herschel en cuanto al origen de la tierra que toda el agua que hay en nuestro planeta se formó en la más tierna infancia de la Tierra, hace unos 2500 millones de años. Actualmente el agua varía en cada fase como cuando ocurre la evaporación en los océanos, o de sitio con los cambios climáticos, pero la cantidad en su totalidad permanece constante.

Fuente (2012), menciona que hay diversas teorías sobre cómo se formaron los océanos, aunque ninguna da una explicación enteramente satisfactoria. En los discos proto-planetarios hay agua en estado sólido y gaseoso. El agua de los océanos podría surgir de la mezcla de rocas y gases a partir de la cual se formó la Tierra. Pero según las teorías de formación de planetas predicen que la gran parte del agua escaparía al espacio en los primeros millones de años de vida del planeta cuando la masa de la era reducida en comparación de lo que es hoy en día. La temperatura del planeta en ese momento era tan alta que toda el agua estaba en estado gaseoso y dado que la Tierra

era muy poco masiva, su gravedad no era suficiente para retener las moléculas de vapor de agua en su atmósfera, que escaparían al espacio. Unos 20 o 30 millones de años después de su formación, la Tierra sufrió el impacto de un gran meteorito que le desgajó un trozo, la Luna. Algunos investigadores piensan que en ese impacto pudo formarse, además de la Luna, gran parte del agua. Sin embargo, otra de las teorías más reconocidas explica que el agua podría surgir del impacto de cometas recubiertos de hielo en la joven Tierra.

2.2.2. Teorías del Índice de Calidad del agua

El estudio de la medición del índice de la calidad del agua vino a ser materia de discusión en relación a su aplicación con el fin de controlar el recurso hídrico a nivel mundial. A tal efecto, múltiples países han realizado indagaciones e indicadores que tienden a ser aplicados teniendo propios criterios para ser evaluados, y por lo cual la respectiva aplicación deba dirigirse a sus requerimientos y necesidades (Hernandez et al., 2016).

La evolución de los indicadores respecto a la calidad y contaminación tienen un único fin valorar la calidad del agua. La definición de un indicador de calidad o contaminación está sujeto a la comparación de la concentración de contaminantes los cuales estarán relacionados con estándares ambientales, de tal forma el índice refleja el número, la frecuencia y la magnitud mediante el cual, el estándar ambiental para un grupo de variables específicas es o no alcanzado en un período determinado (Yáñez, 2018).

Los Índices de Calidad de Agua existentes son:

- Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento:

En la publicación de León (2009), menciona que Horton y Liebman fueron los primeros que plantearon el uso del Índice de Calidad del Agua ICA para que se puedan estimar patrones o condiciones de contaminación acuática y son los primeros en el diseño de una metodología unificada para su respectivo cálculo, Horton hace el uso de diez variables, donde se incluye las que comúnmente se muestrean, las cuales vienen a ser el Oxígeno Disuelto (OD), recuento de coliformes, ph, conductancia específica,

alcalinidad, contenido de cloruro y la temperatura (Hernández *et al.* 2016). No obstante la evolución y la integración del Índice de Calidad de Agua (ICA) o en inglés Water Quality Index (WQI), de manera formal y debidamente demostrada se desarrolló en 1970 por Brow, MacClelland, Deininger y Tozer, los cuales contaron con el apoyo de la Fundación Nacional de Saneamiento (FNS) o en inglés National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, el cual ha tenido un gran apogeo ya que ha sido el más usado y respetado en los Estados Unidos (EE.UU.); viene a ser un índice que se basó en la constitución del índice de Horton y en el método Delphi para así conceptualizar los parámetros, pesos ponderados, subíndices y clasificación a ser empleados en el cálculo, actualmente es reconocido como el Índice de Calidad de Agua de la NSF. Se hace uso de 9 variables como vienen a ser las de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO₅, nitratos, fosfatos, desviación de temperatura, turbidez y sólidos totales (Universidad Nacional de Pamplona, 2010). Para cuantificar el índice de calidad del agua se utilizó una suma lineal ponderada y el resultado de su aplicación resultó con ponderaciones entre 0 y 100, donde 0 significa que la calidad del agua viene a ser muy pobre mientras que 100 representara una agua de calidad excelente (Ott, 1978). Para el proceso de formulación y el respectivo cálculo del índice se ha empleado la ponderación de los subíndices, en otras palabras, es un índice que otorga pesos específicos a las variables de acuerdo a su importancia y/o relevancia dentro del conjunto agregado. Para el caso descrito, la variable de que posee mayor relevancia pertenece al oxígeno disuelto y la de menos importancia los sólidos disueltos totales (Universidad Nacional de Pamplona, 2010).

- Índice de Calidad del Agua Canadiense:

Uno de los índices más utilizados es el propuesto por el “Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente”, o denominado en inglés “Canadian Council of Ministers of the Environment”, reconocido también por sus siglas en inglés CCME, quien propone evaluar de forma detallada la calidad del agua en un período de tiempo determinado teniendo en consideración la cantidad de parámetros que sobrepasan el *estándar de referencia*, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001). No

obstante, la metodología indicada se caracteriza por su flexibilidad en relación al número y tipo de parámetros utilizados.

En Canadá en 1995, El Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente, CCME por sus siglas en inglés, llevo a cabo un WQI dirigido en un inicio a la evaluación de la calidad ecológica de las aguas fundamentado al balance de los valores para cada parámetro con un punto de referencia, el cual generalmente es recopilado a partir de una norma o guía de calidad del agua; dada su tolerancia en los parámetros y su utilización de directrices para proteger la vida acuática que emplea, el índice otorga la opción de evaluar la calidad de las aguas que están dirigidas para el consumo humano (Hernández et al., 2016).

- Índice de Calidad del Agua de Europa:

En Europa, Boyacioglu ejecuto el Universal Water Quality Index integrado por 11 parámetros fisicoquímicos y uno microbiológico, con el objetivo de brindar un método más simplificado para detallar la calidad de las aguas superficiales destinadas para el abastecimiento de agua potable. Por otra parte los aportes han provenido de estudios como los de van Helmond y Breukel en 1996, los cuales reflejaron que por lo menos 30 índices de calidad de agua vienen a ser de uso común alrededor del mundo (Hernández et al., 2016).

- Índice de Calidad del Agua de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental-Brasil:

En Brasil, la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental implementó y desarrolló el WQI de agua cruda destinada para el abastecimiento público como respuesta al aumento dificultoso de los contaminantes que han sido vertidos a cuerpos de agua, el cálculo es llevado a desarrollar mediante el producto de la ponderación de lo que resulta del índice de calidad de agua y el índice de sustancias tóxicas constituido en el año 2002 (Hernández et al., 2016).

- Índice de Calidad de Agua para los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú ICA-PE:

En el Perú la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el marco de sus funciones, mediante Resolución Jefatural N° 068 -2018-ANA aprobó la “Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua para los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú ICA-PE”, ello como una herramienta que tiene el fin principal de la valoración simplificada de la calidad del agua, contribuyendo a un mejor conocimiento de la gestión de calidad de los recursos hídricos. Para esta metodología los parámetros de evaluación deben ser usados por cada ECA- Agua según la “Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros”, la metodología está basado en el ICA Canadiense ampliamente usada.

En ese sentido, los ICA's constituyen un instrumento principal debido a que permiten emitir la información de forma simplificada de la calidad del recurso hídrico en relación a las autoridades competentes y al público en general; a la vez identifica y contrasta las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo. Viniendo a ser la valoración de la calidad del agua en una escala de 0 - 100, donde 0 (cero) viene a representar aguas de calidad mala y 100 corresponde a una calidad excelente. Por lo expuesto, este índice ha poseído un uso generalizado desde su creación y es utilizado por una cantidad considerable de países. Varios índices han sido desarrollados y empleados en diversas investigaciones para realizar la clasificación de las aguas para diferentes usos, cada uno de ellos posee propiedades y características y por lo general logran obtener en las zonas en que se recolectaron. (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

2.3 Bases Conceptuales

2.3.1. Base Legal en el Perú

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2017-AG.

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.
- Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros y su modificatoria Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA.
- Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua, aplicado a los cuerpos de aguas continentales superficiales.
- Resolución Jefatural 036-2018-ANA, Identificación de fuentes contaminantes.

2.3.2. Importancia del agua

El agua viene a ser una de las sustancias más abundantes en el planeta Tierra. No es por nada que la nombran como "el solvente universal" y viene a ser un raro caso de sustancia que viene a estar omnipresente en nuestro alrededor, en sus tres formas físicas: gas, líquido y sólido. Viene a ser la parte integrante de la mayor cantidad de seres vivientes, tanto vegetales como también animales (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS, 2006).

2.3.3. Calidad del agua

El término calidad del agua es referencial, lo cual indica la composición del agua en la cantidad en qué será afectada por la cantidad y/o concentración de sustancias originadas por los diferentes procesos naturales y actividades antrópica. Como tal, viene a ser un término neutral que no va a estar clasificado como bueno o malo sin referirse a la utilización del uso de agua destinada. Conforme a lo antes, tanto los puntos de vista como los estándares y objetivos de calidad de agua cambian dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc (Quinto y Quintanilla, 2013).

La calidad del agua se comprende como la condición del agua en relación a la ausencia o presencia de su contaminación, implica las acciones de cuantificación y monitoreo (Universidad de Pamplona, 2010). En términos generales, la calidad del

agua se calcula con la comparación de las características físicas y químicas de una muestra de agua en base a directrices de calidad del agua o estándares (Organización de las Naciones Unidas, 2003).

2.3.4. Calidad de Aguas Superficiales

Las variaciones en agua superficial de sabor, color y olor son a causa de cambios en el medio ambiente que son producidos por el desgaste y variaciones de las características innatas del agua, como puede ser la concentración elevada de ciertos parámetros, la eutrofización de embalses o la alteración de las aguas subterráneas (Pérez, 2017).

Los causantes de aquellos efectos se encuentran vinculados a la actividad humana, y las más importantes son las siguientes:

- Uso minero
- Uso industrial
- Uso pecuario
- Uso poblacional: desagües

2.3.5. La contaminación

Viene a ser una variación no deseable en las características físicas, químicas y biológicas del aire, del agua y del suelo, que puede afectar negativamente al hombre y a las especies animales y vegetales (Flores, 2016).

2.3.6. Contaminación de Aguas Superficiales

La contaminación del agua es la alteración de la calidad del agua comúnmente generada por actividad antrópica, convirtiéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, como también para los animales domésticos y la vida natural (Ramírez, 2014).

Las fuentes de contaminación, nominadas como efluentes contaminantes que contienen elementos y sustancias con propiedades físicas, químicas y bacteriológicas que cambian las propiedades del cuerpo receptor son:

- Vertimiento de aguas servidas o negras a los ríos, lagos o mar.
- Vertimiento de desmontes y basuras en las orillas del mar, ríos y lagos.
- Actividades clandestinas e informales, en las orillas de los ríos: curtiembre, fundición de baterías de autos recicladas.
- Los efluentes líquidos que provienen de las distintas actividades de los sectores productivos (labores de excavación, planta de tratamiento de aguas residuales, derrames de aceites, productos químicos como fertilizantes agrícolas y plaguicidas, etc (Ramirez, 2014).

Los Tipos de Contaminación son:

- **Contaminación puntual:** Viene a ser aquella que vierte sus aguas en cuerpo natural. Al ser puntual se considera un punto que va a poder ser tratada o controlada. Van a estar comúnmente relacionadas a las industrias y las aguas negras municipales (Meza, 2016).
- **Contaminación difusa:** Considerada como aquella contaminación producida en un área abierta, están comúnmente vinculada a las actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales (Meza, 2016).

Los ríos por su capacidad depurativa pueden recuperarse de los residuos contaminantes por una combinación de dilución y descomposición bacteriana. Este proceso natural de recuperación viene a estar en relación a los cursos de agua que no se encuentren saturados con estos contaminantes y no reduzcan el caudal en las sequías, presas o desviación a la agricultura o a la industria. Sin embargo, estos procesos naturales de dilución y biodegradación no van a desaparecer a los contaminantes no degradables o que se degradan de forma lenta. La descomposición de residuos degradables por las bacterias restar el oxígeno disuelto, lo cual disminuye o extermina a poblaciones de organismos con alta exigencia de oxígeno hasta que el flujo de agua quede aséptica de residuos (Pari, 2017).

2.3.6.1. Contaminación por actividad minera

Metales Pesados

Un metal pesado viene a ser una sustancia propia de la naturaleza de peso molecular alto, y muy útiles, como, por ejemplo, el plomo que se utiliza mucho para tubería, y el cadmio. Hablando ya de contaminación, los metales pesados generan lesiones en la salud y afectan de forma degenerativa a los órganos (Corzo, 2015).

Drenaje ácido de mina

El drenaje ácido de mina es considerado uno de los principales contaminantes del agua en lugares con actividades mineras históricas o en operación. El DAM es agua residual muy ácida con concentraciones altas de sulfatos ferrosos y no ferrosos, así como sales, si no es tratado, puede contaminar aguas superficiales y subterráneos, cuyo efecto colateral es el daño a la salud de especies acuáticas, plantas, animales y humano, esto se produce tanto en minas activas como abandonadas, en túneles subterráneos, pozos, tajos abiertos, material de desmonte y relaveras (Corzo, 2015).

La principal causa del drenaje ácido de mina es la oxidación de minerales sulfurados como son la piritita y la marcasita. Paradójicamente, en las minas polimetálicas cuyo objetivo es obtener concentrados de Cu, Zn y Pb, la piritita es la ganga que se encuentra en mayor cantidad con respecto a los minerales valiosos (Tumialán, 2013; Wiersma y Rimstidt, 1984). Aunque este proceso ocurre naturalmente, las actividades mineras lo aceleran porque incrementan la exposición de sulfuros al aire, agua y microorganismos (Corzo, 2015).

El drenaje ácido de mina al formarse por presencia de minerales sulfurados, el oxígeno y el aire, va a generar problemas de salud en el hombre y los animales que lo ingieren, la oxidación de los minerales sulfurados va a generar ácido sulfúrico, liberando una gama de metales y metaloides, como resultado el drenaje ácido de mina contiene altas concentraciones de ácido y metales disueltos, al fluir esta mezcla tóxica en el agua subterránea, los riachuelos y ríos, va a desencadenar impactos ambientales, destruyendo ecosistemas y contaminando el agua (Trujillo, 2018).

Pasivos mineros

Los pasivos mineros (PAM) vienen a ser instalaciones, emisiones, efluentes, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, según la norma peruana, los pasivos ambientales pueden ser diferenciados según los siguientes tipos de componentes: i) labores mineras (bocaminas, chimeneas), ii) residuos mineros (relaves, desmontes), iii) infraestructura (campamentos, oficinas, talleres), y iv) otros (residuos químicos); todo ello proveniente de las actividades mineras que se encuentran en estado de abandono o inactivas, y que va a repercutir en un riesgo potencial y permanente para la salud humana y el ecosistema en su conjunto (Trujillo, 2018).

Según menciona (Trujillo, 2018) los principales pasivos ambientales son:

- a. Bocamina: Viene a ser el ingreso a una labor minera subterránea, definiendo el límite entre el espacio exterior y el espacio interior donde se ejecutan las actividades propias a la explotación de minerales, el tamaño de la bocamina esta en relación al tamaño de la extracción que se va a realizar, al acceso de los trabajadores, traslado de mineral, de escombros, carrilanos, o podrían ser asimismo camiones.
- b. Depósito de desmonte: Viene a ser el área que ha sido usada para el depósito de los materiales extraídos de las labores subterráneas y que no poseen valor económico.
- c. Depósito de relave: Viene a ser aquella área que ha sido usada con material de grano fino y que no tiene ningún valor, estos residuos vienen a ser el resultado de los procesos de concentración de minerales por el método de flotación, estos relaves se presentan en forma de pulpa, extrayendo el agua después de la sedimentación de los sólidos, debido a la acción del viento y de las escorrentías son de fácil erosión, para que sean dispuestos se busca de forma primordial la construcción de una presa de sostenimiento, y que en ciertos casos vienen a ser el mismo material grueso del relave y que está contenido en la pulpa.

2.3.7. Identificación de fuentes contaminantes en los recursos hídricos

2.3.7.1. Contaminantes

Los contaminantes más usuales de las aguas son: Materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y otros que se usan en la agricultura, productos químicos domésticos y desechos radioactivos (Medina y Andrade, 2009).

- **Contaminantes físicos**, alteran el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan complican a la flora y fauna acuática. Vienen a ser líquidos insolubles o sólidos originados de forma natural y diferentes productos sintéticos que son expulsados a cuerpos de agua producto del resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica) (Medina y Andrade, 2009).
- **Contaminantes químicos**, se han incluido componentes orgánicos e inorgánicos que se disuelven o se disipan en el agua, estos vienen a ser diversos productos que se originan de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Viniendo a ser los primordiales cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). La gran mayoría de estos contaminantes son liberados de forma directa a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia (Medina y Andrade, 2009).
- **Contaminantes orgánicos**, son compuestos disueltos o dispersos en el agua que se originan de diferentes desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Estos son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, del procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Estos parámetros agotan el oxígeno disuelto en el agua y alteran a la vida acuática (eutrofización) (Medina y Andrade, 2009).
- **Contaminantes biológicos**, incluyen hongos, bacterias y virus que producen enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son indefensas

y otras participan en la desintegración de la materia orgánica que está contenida en el agua (Medina y Andrade, 2009).

2.3.7.2.Fuentes contaminantes

Una fuente de contaminación de los cuerpos de agua es aquella que al tener una forma sólida o líquida, directa o indirectamente, al recurso hídrico de agua superficial o subterránea puede provocar los aspectos de calidad natural (física, química y biológica); hasta tal punto de generar algún peligro en su capacidad de uso y su alteración de los aspectos del ecosistema acuático sea en el corto, mediano o largo plazo (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

2.3.7.3.Clasificación de fuentes contaminantes

Por su origen, las fuentes de contaminación pueden dividirse como naturales y antropogénicas (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Tabla 1

Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes

Por su origen	Por su naturaleza	Por su tipo
<i>F.C. Natural</i>	Aguas naturales	Aguas minero medicinales (termal, mineral, termo mineral), procedentes de la desglaciación, aguas de drenaje pluvial.
	Depósitos naturales	Deposito no minerales, de sal, de carbón.
<i>F.C. Antropogénica</i>	Aguas residuales	Agroindustrial, agropecuaria, domestica, energética, hospitalaria, industrial, minero – metalúrgica, municipal, de rechazo (salmuera), de limpieza y mixta.
	Residuos solidos	De gestión municipal, de gestión no municipal peligrosos, de gestión no municipal no peligrosos.
	Sustancias descargadas “in situ”	Procedentes de lavado de: ropa, vehículos, agregados (no metálicos, material acarreo), cilindros, plásticos, alimentos, incorporación de alimentos para peces en jaulas de cultivo, descarga y trasegado de combustibles, descargas fortuitas (derrames)

Nota: F.C.; Fuentes contaminantes

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, (2018)

En la siguiente tabla, se describen los tipos de fuentes contaminantes de origen antropogénico (aguas residuales y residuos sólidos).

Tabla 2

Fuentes contaminantes de origen antrópico, según su tipo

Naturaleza	Tipo	Ejemplos
Aguas Residuales (A.R.)	A.R. Agropecuaria	Aguas de drenaje de riego, aguas residuales provenientes de granjas
	A.R. Agroindustrial	Aguas provenientes del lavado de vegetales, frutales, lavado de jabas, empaques
	A.R. Domésticas	Aguas residuales de origen residencial, comercial, institucional.
	A.R. Municipal	Aguas residuales provenientes de PTAR municipales, distritales, que pudieran incluir mezcla de aguas de drenaje pluvial e industrial
	A.R. Industrial	Aguas residuales provenientes de la industria papelera, carnales o mataderos, curtidos y calzado, conservas, bebidas, lavanderías, petroquímica, siderúrgica (acería), productos alimenticios, lavanderías, textiles, productos químicos (cosmética, detergentes), centrales nucleares, plásticos y caucho, hospitales, mecánico, electrónica, lácteos, farmacéutica.
	A.R. Minero metalúrgico	Aguas de mina, aguas residuales provenientes de operaciones de componentes mineros (tajo, relavera, beneficio, depósito de relaves, etc)
Residuos sólidos (R.S.)	R.S. de gestión municipal	Origen doméstico: Restos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales descartables, entre otros. - Comercial (papel, embalaje, restos del aseo personal y semejantes). - Aseo urbano (barrido de calles y vías, maleza, entre otros) y de productos provenientes de actividades que generen residuos sólidos semejantes a los mencionados, quienes deber ser destinados a rellenos sanitarios.
	R.S. Peligrosos de gestión no municipal	Residuos metálicos que contengan plomo o mercurio. - Residuos humanos provenientes de los establecimientos de salud. - Pasivos Mineros. - Residuos de plaguicidas y herbicidas. - Residuos originados por la fabricación de productos químicos: cianuro por ejemplo entre otros según lo mencionado en el anexo 4 del reglamento de la ley de residuos sólidos.
	R.S. No peligrosos de gestión no municipal	Desechos de las actividades de la construcción y demolición. - Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). - Residuos industriales, como también su fiscalización dependerá del sector industrial que produce dicho residuo.
Sustancias descargadas in situ (I.S.)		Debido a las actividades desarrolladas en la rivera de cuerpos de agua como el lavado de automóviles, ciertos alimentos, ropa, extracción del material de acarreo, derrames (sustancias químicas, hidrocarburos, etc), vertimiento y trasegado de combustible.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

2.3.8. Monitoreo de agua

Con el fin de realizar la respectiva evaluación de la calidad del agua de un es imprescindible monitorear sus características físicas, químicas y biológicas (Vásquez y Medina 2015), delimitando las condiciones del ambiente, el estado o situación, tendencias y cambios de los factores que alteran los estados del recurso hídrico.

El monitoreo nos induce a la recolección de muestras de aguas, gases, material particulado, suelos, relaves, desmontes, plantas, plancton, etc; identificando el lugar con sus coordenadas UTM y altura (Salva, 2007).

2.3.8.1. Estándares de calidad ambiental del agua

Con la creación del Ministerio del Ambiente en el año 2008, se dio luego la aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias, o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componentes básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

En el año 2017, el MINAM a través del D.S N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias, a las disposiciones aprobadas mediante el D.S N° 002-2008-MINAM, D.S N° 023-2009-MINAM y el D.S N° 015-2015-MINAM, que aprueban los ECA-Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente decreto supremo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA- Agua y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, cuenta con 4 cuatro categorías y 17 subcategorías:

- **Categoría 1:** Poblacional y recreacional
 - a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

- A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
- A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
- b) Subcategorías B: Agua superficiales destinadas para recreación
 - B1: Contacto primario
 - B2: Contacto secundario
- **Categoría 2:** Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales
 - a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicadas en aguas marinos costeras
 - b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras
 - c) Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras
 - d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas
- **Categoría 3:** Riego de vegetales y bebidas de animales
 - a) Subcategoría D1: Riego de vegetales
 - Agua para riego no restringido
 - Agua para riego restringido
 - b) Subcategoría D2: Bebida de animales
- **Categoría 4:** Conservación del medio ambiente acuático
 - a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos
 - b) Subcategoría E2: Ríos
 - Ríos de la costa y sierra
 - Ríos de la selva
 - c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeras y marinas
 - Estuarios
 - Marinos

Tabla 3

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICO – QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/l		5	10
Bicarbonatos	mg/l		518	-
Cianuro Wad	mg/l		0.1	0.1
Cloruros	mg/l		500	-
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co		100(a)	100 (a)
Conductividad	(us/cm)		2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l		0.5	0.5
Fenoles	mg/l		0.002	0.01
Fluoruros	mg/l		1	-
Nitratos (NO ₃ - N)+ Nitritos (NO ₂ - N)	mg/l		100	100
Nitritos (NO ₂ - N)	mg/l		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l		≥4	≥5
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/l		1000	1000
Temperatura	°C		Δ3	Δ3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/l		5	5
Arsénico	mg/l		0.1	0.2

Bario	mg/l	0.7	-
Berilio	mg/l	0.1	0.1
Boro	mg/l	1	5
Cadmio	mg/l	0.01	0.05
Cobre	mg/l	0.2	0.5
Cobalto	mg/l	0.05	1
Cromo total	mg/l	0.1	1
Hierro	mg/l	5	-
Litio	mg/l	2.5	2.5
Magnesio	mg/l	-	250
Manganeso	mg/l	0.2	0.2
Mercurio	mg/l	0.001	0.01
Níquel	mg/l	0.2	1
Plomo	mg/l	0.05	0.05
Selenio	mg/l	0.02	0.05
Zinc	mg/l	2	24
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	1000
Escherichiacoli	NMP/100 ml	1000	-

Fuente: D.S. N° 004 MINAM - 2017

Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley General del Ambiente, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, como la medida que establece el nivel o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpos receptores, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente y son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo condiciones naturales o niveles de fondo, y el diseño de normas legales, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Es en consecuencia, un instrumento útil para evaluar el estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua en las cuencas hidrográficas del país (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

2.3.9. Clasificación de cuerpos de agua superficial

La clasificación de los cuerpos de agua, queda determinado aplicando las 4 categorías que establece los ECA - Agua, es considerada como una herramienta que se emplea como paso previo para evaluar el estado de la calidad de los recursos hídricos, en condición de cuerpos receptores. De aquí radica la importancia de “clasificar” los cuerpos de agua en función a normas estandarizadas para su evaluación ambiental, lo que quiere decir que cada espacio marino, estuario, río, quebrada, lago, laguna, se le asigna una categoría establecida. En este sentido, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos de la ANA, en el marco de sus competencias Aprobó la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA y su modificatoria la R.J N° 056-2018-ANA, en la que aprueba la Clasificación de cuerpos de agua superficiales continentales, referidos a los principales cuerpos naturales de agua (ríos, quebradas, lagos, lagunas e inclusive embalses o reservorios) en el ámbito de las 159 unidades hidrográficas del país; considerando las actividades de uso poblacional y las diversas actividades socioeconómicas (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

2.3.10. Índice de Calidad del Agua

La Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, sostiene que los índices de calidad de agua (ICA), constituyen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, lo que permite transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua, convirtiéndose un instrumento fundamental para la gestión de la calidad de los recursos hídricos debido a que permite transmitir información de una manera sencilla sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general; lo que permite identificar y comparar las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo.

Según la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), estos indicadores tienen dos funciones principales:

a. Reducen el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requieran para hacer una representación exacta de una situación y,

b. Simplifican el proceso de comunicación de los resultados de la medición.

2.3.10.1. *Ventajas y limitaciones del Índice de Calidad del Agua*

En la siguiente tabla, se observa las principales ventajas y limitaciones del índice de calidad del agua.

Tabla 4

Ventajas y limitaciones del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Ventajas	Limitaciones.
- Permiten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua. - Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio. - Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales. - Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas. - Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas y ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión. - Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua. - Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.	- Proporcionan un resumen de los datos. - No proporcionan información completa sobre la calidad del agua. - No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua. - No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra. - Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal. - Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, afectando la credibilidad de los WQI como una herramienta para la gestión. - Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.

Fuente: Torres et al. (2009)

2.3.10.2. *Usos de los índices*

Carrillo y Urgiles (2016), menciona que, de acuerdo con Ott en el 1978, 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 y los posibles usos de los índices son seis

1. **Manejo del recurso:** Estas proveen información a personas o entidades que toman decisiones sobre las prioridades del recurso hídrico.
2. **Clasificación de áreas:** Los índices son usados para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
3. **Aplicación de normatividad:** Permiten determinar el cumplimiento con la normatividad y políticas ambientales.
4. **Análisis de la tendencia:** Demuestran si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando en un período de tiempo.
5. **Información pública:** Permiten realizar actividades de concientización y educación ambiental.
6. **Investigación científica:** Los datos pueden ser analizados fácilmente proporcionando una visión de los fenómenos medio ambientales.

2.3.11. Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE)

En el Perú, la evaluación de la calidad del agua se realiza a través de la comparación de los resultados de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el ECA - Agua según la categoría del cuerpo de agua superficial correspondiente; lo que determina su cumplimiento o incumplimiento, precisando únicamente los parámetros críticos y su correspondiente concentración. Sin embargo, esta evaluación es ambigua a la hora de precisar o establecer el nivel de calidad de agua del recurso hídrico, es decir si esta tiene una calidad excelente, buena, regular, mala o pésima (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Por ello la Autoridad Nacional de Agua aprobó la Metodología del Índice de Calidad del Agua denominado como ICA - PE desarrollo del procedimiento y aplicación.

Para la elaboración metodológica (determinación y cálculo) del ICA, se requiere lo siguiente:

- Información base necesaria (resultados de los monitoreos).

- La clasificación de los cuerpos de agua (la categoría a ser evaluada según normativa).

- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, que la Autoridad competente en materia de agua en nuestro país cuenta con la base de datos, herramientas y normativas, sin la necesidad de requerir alguna referencia de otros países.

2.3.12. Procedimiento para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE)

2.3.12.1. Criterios de selección de datos de calidad de agua

a. Descripción de los parámetros de calidad de agua

La Autoridad Nacional del Agua (2018), menciona que según (WHO/UNEP 1997, Glossary of Environment Statistics 1997), la calidad del agua puede verse afectada por sustancias que al alcanzar ciertas concentraciones podrían ser dañinos a los organismos (humanos, plantas y animales) o exceder un estándar de calidad ambiental.

En la tabla N° 05, se describe la importancia de cada agente contaminante

Tabla 5

Descripción de los agentes contaminantes

Agentes / Fuentes Contaminantes	Descripción
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable. Esta última se mide en la mayoría de las ocasiones en función de la DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Patógenos (bacterias, virus, protozoarios, gusanos)	Trasmiten enfermedades contagiosas tales como el cólera, tífus, disentería, gastroenteritis, hepatitis, poliomielitis, esquistomiasis. Estos agentes pueden causar altas tasas de morbilidad y mortalidad si no se toman las medidas adecuadas de higiene y desinfección, o de búsqueda de otras fuentes de agua de mejor calidad.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono son nutrientes esenciales para el crecimiento de algas. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de algas produciendo las floraciones algales.
Materia orgánica Refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tenso activos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son frecuentemente añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos Disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio, y los sulfatos se añaden de suministro como consecuencia del uso del agua y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.
Sólidos sedimentables	Entre los contaminantes sólidos se encuentran arena, arcillas, tierra, cenizas, materia vegetal agrícola, grasas, brea, papel, hule, plásticos, madera y metales. Las partículas del suelo o sólidos de basura se acumulan en el cauce de los ríos, perjudicando a la biota existente. Si los sedimentos acarrear sustancias tóxicas, estos pueden ser transmitidos a otros organismos a través de la cadena alimentaria ocasionando la muerte de los organismos acuáticos.
Energía radiactiva	Producen muerte de especies de flora y fauna, problemas en la salud humana, alteraciones genéticas y cáncer
Energía térmica	Los procesos industriales producen en numerosos casos aguas a elevadas temperaturas. Cuando éstas llegan a canales, ríos, lagos o mares causan varios efectos químicos, físicos y biológicos. Uno de los más graves es la descomposición del agua, agotando el oxígeno que ésta contiene.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

A continuación, se describen los parámetros (elementos o compuestos) establecidos en la normatividad ambiental y que son considerados para la evaluación de la calidad del agua:

- **Conductividad:** Depende de la actividad de los tipos de iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición. El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma. De la conductividad eléctrica, que indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en micro Siemens/l ($\mu\text{S/l}$) (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).
- **Oxígeno Disuelto (OD):** Es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua superficial, su presencia en el agua se debe al aporte del oxígeno de la atmósfera y de la actividad biológica (fotosíntesis) en la masa de agua. El oxígeno disuelto, es un parámetro ambiental vital, porque su evaluación permite informar y/o reflejar la capacidad recuperadora de un curso de agua y la subsistencia de la vida acuática (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO se usa como una medida del oxígeno equivalente del contenido de materia orgánica. Es una variable importante que puede medirse rápidamente para determinar la contaminación de los cuerpos naturales de agua superficiales por las aguas servidas, desechos industriales de tipo orgánico y efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticos e industrial con alto contenido de materia orgánica (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** Es la cantidad total de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación de la materia orgánica presente en el agua. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (Minaya, 2017).

- **Coliformes Termotolerantes (Fecales):** La presencia de este parámetro en los cuerpos de agua superficial se debe a la contaminación fecal, cuyo origen puede deberse a los vertidos domésticos sin tratamiento a los cuerpos receptores (ríos, quebradas) y otros de los factores, puede ser por la inadecuada disposición de residuos sólidos que se depositan en los cauces de los ríos (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Huevos y Larvas de Helmintos:** Los helmintos hacen referencia a todos los tipos de gusanos, tanto parasitarios como los no parasitarios, estos infectan a numerosas personas y animales. Este parásito está asociado a las aguas residuales domésticas sin tratamiento, su vía de infección es por el consumo de agua contaminada (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Metales tóxicos:

- **Arsénico (As):** Metal pesado venenoso y muy tóxico, en aguas naturales se presenta como arseniato (AsO_4^{3-}) y arsenito (AsO_2^+); su presencia puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas) (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Mercurio (Hg):** Su presencia en las aguas se debe principalmente a las actividades antrópicas (minería, etc.), salvo en algunos lugares que por su propia naturaleza se encuentran depósitos de este mineral. Generalmente es un elemento que no abunda en la naturaleza (corteza terrestre) (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Plomo (Pb):** El Plomo es un elemento relativamente de menor importancia en la corteza terrestre, pero está ampliamente distribuida en bajas concentraciones en rocas sedimentarias y suelos no contaminados. El plomo es tóxico para los organismos acuáticos pero el grado de toxicidad varía mucho, según sea las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Cadmio (Cd):** El Cadmio se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro y como impureza de minerales de zinc y plomo. Su presencia en el agua se da debido a las actividades mineras y de fundición (Autoridad Nacional del Agua, 2018). La minería de metales no ferrosos es fuente de liberación de

cadmio al medio acuático. Puede provenir del agua de drenado de minas, de las aguas residuales del procesamiento de los minerales, de derrames de los depósitos de desechos del proceso del mineral, del agua de lluvia que cae en el área general de la mina y de las partículas más ligeras de mineral, que pasan a través de los cedazos en las operaciones de concentración y purificación (Dirección General de Salud Ambiental, 2004)

- **Cromo (Cr):** La concentración de cromo en los cuerpos naturales de agua por lo general es muy pequeña. La actividad minera y los procesos industriales pueden producir elevadas concentraciones de este elemento. Es un metal tóxico, para la salud humana (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Cobre (Cu):** Es un elemento altamente distribuido en las cuencas hidrográficas, pero la mayoría de los minerales de cobre son relativamente insolubles – debido a que el cobre es absorbido en fase sólida, solo existe en bajas concentraciones en las aguas naturales. Debido a la presencia de sulfuros, el cobre debería ser aún menos soluble en ambientes anóxicos. La presencia de mayor concentración en aguas naturales superficiales puede atribuirse a desechos industriales y/o actividades de minería (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Zinc (Zn):** Es un elemento que abunda en las rocas y minerales, pero tiene baja concentración en las aguas naturales debido a la falta de solubilidad del metal. Está presente en cantidades trazas en casi todas las aguas alcalinas superficiales, pero se eleva su concentración en aguas ácidas.
En concentraciones moderadas es considerado como un parámetro esencial para la nutrición de los hombres, siendo también tóxico para los organismos acuáticos debido a su variación en concentración y a los factores según sean las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Hierro (Fe):** Es un elemento que abunda en la corteza terrestre. Pero, por lo general, se da en pequeña concentración en los sistemas de aguas naturales. La forma y solubilidad del hierro en las aguas naturales depende en gran medida del pH y potencial redox del agua. El hierro se presenta en

estado de oxidación +2 y +3. Su selección es para definir que su presencia en las aguas naturales se debe al aporte de su propia naturaleza del lugar (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

- **Manganeso (Mn):** El manganeso es un metal relativamente común en las rocas y suelos, donde se presenta como óxidos e hidróxidos. Su evaluación es de gran importancia para controlar las concentraciones de diversos metales trazas existentes en los cuerpos de agua natural. Su elección de este parámetro es para comprobar que su presencia es netamente natural (Autoridad Nacional del Agua, 2018).
- **Aluminio (Al):** Es uno de los elementos que más abunda en la corteza terrestre, pero su presencia en las aguas naturales es ínfima. Dado que el aluminio existe en muchas rocas, minerales y arcillas, está presente en todas las aguas superficiales, pero su concentración en las aguas con un pH cercano al natural raramente supera unas pocas décimas a 1mg/l (Asociación Española de Aluminio, 2008)
- **Boro (B):** El boro, es un elemento que se encuentra en las aguas naturales debido a dos factores, al aporte de la geología natural y/o a los vertidos de efluentes de aguas residuales tratadas y no tratadas. Su presencia de este elemento en el agua tiene un efecto nocivo en ciertos productos agrícolas, incluidos los cítricos. Asimismo, para aguas destinadas para el consumo poblacional que contiene boro, puede originar un problema en la salud de las personas (Velázquez et al., 2011)
- **pH:** El pH en las cuencas hidrográficas donde escurren aguas naturales sin actividad antrópica, en cierta forma está determinado por la geología de la cuenca y se rige por los equilibrios dióxido de carbono-bicarbonato carbonato. El pH en la mayoría de las aguas varía entre 6,5 a 8,5 (turbulencia y aireación). La evolución química de muchos metales, su solubilidad del agua y biodisponibilidad están determinadas por el pH. Por tanto, es un parámetro de mucha importancia en la evaluación de la calidad del agua (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

- **Sólidos suspendidos totales (TSS):** Su presencia en los cuerpos de agua natural se relaciona con los factores estacionales y regímenes de caudal y es afectado por la precipitación. Su concentración varía dependiendo del lugar, según sea la hidrodinámica del cauce, el suelo, la cubierta vegetal, el lecho, las rocas y actividades antrópicas como la agricultura, minería, entre otros. Su evaluación en la calidad del agua es de mucha utilidad, porque afecta la claridad del agua y la penetración de la luz, la temperatura y el proceso de la fotosíntesis (Argandoña y Macias, 2013)
- **Fósforo (P):** El fósforo ingresa a las aguas superficiales por los vertimientos de saneamiento, es el segundo principal nutriente y responsable de eutrofización de los cuerpos de agua superficial. Todos estos tipos de fósforo ingresan a las aguas naturales superficiales a través de vertidos residuales domésticos y por escorrentía de la actividad agrícola y debido a su capacidad como nutriente, es la responsable del crecimiento de las algas en los cuerpos naturales de agua (Fernández, 2007)
- **Amoníaco (NH_3):** Se forma por desanimación de compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea. El amoníaco es fácilmente captado por las plantas y puede contribuir a la productividad biológica, en presencia de oxígeno se oxida a nitritos y nitratos (nitrificación). En condiciones anaeróbicas, el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco ionizado (NH_4^+) y no ionizado (NH_3). El amoníaco no ionizado es tóxico para los peces a concentraciones relativamente bajas. Sin embargo, está en equilibrio con el ion NH_4^+ menos tóxico y para el pH y temperatura de la mayor parte de las aguas naturales, su concentración relativa es bastante baja (Departamento de Salud y servicios Humanos de los EE.UU., 2004).
- **Nitrógeno Total:** Su estudio es de gran importancia debido a los procesos vitales como nutrientes para las plantas, su aporte a las aguas naturales superficiales se debe a las aguas residuales domésticas sin tratamiento, estos vertimientos ricos en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación, con la consecuente concentración de nitratos y riesgos de contaminación para los usuarios que consumen estas aguas. Asimismo, es

uno de los elementos esenciales para el crecimiento de las algas y, por otra, causa una demanda de oxígeno al ser oxidado por las bacterias nitrificantes, reduciendo los niveles de oxígeno disuelto (Perdomo et al., 2015).

b. Parámetros a evaluar en el ICA-PE

De acuerdo al análisis de la información procedente de los monitoreos de la calidad de los cuerpos de agua superficial realizados por la ANA, se han identificado los parámetros recurrentes de evaluación en concordancia con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales, así como la posible alteración al recurso hídrico y eventual riesgo a la salud y al ambiente. Además, de tener en cuenta la categoría asignada al cuerpo de agua, se alinea a la “Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales” y a los estándares de calidad ambiental para el agua (ECA - Agua) para los parámetros seleccionados en la aplicación de la metodología ICA - PE (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Tabla 6

Parámetros considerados en la categoría 3 - Riego de vegetales y bebida de animales de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para agua

N°	Parámetro	Unidades
01	Cloruros	mg/L
02	Conductividad	µS/cm
03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L
04	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L
05	Potencial de Hidrogeno (pH)	Unid. de pH
06	Aluminio	mg/L
07	Arsénico	mg/L
08	Boro	mg/L
09	Cadmio	mg/L
10	Cobre	mg/L
11	Hierro	mg/L
12	Manganeso	mg/L
13	Mercurio	mg/L
14	Plomo	mg/L
15	Zinc	mg/L
16	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
17	Huevos y larvas helmintos	Huevos/L

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

c. Descripción del método para determinar el ICA-PE

i. Definición de la zona de estudio

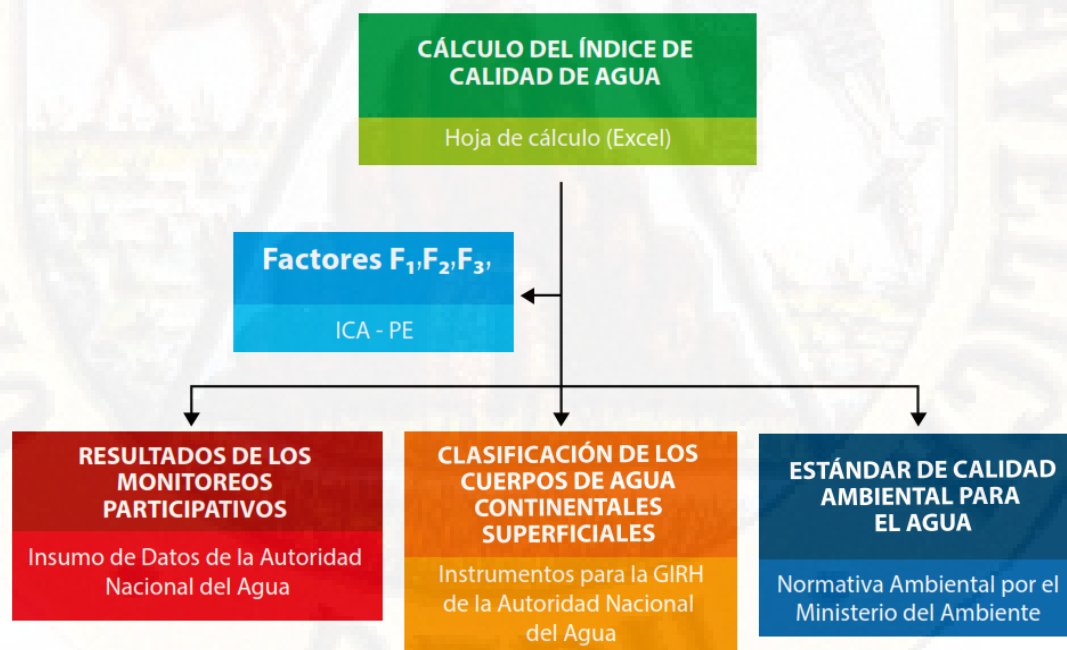
Una vez identificada la zona de estudio ya sea una cuenca, río o parte de un curso de agua, es necesario realizar una breve descripción de la misma, ubicación política y geográfica, destacando las características hidrográficas (vertiente hidrográfica, río principal y afluentes, nacimiento, entre otras); así como señalar las principales actividades productivas y/o poblaciones presentes (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

ii. Información base necesaria

Para la determinación del ICA de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca; es necesario contar con la data suficiente. Información que proviene de las actividades que realiza la ANA en el marco del control y la vigilancia de los recursos hídricos o de realizar monitoreos y análisis de agua, por un laboratorio acreditado por INACAL (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Figura 1

Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes



Fuente: Autoridad Nacional del Agua, (2018)

Es necesario contar con una red de puntos de monitoreos ubicados a lo largo del cuerpo de agua. La ANA cuenta con una red de puntos de monitoreo aprobados para las cuencas, estos son importantes para poder evaluar sus características y comportamiento de la calidad del agua de la cuenca (río o parte de un cuerpo de agua).

iii. Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE)

Para la determinación del índice de calidad de agua, esta metodología se basa en el cálculo mediante la fórmula canadiense, que comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va representar y describir el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

A continuación, se describe la definición y su determinación de cada de estos tres factores:

F1 - alcance: Representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, estándares de calidad ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{Numero de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Numero Total de parámetros a evaluar}} * 100$$

F2 - frecuencia: Representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos).

$$F_2 = \frac{\text{Numero de parámetros que no cumplen los ECA agua de los datos evaluados}}{\text{Numero Total de Datos Evaluados}} * 100$$

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

F3 - amplitud: Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

En donde la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{suma normalizada de excedentes} = \frac{\sum \text{excedente}}{\text{total de datos}}$$

Excedente, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA – Agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA - Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}} \right) - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA - agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el Oxígeno Disuelto (> 4), pH (>6.5, <8.5), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA agua}} \right) - 1$$

Una vez obtenido el valor de los factores (F1, F2, y F3) se procede a realizar el Cálculo del Índice de Calidad de Agua, siendo este la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres (03) factores, F1, F2 y F3; valor que se presenta en un rango de 100, como un ICA de excelente calidad a 0, como valor que representa un ICA de pésima calidad. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$ICA - PE = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

Para el desarrollo del cálculo del índice de calidad del agua, se emplea una aplicación en Microsoft Excel (hoja de cálculo), donde se introduce los datos y las fórmulas matemáticas para la obtención de los factores (F1, F2, y F3) y

asimismo el valor del índice de calidad de agua, ICA - PE es calculado y como resultado, el valor del índice se presenta como un número adimensional comprendido entre un rango, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que expresan y califican el estado de la calidad del agua, como Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente (Ver la siguiente Figura).

Figura 2

Interpretación de la calificación del ICA-PE

ICA-PE	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
90 - 100	EXCELENTE	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75 - 89	BUENO	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45 - 74	REGULAR	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
30 - 44	MALO	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0 - 29	PÉSIMO	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

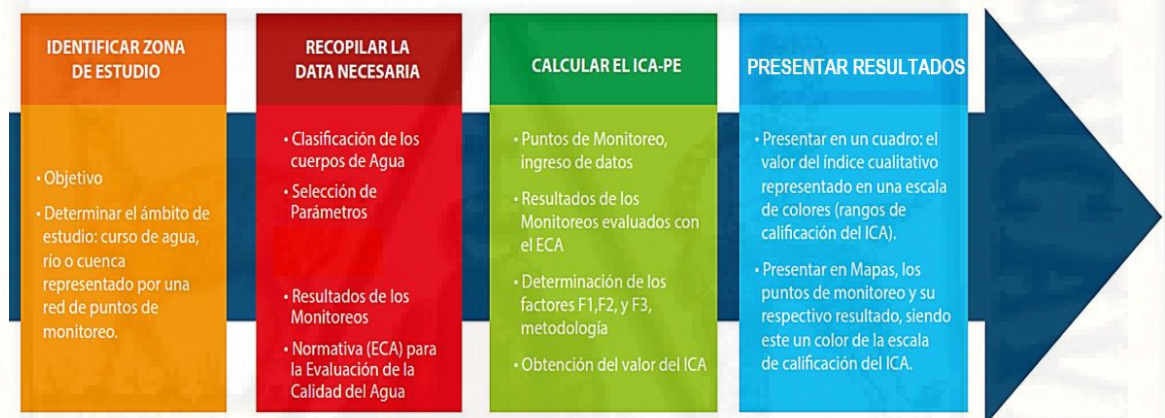
Este tipo de calificación cualitativa viene asociada a una escala cromática (cada calificación tiene un color), el cual tiene por propósito facilitar la comunicación y representar el estado de la calidad del agua, este indicador de calidad de agua, aplicado durante un período de tiempo evalúa la incidencia de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que son considerados, y que mediante una herramienta matemática nos permite transformar grandes cantidades de datos (concentraciones de los parámetros en estudio) a una escala de medición única, expresado en porcentaje. Siendo

un valor ICA cercano a 0%, el cual representa la alta afectación que existe en la calidad del agua de ese punto de monitoreo, en tanto que presente excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100% (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Con la metodología ICA-PE se puede aplicar en los siguientes casos de tener información de: (1) Todos los monitoreos, (2) Monitoreos en época seca, (3) Monitoreos en época húmeda, en los cuales es importante contar con la data de los monitoreos para calcular y presentar los ICA's de una zona o cuerpo de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Figura 3

Pasos a seguir para determinar el valor y representar un ICA



Fuente: Autoridad Nacional del Agua, (2018)

2.4. Definición de Términos

- **Aguas Residuales:** Las aguas residuales son aquellas que presentan composición combinada, originándose de las descargas de los siguientes usos: municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido alteración en su composición y calidad original (Bermeo, 2016).
- **Antropogénico:** Se refiere a la actuación propia del hombre y el impacto que este produce en el medio ambiente (Gordillo, et al, 2010).
- **Calidad de agua:** Es un conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas del agua, determinadas básicamente por los valores establecidos en el reglamento respectivo de concentraciones máximas admisibles y las establecidas en las guías de calidad, que aseguran la inexistencia de algún tipo de riesgo o peligro de carácter sanitario (Flores, 2016).
- **Concentración:** Es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente (agua), donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores. A menor proporción de soluto disuelto en el solvente, menos concentrada estará la solución (Flores, 2016).
- **Contaminación:** Es una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental (Flores, 2016).
- **Cuerpo receptor:** Se refiere al cuerpo natural de agua continental o marino-costera que recibe el vertimiento de las aguas residuales tratadas o sin tratar (Laura, 2019).
- **Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua):** Nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente (Laura, 2019).
- **Indicadores microbiológicos:** Los indicadores microbiológicos respecto a la calidad del agua son organismos que presentan acciones semejantes a los microorganismos patógenos “cuyo origen, concentración, hábitat y reacción a factores externos es la de la mayoría”. Su existencia define la presencia de

patógenos y permite cotejar sus reacciones a cambios de pH y temperatura o la inyección de medios químicos o físicos de desinfección (Ríos et al., 2017).

- **Microorganismos patógenos:** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis (Rojas et al., 2009).
- **Monitoreo ambiental:** Es la observación del medio ambiente para recoger información relacionada con la contaminación Flores, 2016).
- **Monitoreo:** Es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información relacionada a la contaminación y forman parte de evaluaciones integrales de calidad ambiental, las cuales son más complejas, y permiten medir las tendencias temporales y espaciales de la calidad del ambiente, con esto se calculan los efectos que generan estos contaminantes sobre los componentes ambientales (agua, suelo, aire, flora y fauna) (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015).
- **Muestreo:** Se realiza de manera puntual y/o compuesta, y comprende la recolección, análisis y evaluación sistemática en un determinado espacio y tiempo (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015).
- **Organolépticos:** Vienen a ser aquellas propiedades que son perceptibles con los sentidos (color, olor, sabor, etc), lo que se diferencia de las propiedades químicas, microscópicas, etc (Dirección General de Salud Ambiental, 2004)
- **Patógenos:** Son aquellos microorganismos que generan enfermedad, es decir pueden provocar enfermedades a su huésped (Ríos et al., 2017).
- **Ríos:** Son corrientes de agua continua que desembocan en otra corriente de agua o en el mar.
- **Sólidos:** Pueden estar presentes en suspensión, en solución o ambos, se dividen en materia orgánica e inorgánica. Los sólidos disueltos totales se deben a materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión son partículas discretas que se pueden medir al filtrar una muestra a través de un papel fino (Castillo y Medina, 2014).
- **Turbidez:** La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos (Hernández et al., 2016).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General:

- La variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA-PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 disminuye de manera significativa.

2.5.2. Hipótesis Específicos

- El nivel de concentración de los parámetros físicos-químicos en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.
- El nivel de concentración de los parámetros inorgánicos en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.
- El nivel de concentración de los parámetros microbiológicos en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

2.6. Variables

2.6.1. Variable Independiente

- Período 2015 – 2018: El tiempo es una magnitud física con que se mide la duración o separación de acontecimientos.

2.6.2. Variable Dependiente:

- Índice de Calidad del Agua (ICA.PE): Se entiende por calidad de un agua al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado (Quispe 2016).

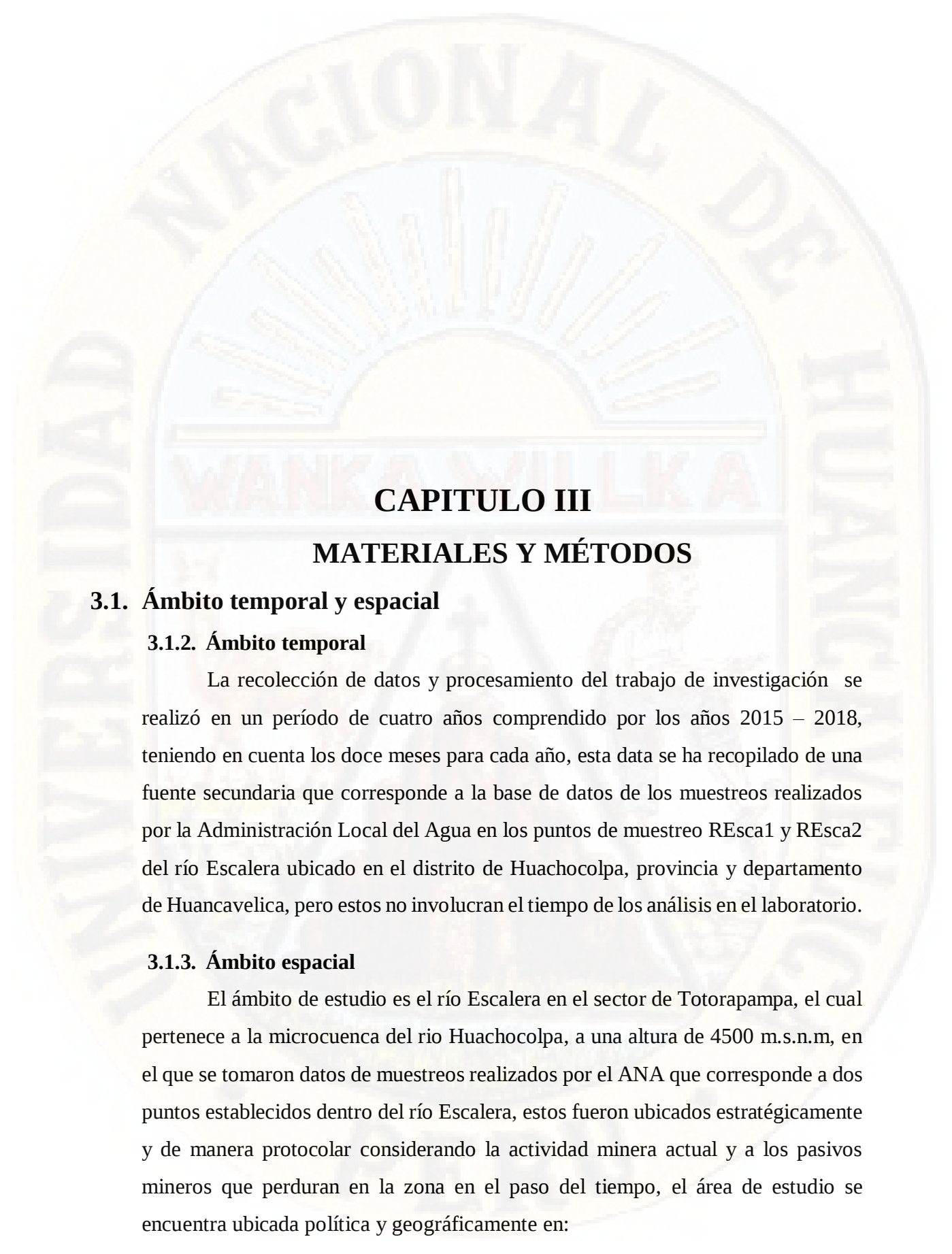
2.7.Operacionalización de variables

Tabla 7

Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Instrumento												
Variable independiente <i>Período 2015-2018</i>	El tiempo es una magnitud física con que se mide la duración o separación de acontecimientos, que permite ordenar los sucesos en secuencias, estableciendo un pasado, futuro y un tercer conjunto de eventos ni pasados ni futuros respecto a otro.	La medición del tiempo se realizó a través del calendario anual 2015, 2016, 2017 y 2018 ya que es factor que interviene en la variación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos ya que durante un período de tiempo todo cuerpo se encuentra en estado móvil.	Año 2015 Año 2016 Año 2017 Año 2018	Meses del análisis de monitoreo de agua superficial durante el periodo 2015-2018.	Escala Nominal	Calendario												
Variable dependiente <i>Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)</i>	De forma tradicional se ha entendido por calidad de agua al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado (Quispe 2016).	Los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos se obtuvieron de la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua y luego se aplicó la fórmula matemática del ICA-PE	Parámetros fisicoquímicos Parámetros inorgánicos Parámetros microbiológicos	Cloruros, conductividad, demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrogeno (pH) Aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo y zinc Coliformes termotolerantes y numero escherichia coli	<table><tr><th>Calificación</th><th>ICA-PE</th></tr><tr><td>EXCELENTE</td><td>90 - 100</td></tr><tr><td>BUENO</td><td>75 - 89</td></tr><tr><td>REGULAR</td><td>45 - 74</td></tr><tr><td>MALO</td><td>30 - 44</td></tr><tr><td>PÉSIMO</td><td>0 - 29</td></tr></table>	Calificación	ICA-PE	EXCELENTE	90 - 100	BUENO	75 - 89	REGULAR	45 - 74	MALO	30 - 44	PÉSIMO	0 - 29	Ficha de recolección de datos el cual se determinará con el cálculo del Índice de Calidad del Agua Perú determinada por la siguiente formula: ICA - PE = $100 \cdot \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$
Calificación	ICA-PE																	
EXCELENTE	90 - 100																	
BUENO	75 - 89																	
REGULAR	45 - 74																	
MALO	30 - 44																	
PÉSIMO	0 - 29																	

$$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$$



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.2. Ámbito temporal

La recolección de datos y procesamiento del trabajo de investigación se realizó en un período de cuatro años comprendido por los años 2015 – 2018, teniendo en cuenta los doce meses para cada año, esta data se ha recopilado de una fuente secundaria que corresponde a la base de datos de los muestreos realizados por la Administración Local del Agua en los puntos de muestreo REsca1 y REsca2 del río Escalera ubicado en el distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica, pero estos no involucran el tiempo de los análisis en el laboratorio.

3.1.3. Ámbito espacial

El ámbito de estudio es el río Escalera en el sector de Totorapampa, el cual pertenece a la microcuenca del río Huachocolpa, a una altura de 4500 m.s.n.m, en el que se tomaron datos de muestreos realizados por el ANA que corresponde a dos puntos establecidos dentro del río Escalera, estos fueron ubicados estratégicamente y de manera protocolar considerando la actividad minera actual y a los pasivos mineros que perduran en la zona en el paso del tiempo, el área de estudio se encuentra ubicada política y geográficamente en:

- **Ubicación Política:**

Distrito : Huachocolpa
Provincia : Huancavelica
Departamento : Huancavelica

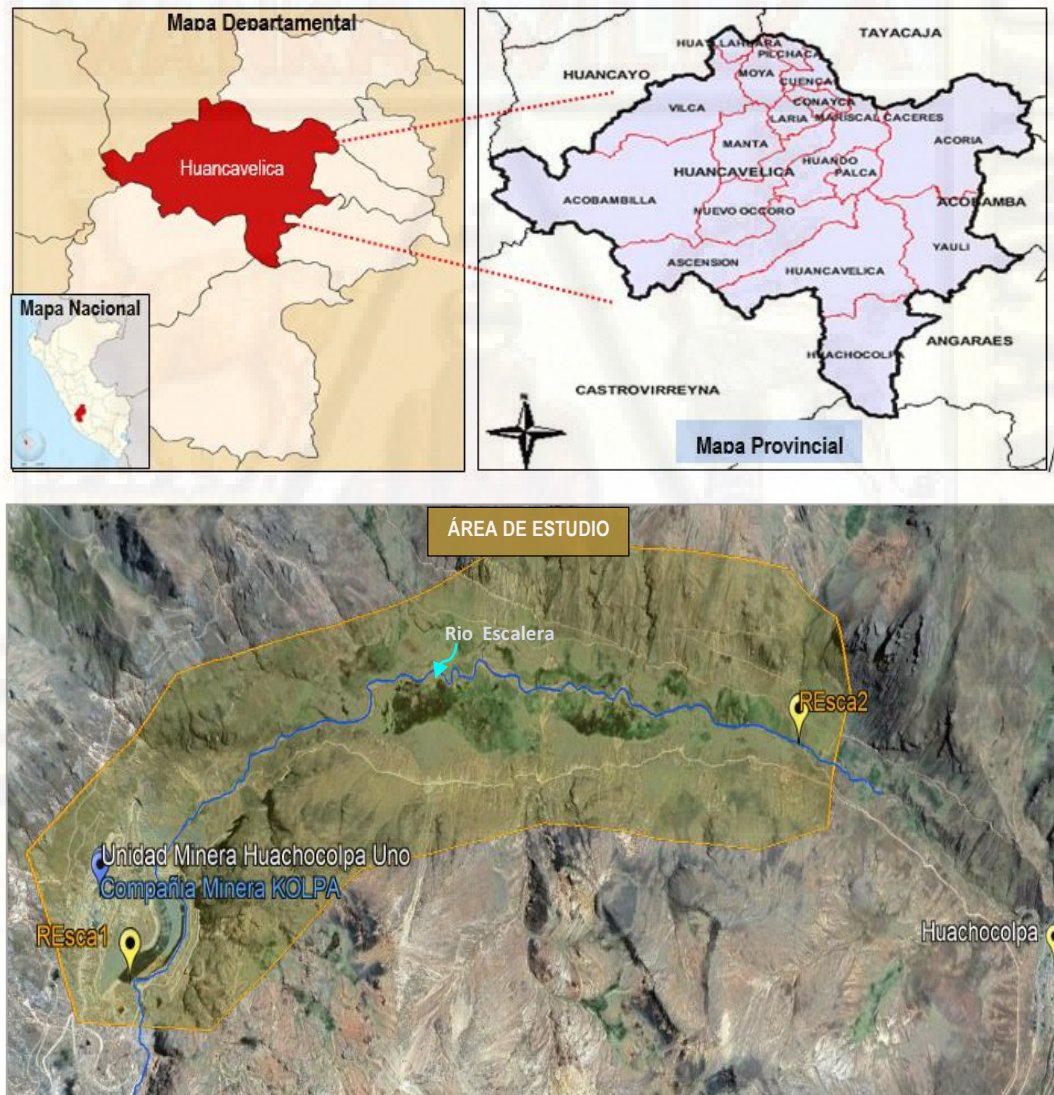
- **Ubicación Geográfica:**

Las coordenadas referenciales del área de estudio son:

- Latitud : 13°02'37.7"S
- Longitud : 74°58'51.7"W
- Altitud : 4500 m.s.n.m

Figura 4

Ubicación y localización del área de estudio



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2020)

3.2. Tipo de investigación

Según el objeto de estudio:

Aplicada:

- Busca conocer, actuar, construir y modificar la realidad de una problemática.
- Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal (Borja, 2012).

3.3. Nivel de investigación

Explicativo: Su finalidad es explicar el comportamiento de una variable en función de otra (s), con una relación causa-efecto, para ello se apoya en otros criterios de causalidad (Bradford Hill); requiere un control tanto metodológico como estadístico. Responde a las causas de los eventos físicos o sociales (Hernández, 2014).

3.3.1. Método de investigación

- **Método científico:** Es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales, tiene como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento (hipótesis) y permitirá la interpretación de la realidad; sin embargo, sus conclusiones no se pueden tomar como una verdad absoluta (Hernández, 2014).
- **Método hipotético-deductivo:** Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal, 2006).

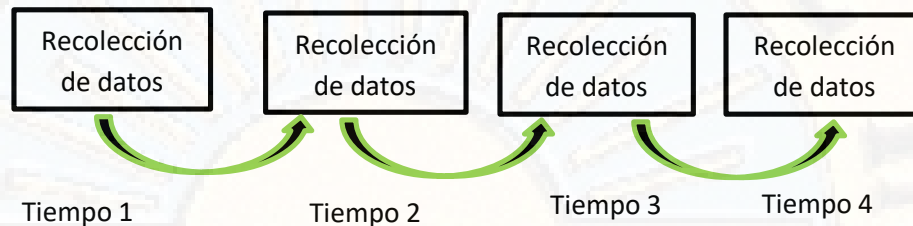
3.3.2. Diseño de investigación

De acuerdo a la Metodología para demostrar la hipótesis

- **No experimental:** Porque no se manipula la variable, asimismo no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos elemento o dos variables (Hernández, 2014).

- **Longitudinal de tendencia:** Son aquellos que analizan cambios a través del tiempo (en conceptos, categorías, variables o sus relaciones), dentro de alguna población en general. Su característica específica es que la atención se centra en la población (Hernández, 2014).

Por lo tanto, esquema del diseño es:



Para poder calcular y Evaluar la variación del Índice de Calidad del Agua del río Escalera, se utilizará la Metodológica empleada por el Perú (ICA-PE) aprobada mediante el Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Estuvo conformada por la red de punto de muestreo ubicado a lo largo del cauce del río Escalera, cuya longitud del curso de agua de 7 km aproximadamente, este se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica.

3.4.2. Muestra

La muestra se conceptualiza por Hernández (2014) como:

Un subconjunto de la población, que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea un reflejo de la población.

Para el presente estudio, se tomó como muestra dos (2) puntos de monitoreo denominados como: REsca1 y REsca2, ubicados dentro del río Escalera, los cuales, de acuerdo con la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA fueron establecidos de forma protocolar por la Autoridad Nacional del Agua a través de su órgano desconcentrado la Administración Local del Agua Huancavelica, con el fin de

realizar acciones de control y vigilancia en el recurso hídrico, lo que resultó conveniente tomar como muestra a dichos puntos ya que se ajustan al fin de la presente tesis. Cabe recalcar que la muestra es influenciada por la actividad minera de la zona.

A continuación, se presenta la ubicación de los puntos de muestreo en la siguiente figura:

Figura 5

Ubicación de los puntos de monitoreo en el río Escalera determinadas por la Autoridad Nacional del Agua



Fuente: Imagen satelital de Google earth en función a la data extraída de Monitoreos en la cuenca del Mantaro.

3.4.3. Muestreo

El muestreo que se ha aplicado en la presente investigación fue no probabilístico, del tipo por conveniencia, donde se selecciona las muestras en base a un conocimiento y juicio profesional.

Según Niño (2011), un muestreo no probabilístico por conveniencia busca acceder a muestras de manera intencional en base un criterio el cual sea conveniente para el estudio.

Para el desarrollo del muestreo en la presente investigación se ha tenido en consideración lo indicado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado según Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos usados, fueron los siguientes:

- i. El Fichaje:** Se define como una técnica auxiliar que se emplea en la investigación, la cual consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales si están debidamente elaborados y ordenados, contienen la mayor parte de la información que se recopila en la investigación, es así que se aplicó esta técnica para la recolección de la información que fue obtenida durante el desarrollo del cálculo del ICA-PE.
- ii. Análisis Documental:**

Mediante esta técnica se recolectan datos de fuentes de información secundarias y según (Miranda y Acosta, 2008) mencionan que esta fuente, contienen información primaria, sintetizada y reorganizada que parten de datos previamente elaborados, como pueden ser datos obtenidos de publicaciones estadísticas, Internet, medios de comunicación, bases de datos procesadas con otros fines, artículos, libros, tesis, informes oficiales, etc., estas fuentes pueden proceder de fuentes oficiales o privados.

La recolección de datos de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del presente proyecto de investigación se extrajeron ingresando a la base de datos que se encuentran en el sistema virtual de la Autoridad Nacional del Agua, por lo que se hizo el uso de las fuentes secundarias y empleando el método documental en donde Ortiz (2010), señala que las fuentes secundarias son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema por investigar, pero que no son

datos tomados directamente del área de estudio, sino que se aprovechan aquellos previamente recogidos por otras personas o instituciones.

En ese sentido para la investigación se aplicó la técnica de Análisis Documental, ya que se realizó la recopilación de información correspondiente a la base de datos de los monitoreos a fuentes superficiales desarrollados por la Autoridad Nacional del Agua, los cuales corresponden a una base de datos oficial ya que fueron suministrados por un ente gubernamental que es la Autoridad Nacional del Agua.

iii. Simulación:

La simulación matemática se aplicó para calcular el índice de calidad del agua, ya que es una técnica que mide variables específicas, en exclusivo el índice de calidad de agua. Los ICA tienen como objeto la estimación de un número generalmente entre 0 y 1, ó 0 y 100, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo de agua. Con ello se pretenden reconocer, de una forma ágil y fácil los problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables determinadas (parámetros fisicoquímicas, inorgánicos y microbiológicos). Las bondades resultan mayores cuando se evalúa una cantidad amplia de cursos hídricos, o incluso, si solamente se estudia uno, pero en forma periódica (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Con esto, se obtendrá una información original, ya que los resultados se determinaron y fue evaluada por nosotros los investigadores como producto del desarrollo de la investigación.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

i. Fichas:

“La ficha viene a ser un instrumento que permite el registro e identificación de las fuentes de información, así como el acopio de datos o evidencias encontradas” (Robledo, 2016, p. 1), por tal motivo, el instrumento que se utilizó para el técnica de análisis documental y para la técnica de fichaje, fueron a través

del instrumento de fichas de recolección de datos (ver Apéndice N°1 al N°8), la cual se adaptó a la necesidad de la investigación.

ii. Fórmula matemática:

De la misma forma las fórmulas matemáticas vienen a ser un instrumento fundamental en las investigaciones de enfoque cuantitativo, mediante las cuales se obtienen resultados en la investigación (Robledo, 2016). Por tal motivo, para la presente investigación se aplicó la fórmula matemática del ICA-PE.

A continuación, se muestra en resumen las técnicas e instrumentos aplicados en el desarrollo del estudio.

Tabla 8

Técnicas e instrumentos de recolección

Variables	Dimensiones	Técnica	Instrumento
Período 2015, 2018	2015	Fichaje de calendario	Ficha de calendario
	2016		
	2017		
	2018		
Método ICA-PE	Parámetros físicoquímicos	Fichaje	Formato o ficha de registro ICA-PE
		Análisis de información	Instrumento electrónico de internet (base de datos de la Autoridad Nacional de Huancavelica.
		Simulación matemática	Fórmula matemática
			$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Metadatos y estandarización de la información

El término metadato se refiere a la información de la información que caracteriza los datos, es decir la descripción del cómo, cuándo, dónde y por quienes fueron tomados los datos, equipos e instrumentos utilizados, condiciones climatologías del lugar de medición, etc. Todo este conjunto de información permite observar la historia del punto de monitoreo y además brinda confianza a los

usuarios finales de los datos, sobre la forma en cómo estos fueron recolectados, registrados y su representatividad. Para el tema en estudio, se trabajó con muestras de agua que fueron analizados por el laboratorio ALS L.S. PERU S. A.C como parte de los monitoreo realizados por la Autoridad Nacional del Agua juntamente con la Administración Local del Agua Huancavelica, dicho laboratorio está acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), lo cual permite que la base de datos de un mismo parámetro en un mismo punto de monitoreo en particular puedan ser comparados con otros medidos en un tiempo o lugar diferente.

3.5.4. Procedimiento de Recolección de datos

De acuerdo con la metodología para el índice ICA PE, la Autoridad Nacional del Agua considera las siguientes etapas:

i. Identificación de la Zona de Estudio

Para esta etapa se determinó el ámbito o alcance que comprende la zona del estudio, en este caso es el Rio Escalera, ubicado en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica.

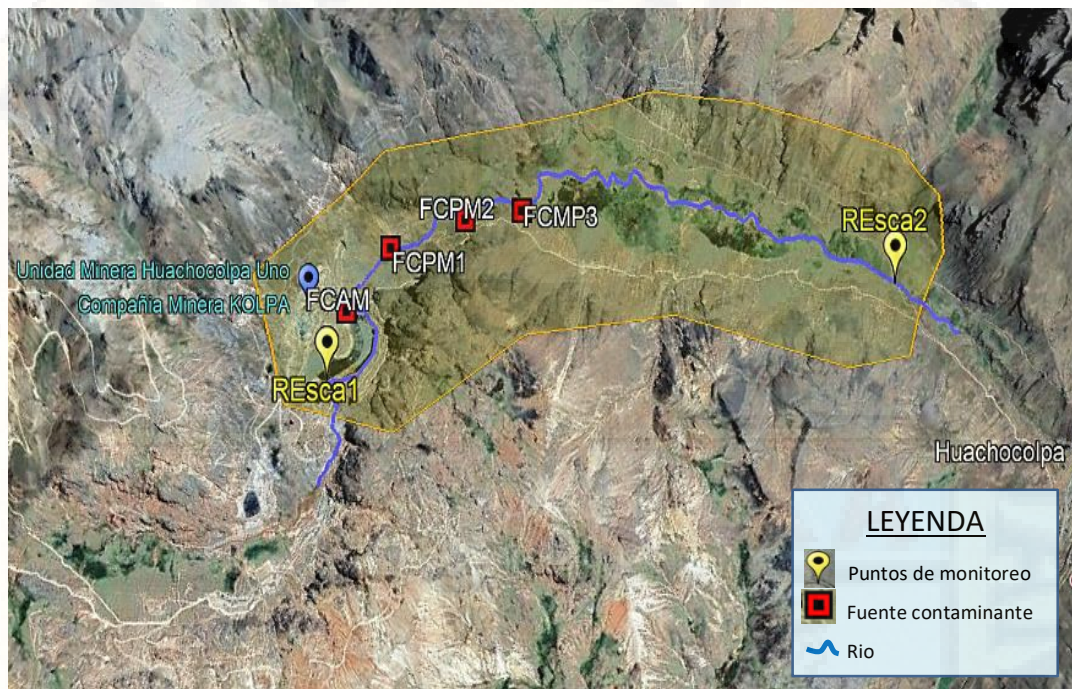
ii. Selección de estaciones de monitoreo establecidas por la Autoridad Nacional del Agua:

a. Identificación de Fuentes Contaminantes

A partir de la Red de Monitoreo que lo establece la Autoridad Nacional del Agua nos centraremos en la ubicación del río Escalera donde se ubicaron los puntos de Monitoreo, para lo cual y como paso previo a la determinación de las estaciones de monitoreo, se tuvo en consideración la Identificación de fuentes contaminantes de la zona de estudio tal como lo establece la Resolución Jefatural 036-2018-ANA Identificación de fuentes contaminantes. En este caso se identificó fuentes de contaminación minera tal como se describe a continuación.

Figura 6

Identificación de fuentes contaminantes en el área de estudio



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2020)

Tabla 9

Descripción de la fuente contaminante en el área de estudio

Código	Descripción de la fuente contaminante	Coordenadas UTM GWS84		
		Este	Norte	
FCAM	Contaminación por labor minera	501232	8556226	Margen izquierda de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.
FCPM1	Contaminación por pasivos de labor minera	501161	8556687	Margen izquierda de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.
FCPM2	Contaminación por pasivos de labor minera	501411	8557194	Margen derecho de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.
FCPM3	Contaminación por pasivos de labor minera	501648	8557527	Margen derecho de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

b. Selección de las estaciones de monitoreo

Según la Autoridad Nacional del Agua (2018), para identificar los puntos estratégicos para muestreo que tienen importancia en estudios ambientales, tienen las siguientes consideraciones:

- Naciente - curso medio - desembocadura.
- Antes y después de los afluentes.

Es por ello que los puntos de muestreo (REsca1 y REsca2), establecidos en el cauce del río Escalera están en función a la Identificación de Fuentes Contaminantes plasmado en el Informe Técnico N° 012-2014-ANA-DGCRH-GOCRH de la Autoridad Nacional del Agua, en donde se aprecia que el río Escalera esta impactado por la actividad minera y pasivos mineros de la zona, cuyas características se muestra a continuación.

Tabla 10

Ubicación de los puntos de monitoreo

N°	Estaciones de Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTMWGS84	
			Norte	Este
1	REsca1	Río Escalera, aguas arriba de la Unidad Minera Huachocolpa Uno	8555842	501426
2	REsca2	Río Escalera, aguas abajo de la Unidad Minera Huachocolpa Uno	8559211	503826

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

iii. Recopilación de información base necesaria

a. Clasificación de los cuerpos de agua:

Una vez identificados los puntos de monitoreo, se verificó la categoría asignada al cuerpo de agua según la Resolución Jefatural N°202-2010-ANA y sus modificatorias, en la que actualiza la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales, la misma que ubica al río Escalera dentro de la categoría 3 a todo el recorrido del mismos, de acuerdo a ello nuestra zona de estudio se encuentra ubicada

dentro de la categoría 3-Riego de Vegetales y bebida de animales, tal y como se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 11

Clasificación de del cuerpo de agua, río Escalera

ID Cuerpo de Agua	Cuerpo de agua	Categoría	Código de Cuenca	Cuenca a la que pertenece el recurso
49969-1	Río Escalera	Categoría 3	49969	Alto Mantaro

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

b. Selección de Parámetros y Resultado de Monitoreos

En función a los puntos de monitoreo establecidos en el río Escalera (REsca1 y REsca2) y la clasificación del cuerpo de agua, se recolectaron información de monitoreos mensuales para cada año correspondiente al período 2015 – 2018, los datos corresponden a los siguientes parámetros:

- **Parámetros físicos químicos:**
 - Cloruros
 - Conductividad
 - Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅)
 - Oxígeno Disuelto (OD)
 - Potencial de Hidrogeno (pH)
- **Parámetros inorgánicos:**
 - Aluminio
 - Arsénico
 - Boro
 - Cadmio
 - Cobre
 - Hierro
 - Manganeso
 - Mercurio
 - Plomo
 - Zinc
- **Parámetros microbiológicos:**
 - Coliformes Termotolerantes
 - Numero Escherichi Coli

c. Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA), para la Evaluación de la Calidad del Agua

Al haber recopilado la información en cuanto a resultados de análisis de laboratorio para parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del río Escalera del período 2015 - 2018; se procedió a comparar las concentraciones de cada parámetro con los Estándares de Calidad Ambiental para agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

iv. Calculo del ICA-PE

Procedimiento para la determinación del Índice de la Calidad del Agua ICA – PE:

a. Organización de la base de datos de monitoreo:

Una vez identificada la data histórica, se agrupó y se organizó en el instrumento de fichas la información de cada año según la época en que se desarrolló los monitoreos (Estación seca y estación húmeda).

b. Resultado de la evaluación de los resultados de monitoreos con los ECAs:

Se realizó la selección y se registraron en las fichas, los datos correspondientes a los resultados de parámetros que tengan significancia de afectación de la calidad del agua del río Escalera, dichos resultados corresponden a la comparación de cada parámetro con los ECAs.

c. Determinación de los factores:

De acuerdo a la metodología ICA-PE, se determinaron los tres factores: F1, F2, F3, los cuales estuvieron en función a la comparación previa con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (Ver Apéndice N°9).

d. Obtención del ICA-PE:

Para el proceso de cálculo del índice de calidad del agua ICA-PE, se realizó a través de la elaboración de Hoja de Cálculo en Excel, que permitió automatizar todo el proceso de cálculo del diseño matemático. El procedimiento que se ha seguido para la obtención del ICA - PE, se ha detallado en el Ítem del marco Teórico y los resultados obtenidos para cada periodo de estudio se muestran en los apéndices N°10 al N°13.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Procesamiento

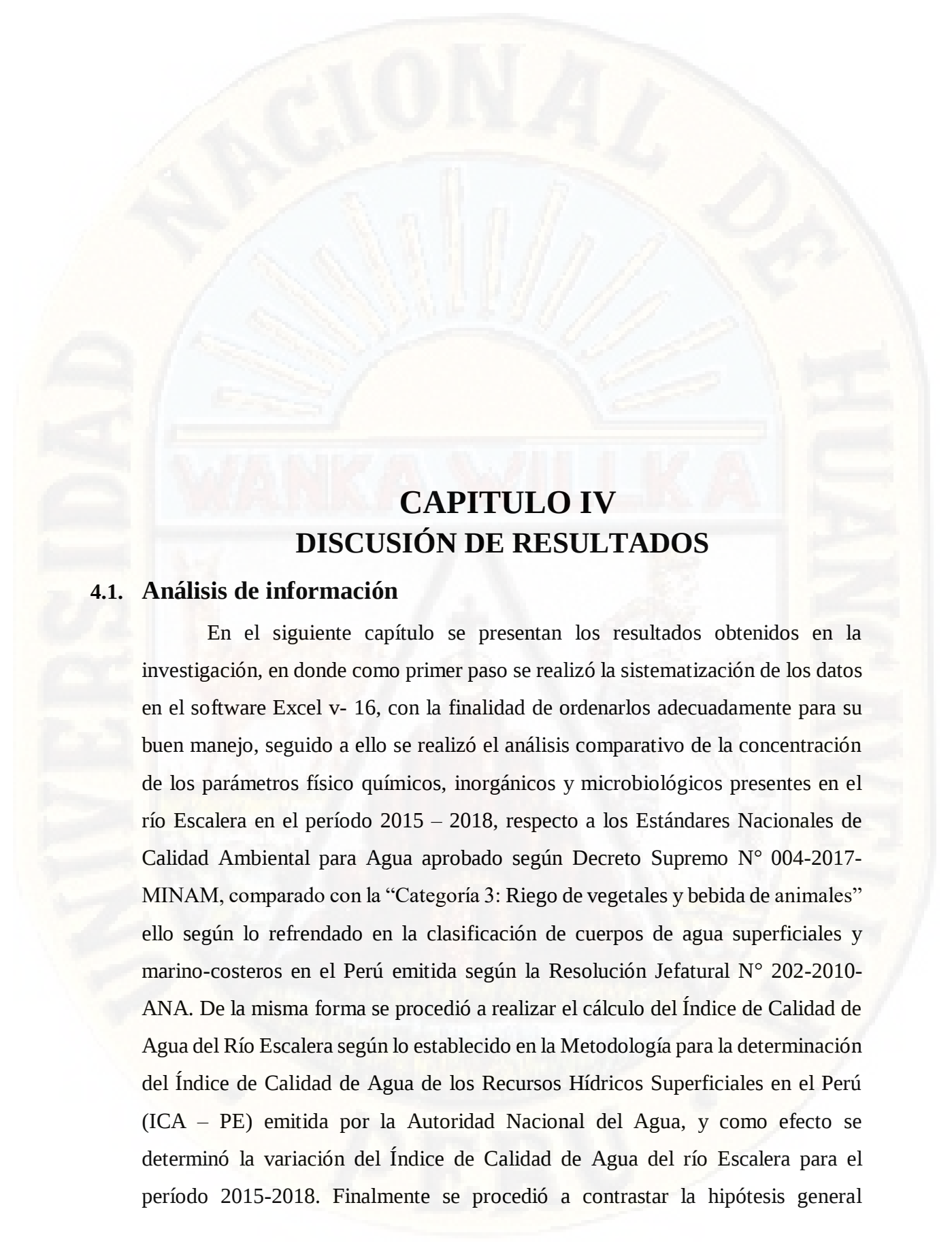
Los parámetros recopilados estuvieron sistematizados en una base de datos para lo cual se hizo uso del programa Microsoft Office 2010.

Los resultados que se han obtenido se analizaron a través del paquete estadístico SPSS versión 23 para la contrastación de hipótesis general y con el software R para la contrastación de hipótesis específica.

Para determinar la prueba de hipótesis se empleó la prueba estadística ANOVA, con distribución de Fisher con un nivel de significación de 5% (0.05).

3.6.2. Representación de Datos

Se empleó la estadística descriptiva para la recolección y representación estadística de los datos, de los parámetros de calidad de agua, desarrollando tablas de contingencia y gráficos de barras con el fin de explicar los datos obtenidos.



CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación, en donde como primer paso se realizó la sistematización de los datos en el software Excel v- 16, con la finalidad de ordenarlos adecuadamente para su buen manejo, seguido a ello se realizó el análisis comparativo de la concentración de los parámetros físico químicos, inorgánicos y microbiológicos presentes en el río Escalera en el período 2015 – 2018, respecto a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobado según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, comparado con la “Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales” ello según lo refrendado en la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros en el Perú emitida según la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA. De la misma forma se procedió a realizar el cálculo del Índice de Calidad de Agua del Río Escalera según lo establecido en la Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA – PE) emitida por la Autoridad Nacional del Agua, y como efecto se determinó la variación del Índice de Calidad de Agua del río Escalera para el período 2015-2018. Finalmente se procedió a contrastar la hipótesis general

mediante el estadístico *ANOVA* para grupo de datos que cumplen normalidad, homogeneidad y/o prueba de residuos con el fin de determinar la variación del Índice de Calidad de Agua del río Escalera, en el período de tiempo establecido, seguido a ello se aplicó la prueba post hoc de *Tukey* para verificar las variaciones entre cada grupo de datos. Mientras que para contrastar las hipótesis específicas se aplicó una prueba paramétrica denominada *T Student* para datos que cumplen normalidad y de la misma forma se aplicó una prueba no paramétrica denominada *Wilcoxon* para datos que no cumplen normalidad.

4.1.1. Resultados del Índice de Calidad de Agua para el río Escalera

Los resultados que a continuación se presentan corresponden a los Índices de Calidad de Agua a quien a partir de ahora llamaremos (ICA – PE), perteneciente al río Escalera, para lo cual se ha aplicado la metodología ICA-Pe, en dos (02) puntos de muestreo ubicados estratégicamente en el río Escalera denominados REsca1 y REsca2.

En primer lugar, mostraremos un resumen global de los resultados obtenidos al procesar los datos recopilados, usando la metodología del ICA – Pe, como también el contraste los con los niveles del estado de la calidad del agua, como **Mala, Regular, Favorable, Buena y Excelente** tal como se indica en la mencionada metodología.

Figura 7

Escala de calificación del ICA –Pe

ICA	95- 100	80- 94	65- 79	45- 64	0- 44
Calificación	Excelente	Buena	Favorable	Regular	Mala

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018).

Tabla 12

Resumen de Resultados obtenidos y su variación lo largo del período 2015 - 2018

AÑOS	ICA-PE -río Escalera	Indicador	Indicador
2015	73,1417	65-79	Favorable
2016	73,8833	65-79	Favorable
2017	66,4958	65-79	Favorable
2018	61,8542	45-64	Regular

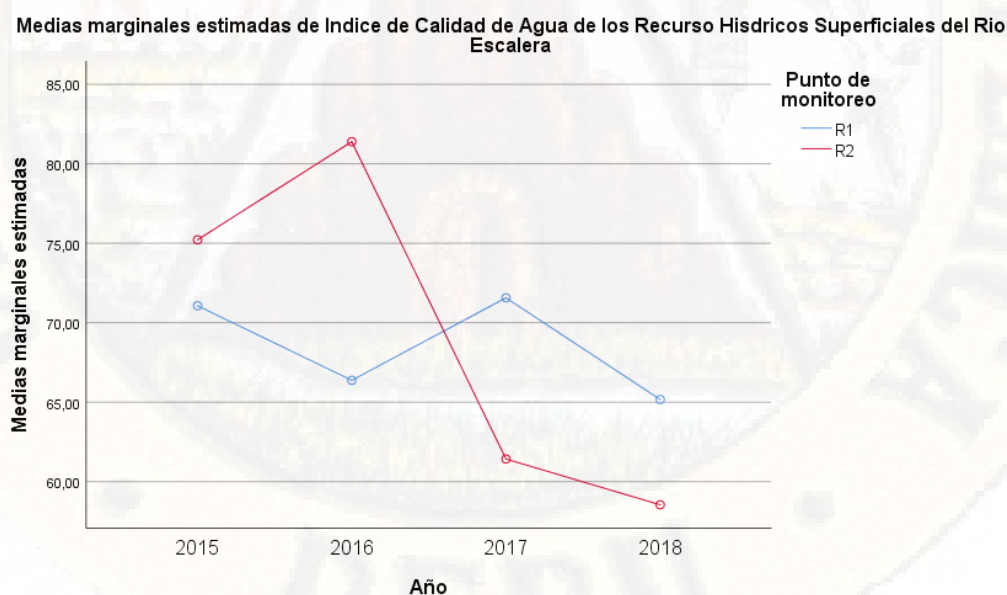
Fuente: Elaboración propia, en función a la metodología del ICA-Pe en el río Escalera

Se puede observar que según la metodología aplicada el ICA-Pe ha ido disminuyendo, sin embargo, se ha manteniendo en el rango favorable durante los tres primeros años en estudio, observándose una gran disminución en el año 2018.

A continuación, se realiza el análisis de dichos resultados respecto al ICA - PE obtenido durante el período 2015-2018 en los puntos de muestreo REsca1 y REsca2 del río Escalera, usando softwares de apoyo como el Statgraphics tal como se muestra a continuación:

Figura 8

Medias marginales del ICA –Pe de los dos puntos de monitoreo REsca1 y REsca2

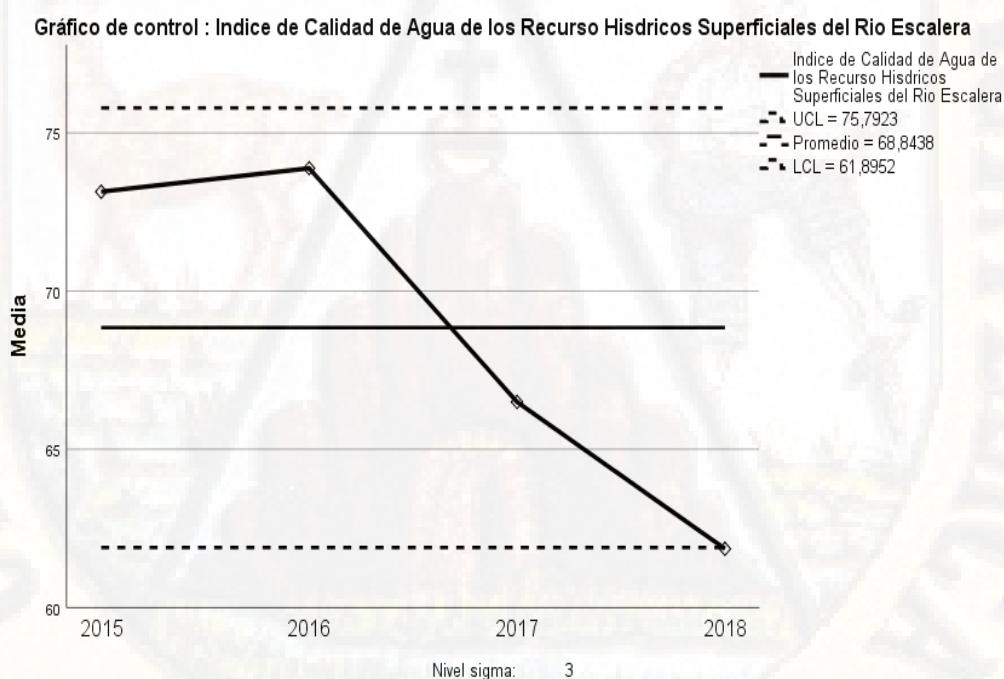


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphics

En este apartado se realiza un análisis de cada punto de muestreo (REsca1 y REsca2), observándose que el valor más alto y más bajo lo tuvo el punto de monitoreo REsca2, en donde alcanzo puntos altos en el año 2016 y el punto más bajo en el año 2018. Cabe señalar que en el punto de monitoreo REsca2 en el año 2016 el ICA - PE fue buena, mientras que en el año 2018 la calidad del agua fue decayendo ya que de un ICA - PE buena bajo a ser regular, esto debido posiblemente a los pasivos mineros que aún se encuentran en la zona y a la actividad minera que hasta la fecha se encuentra operando. De la misma forma se pudo observar que la variación en el punto de monitoreo REsca2 fue mayor, a diferencia que en REsca1 ya que presentó una variación homogénea, ya que se pudo observar que durante los cuatro años el ICA - PE en el río Escalera siempre fue favorable.

Figura 9

ICA - PE del río Escalera y su variación en el período 2015 – 2018



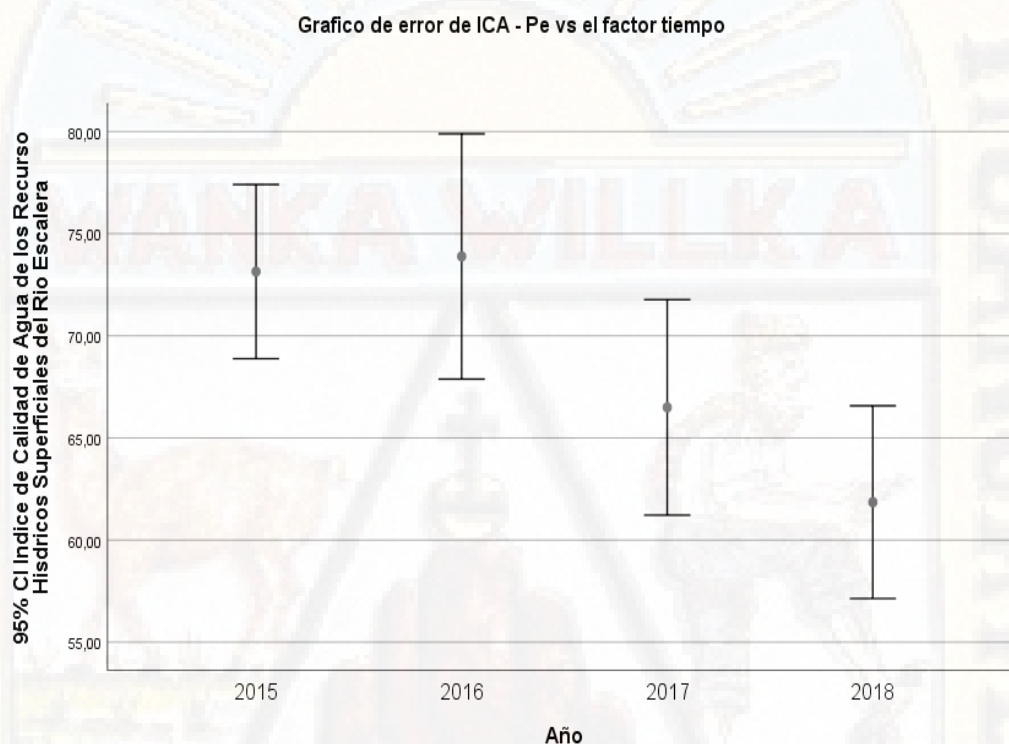
Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphics

En esta parte se realizó una gráfica general de ambos puntos de muestreo (REsca1 y REsca2), constatándose que en los años 2015 al 2016 el ICA - PE tuvo una tendencia positiva, cabe señalar que ICA-PE del río Escalera durante ese período fue mejorando, sin embargo a partir del año 2016 al 2018 la línea de

tendencia fue negativa por lo que en los últimos 3 años la calidad del agua fue deteriorándose, posiblemente a causa de los pasivos mineros aún existentes como también por la actividad minera que hasta la fecha se viene desarrollando.

Figura 10

Error de ICA –Pe en el río Escalera para el representada para cada año del período 2015 – 2018

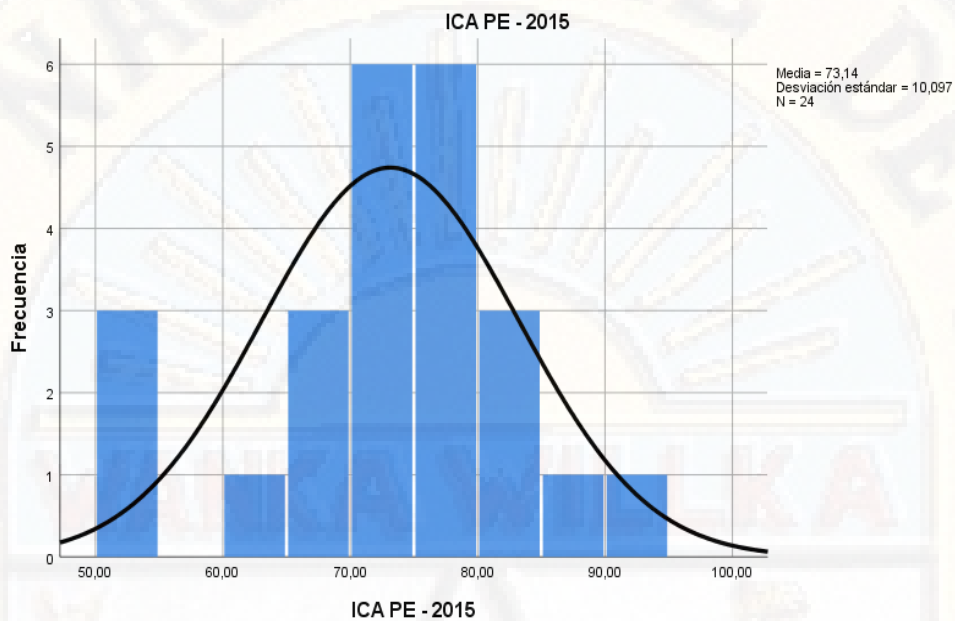


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphics

La variación, los valores máximos y mínimos del ICA - PE del río Escalera también fueron representadas mediante el gráfico de error el cual tiene el mismo fin de una prueba ANOVA o una prueba Poc Hoc de Tukey pero con un rango de error, en donde se puede observar que el ICA - PE fue variando durante los años y los rangos más alto se obtuvieron en el año 2016, mientras que el rango más bajo se obtuvo en el año 2018.

Figura 11

Gráfico de frecuencias respecto al ICA - PE 2015, con la curva de distribución

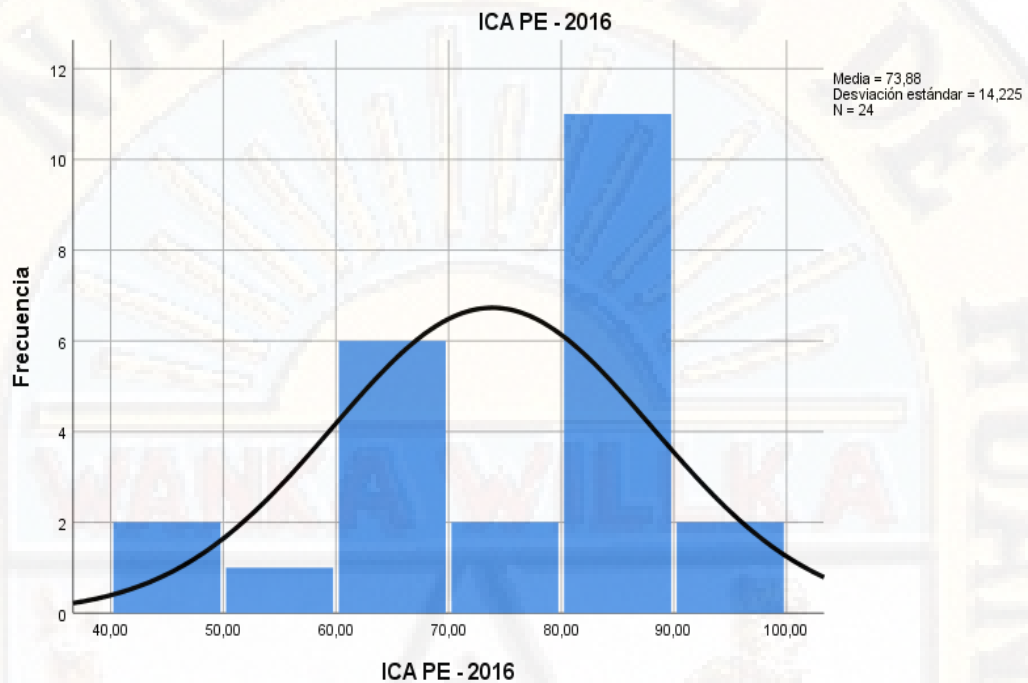


Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este apartado mediante la campana de gauss o gráfico de distribución se pudo observar que el grupo de datos del ICA - PE del río Escalera registrados en el año 2015 tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico no hay presencia de colas con sesgos hacia el lado derecho ni lado izquierdo, más aún dichas colas tienden a ser simétricos. Por lo que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se puede observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 10.097 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de 73.14.

Figura 12

Gráfico de frecuencias respecto al ICA - PE 2016, con la curva de distribución

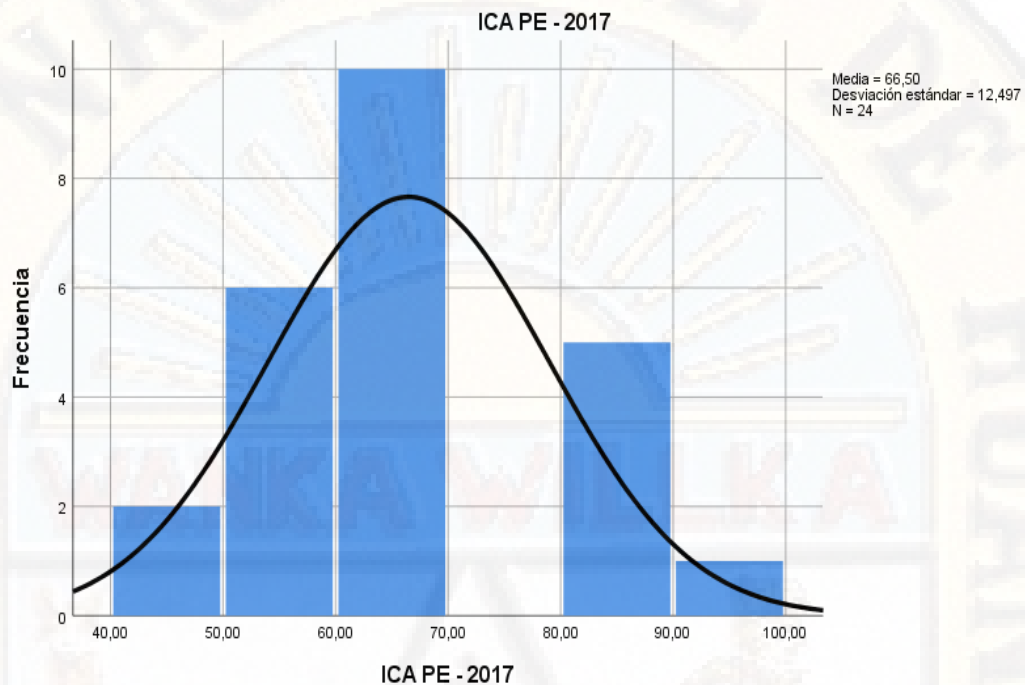


Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En este grafico se pudo observar mediante la campana de gauss o gráfico de distribución que el grupo de datos del ICA - PE del río Escalera registrados en el año 2016 tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo de la cola derecha, pero a pesar de ello dichas colas tienden a ser casi simétricos. Por lo que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se pudo observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 14.225 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de 73.88.

Figura 13

Frecuencias respecto al ICA - PE 2017, con la curva de distribución

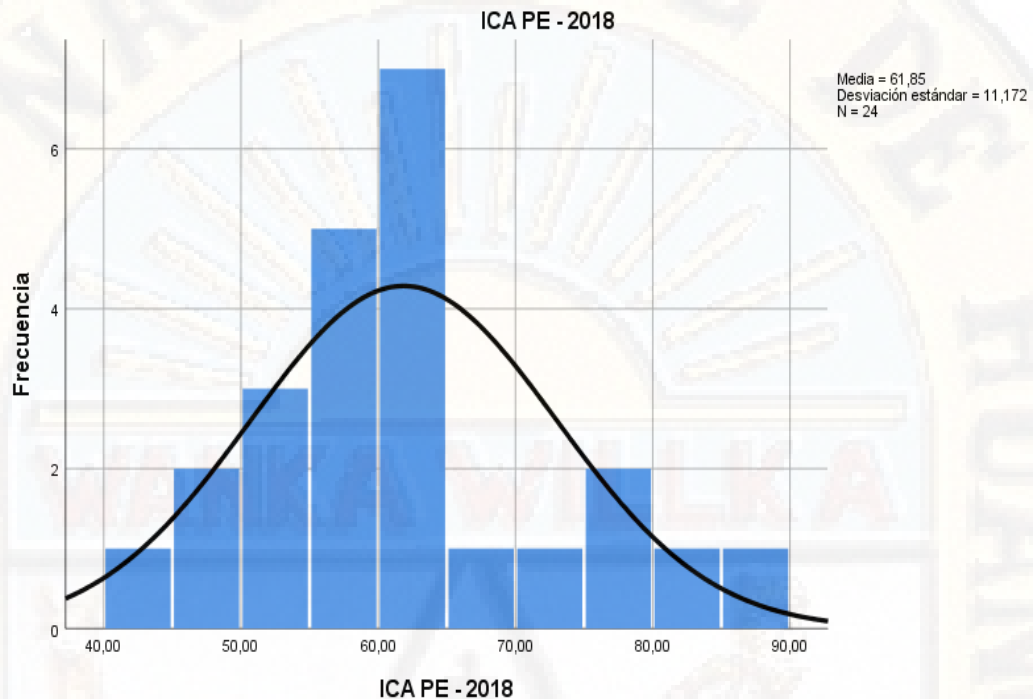


Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En esta parte se pudo observar mediante la campana de gauss o gráfico de distribución que el grupo de datos del ICA - PE del río Escalera registrados en el año 2017 tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo de la cola izquierda, pero a pesar de ello dichas colas tienden a ser casi simétricos. Por lo que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se pudo observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 12.497 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de 66.50.

Figura 14

Frecuencias respecto al ICA - PE 2018, con la curva de distribución

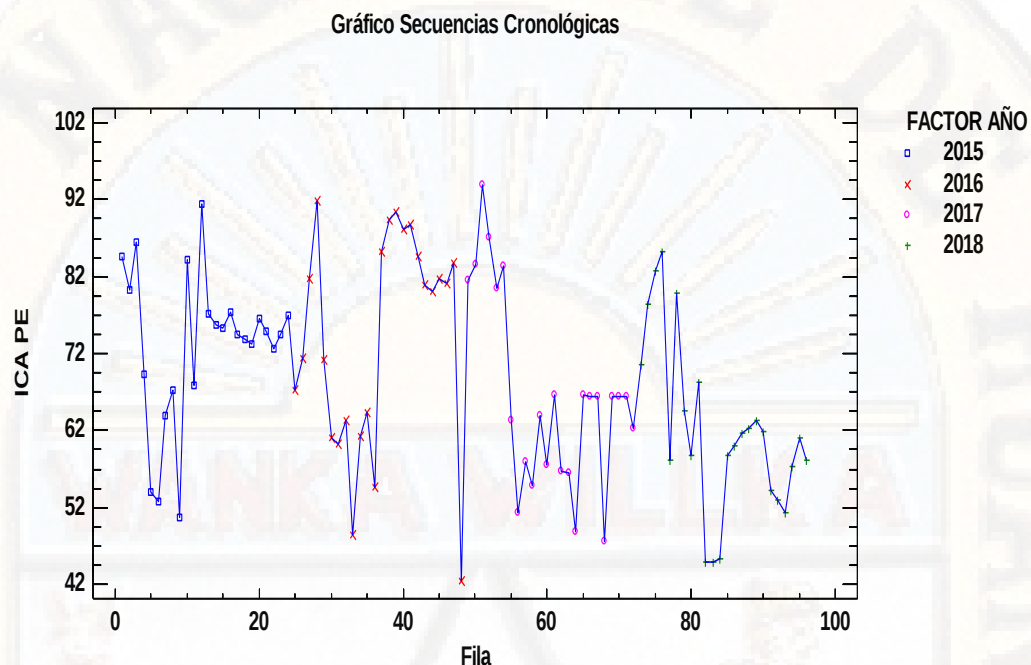


Fuente: Elaboración propia procesada en el SPSS

En esta apartado se pudo observar mediante la campana de gauss o gráfico de distribución que el grupo de datos del ICA - PE del río Escalera registrados en el año 2018 tienden a tener una distribución normal, ya que en el gráfico hay presencia de un mínimo sesgo de la cola izquierda, pero a pesar de ello dichas colas tienden a ser casi simétricos. Por lo que se puede deducir que existe normalidad. Asimismo, se pudo observar que el grupo de datos tiene una desviación estándar de 11.172 por lo que podemos deducir que dichos datos son variados y de la misma forma se obtuvo un promedio de 61.85.

Figura 15

Secuencias cronológicas respecto al ICA - PE durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En este apartado se puede observar que el ICA - PE durante el período 2015-2018 fue muy variado debido a que oscila de 42 a 92 con un rango de 50, de la misma forma se pudo señalar que el ICA - PE en el año 2017 tuvo valores mínimos que alcanzaron un nivel malo y de la misma forma en el mismo año fue registrado un ICA - PE alto el cual alcanzo un nivel bueno según la metodología del ICA - PE establecido por la Autoridad Local del Agua fue registrado en el año 2017 en el mes de enero y marzo respectivamente.

4.1.2. Resultados de la concentración de parámetros físico – químicos, inorgánicos y microbiológicos en el río Escalera – distrito de Huachocolpa

Los resultados que a continuación se presentan corresponden a los dos (02) puntos de muestreo en el río Escalera que se han establecido con el fin de control y vigilancia del recurso hídrico por la Autoridad Nacional del Agua, puesto que existe un punto de vertimiento proveniente de la compañía minera Kolpa, la cual se vierte de forma directa al río Escalera, por otra parte, se evidencian indicios de pasivos

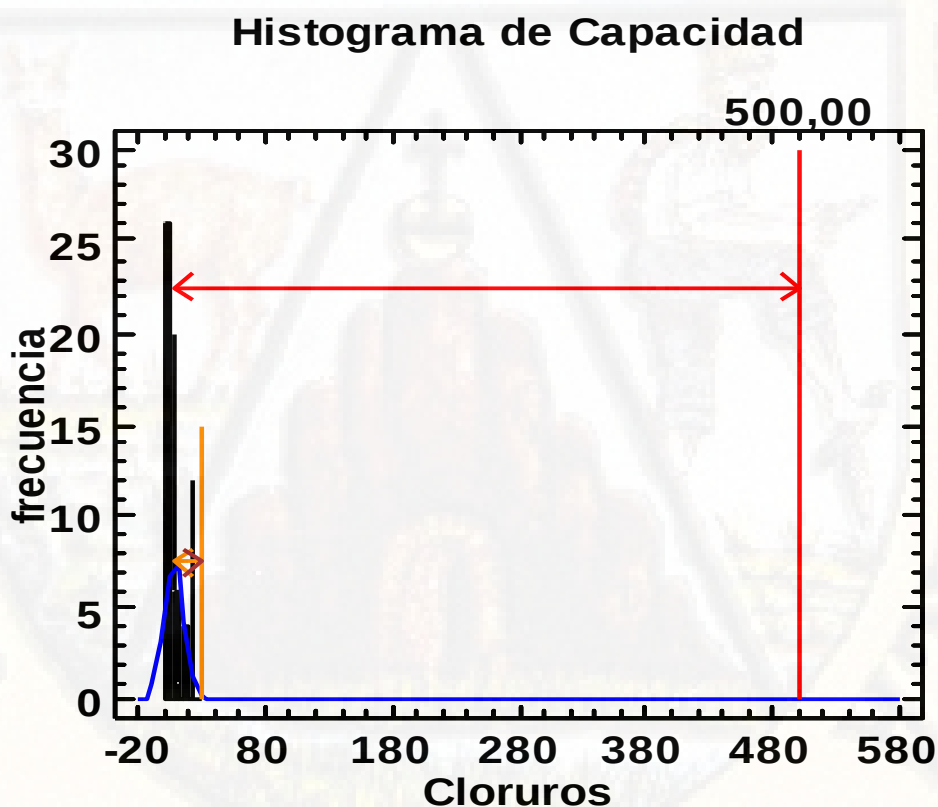
mineros en la zona que perduran en el paso de los años. Así mismo la siguiente evaluación de la concentración se realizó en el período 2015-2018, en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA – agua) que corresponde a la Categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”

4.1.1.1. *Cloruros con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales*

- Los resultados obtenidos en cuanto a cloruros en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 16

Histograma de capacidad para Cloruros en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018



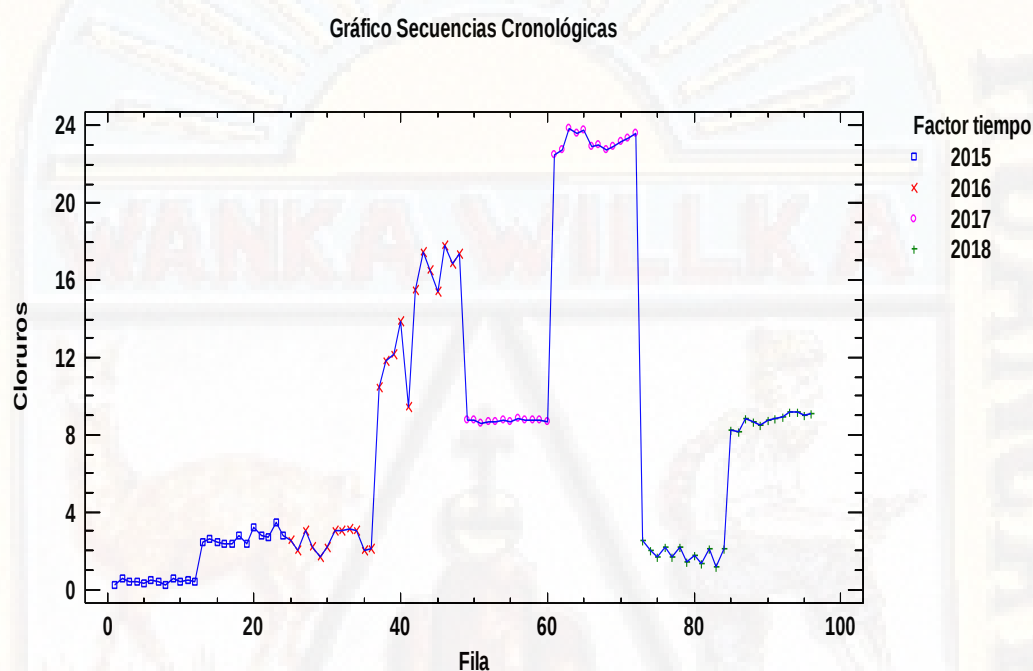
Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que la concentración de cloruros presentes en el río Escalera son muy bajos en comparación con el estándar de calidad ambiental (ECAs-agua), ya que todas las concentraciones tienden a 20 mg/l

y el ECA para agua es de 500mg/l, por lo que hay una gran diferencia aproximada de 480. Por lo que se puede señalar que el río Escalera no se encuentra afectada por Cloruro.

Figura 17

Secuencias cronológicas referente a cloruros, respecto al ICA - PE durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

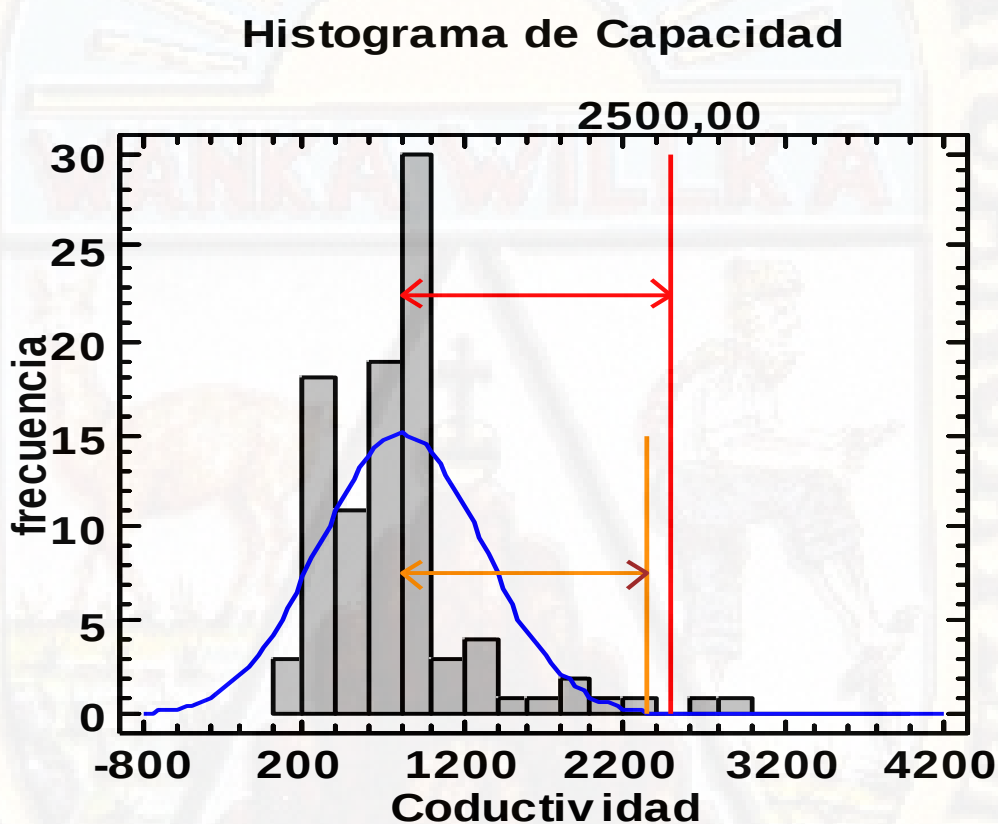
En este apartado se pudo observar que las concentraciones de cloruro durante el período 2015-2018 han estado variando, en donde los valores máximos que se registraron fueron en el año 2017 y los valores mínimos en el año 2015. De la misma forma se pudo señalar que dichas concentraciones no superan los estándares de calidad ambiental debido a que el valor máximo está por debajo de hasta 24 mg/l y el ECA-agua es de 500gm/l.

4.1.1.2. Conductividad con respecto a los ECAs – agua/categoría 3:
riego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto a conductividad eléctrica en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 18

Histograma de capacidad para Conductividad Eléctrica en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

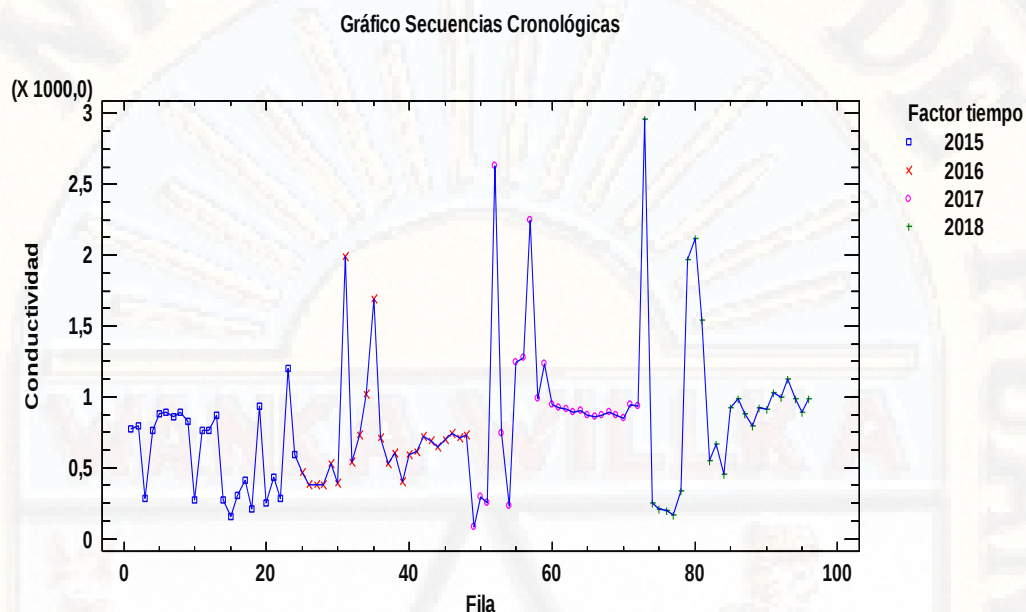


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que la mayoría de datos de conductividad eléctrica registrados durante el período 2015-2018 cumplen con los estándares de calidad ambiental, a diferencia que hubo presencia de datos los cuales fueron mayores a 2500us/cm por lo que hubo meses en donde la conductividad eléctrica supero al estándar de calidad ambiental establecida por el ministerio del ambiente.

Figura 19

Secuencias cronológicas respecto a la conductividad eléctrica durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

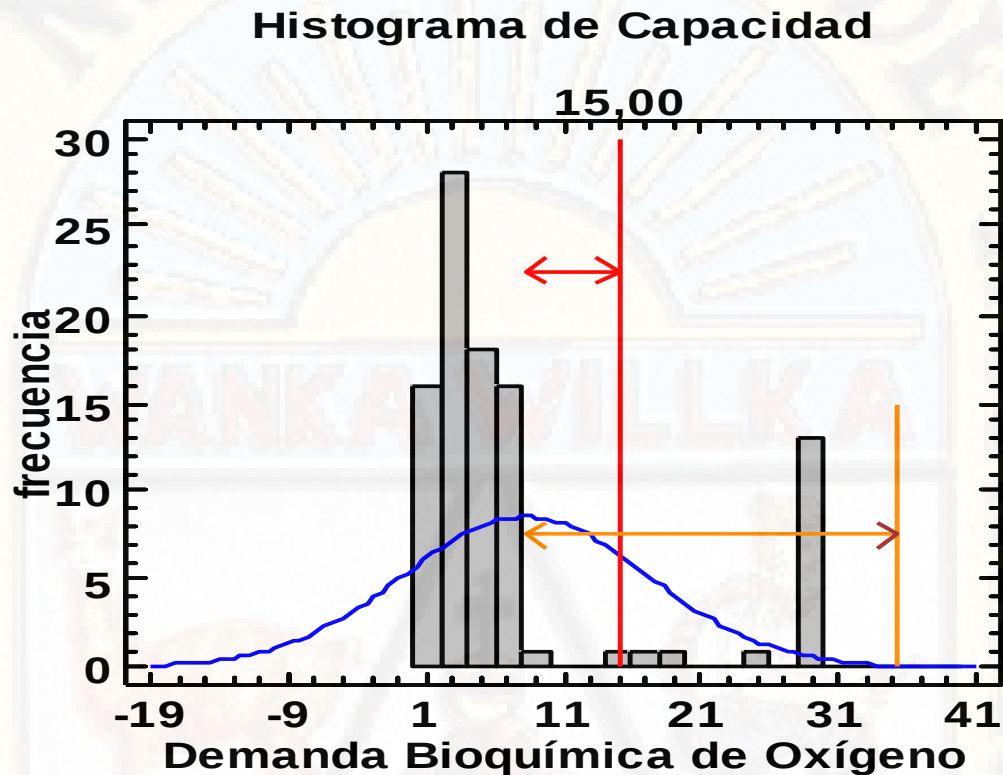
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la conductividad eléctrica durante el período 2015-2018 han estado variando, en donde los valores máximos que se registraron fueron de 2930 us/cm y 2660us/cm los cuales fueron registrados en el año 2017 y 2018 respectivamente. De la misma forma podemos señalar que se registraron 94 datos de conductividades las cuales no superaron los estándares de calidad ambiental y 2 datos que si superaron dicho ECA para agua de categoría 3.

4.1.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con respecto a los ECAs – agua/Categoría 3: Rego de vegetales y bebida de animales.

Los resultados obtenidos en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 20

Histograma de capacidad para DBO₅ en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

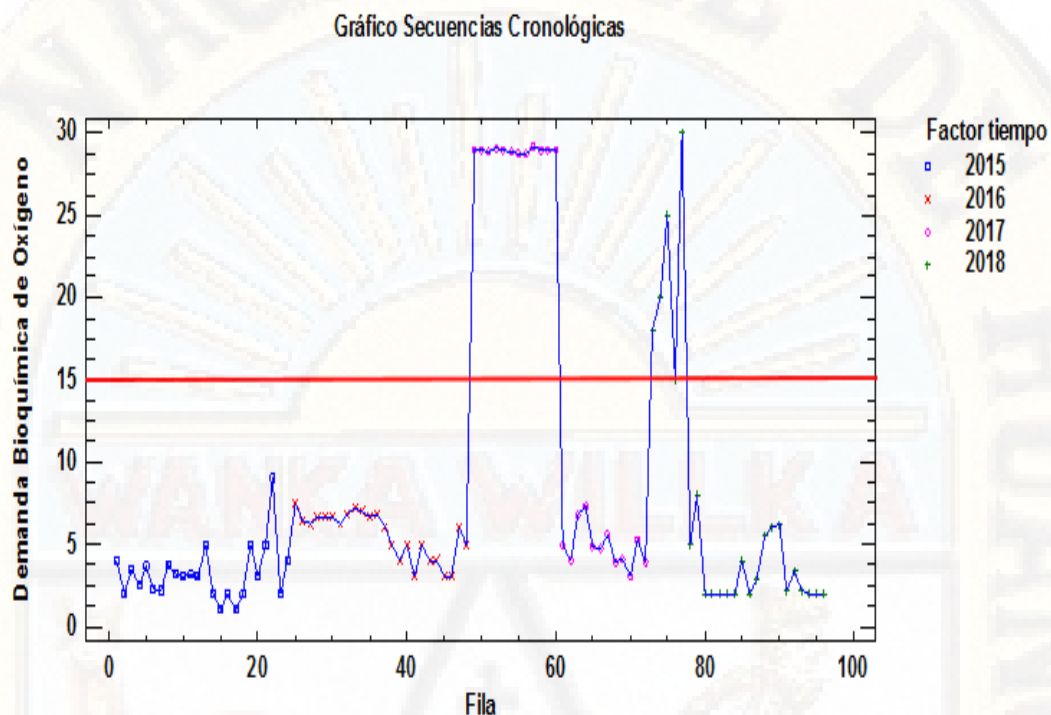


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma de capacidad se pudo observar que 80 datos que representan a la mayoría de datos de la DBO₅ registrados durante el período 2015-2018 cumplen con los estándares de calidad ambiental, a diferencia que 16 datos fueron mayores a 15mg/l por lo que hubo meses en donde el río Escalera estuvo afectado por la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno.

Figura 21

Secuencias cronológicas respecto a la DBO₅ durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

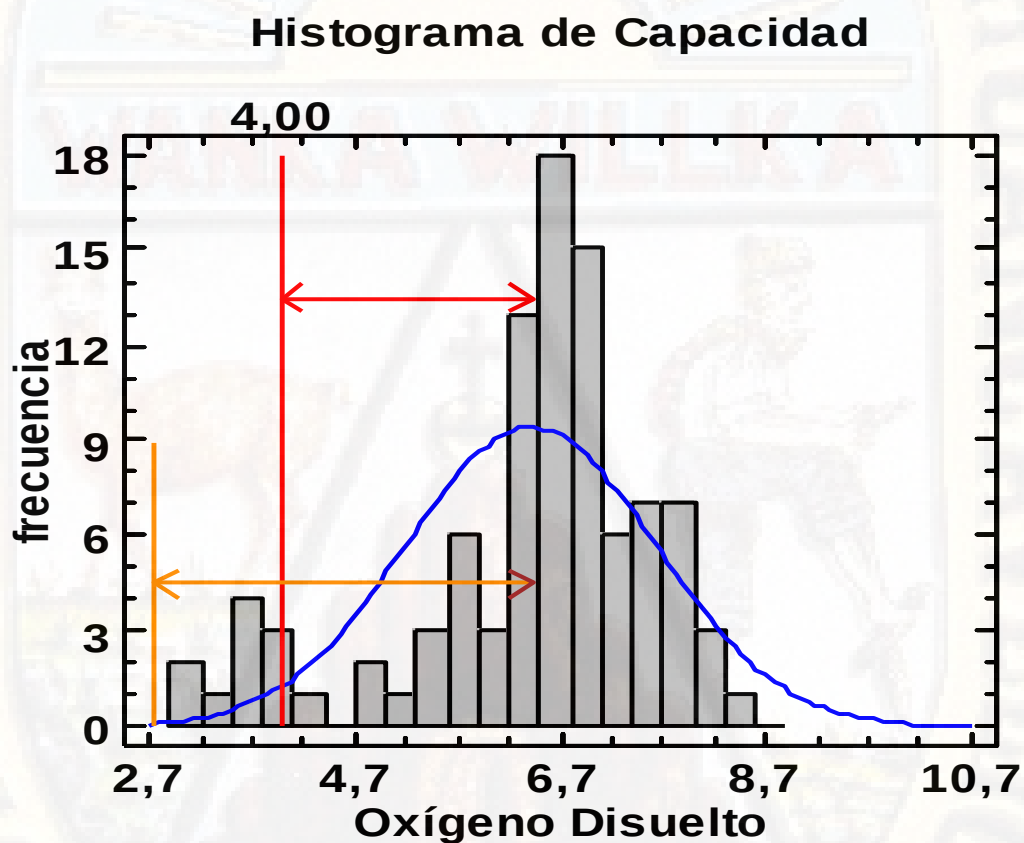
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la DBO₅ durante el período 2015-2018 ha estado variando, en donde se obtuvieron 16 valores que superaron los estándares de calidad ambiental quienes fueron mayores a 15mg/l. de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 1mg/l el cual fue registrado en el año 2017 y el dato máximo fue de 28.956mg/l registrado en el año 2018. De la misma forma se puede ver que en el año 2017 no hubo mucha variación debido a que las concentraciones de DBO₅ se mantuvieron.

4.1.1.4. Oxígeno disuelto con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales

Los resultados obtenidos en cuanto a oxígeno disuelto en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 22

Histograma de capacidad para Oxígeno Disuelto en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

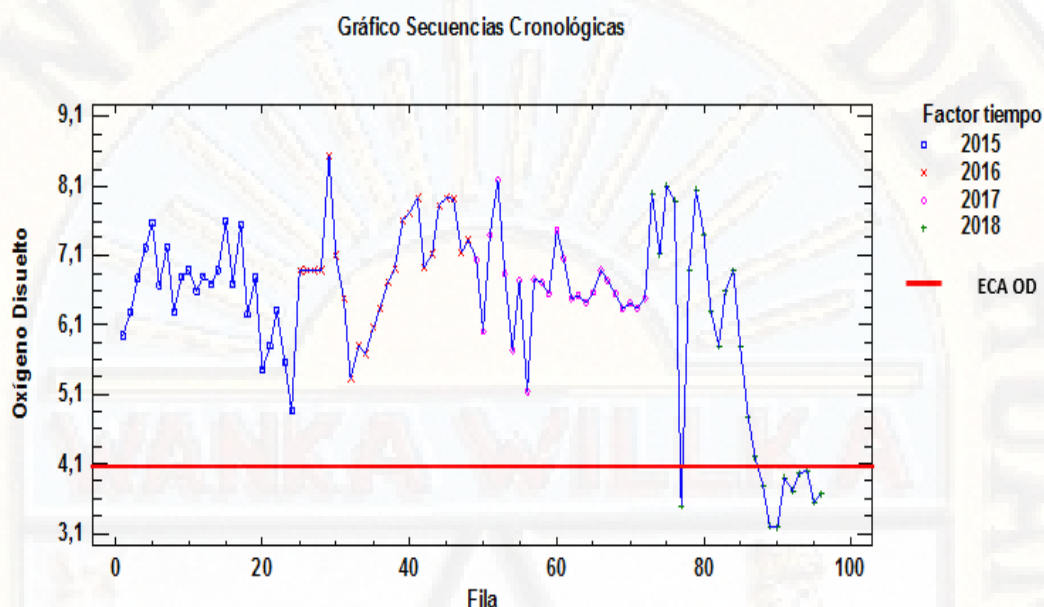


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma de capacidad se pudo observar que del total de 96 datos de oxígeno disuelto 87 datos que representan a la mayoría de datos de la DBO₅ registrados durante el período 2015-2018 cumplen con los estándares de calidad ambiental, a diferencia que 9 datos fueron menores a 4mg/l por lo que hubo meses en donde el río Escalera no hubo suficiente oxígeno disuelto.

Figura 23

Secuencias cronológicas respecto al oxígeno disuelto durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

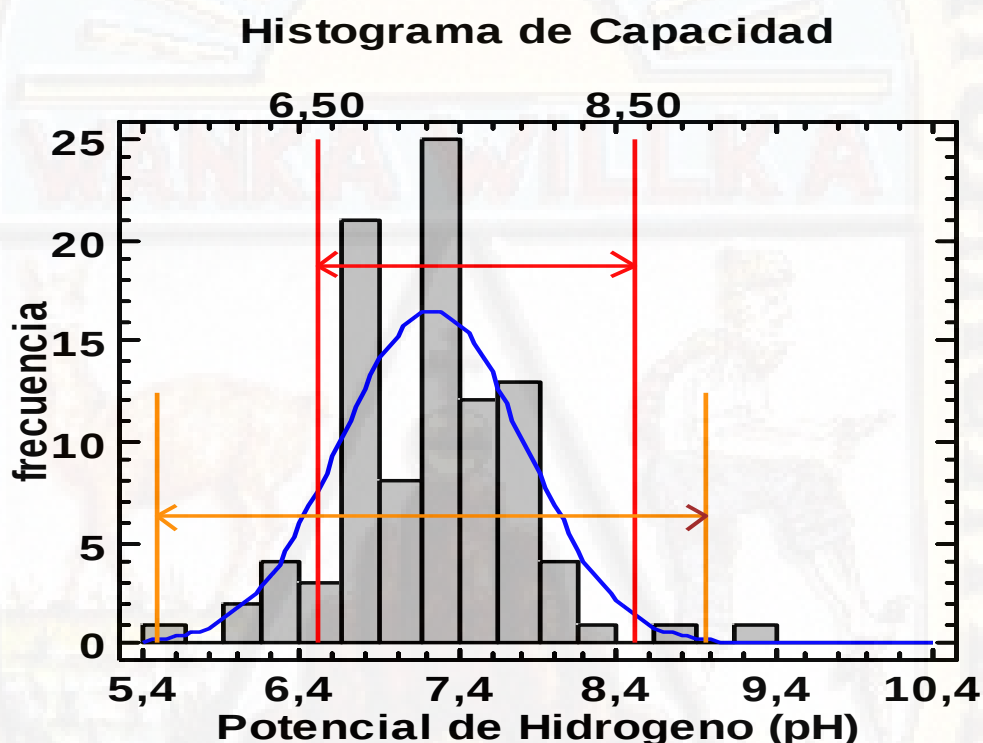
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera el OD durante el período 2015-2018 ha sido muy variado ya que el rango entre el valor mínimo de 3.19mg/l y máximo 8.53mg/l fue de 5.34mg/l, en donde se obtuvieron 9 valores que no cumplieron con los estándares de calidad ambiental los cuales fueron menores a 4mg/l. de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 3.19mg/l el cual fue registrado en el año 2018 y el dato máximo fue de 8.53mg/l registrado en el año 2016.

4.1.1.5. *Potencial de Hidrógeno (pH) con respecto a los ECAs – agua/Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.*

Los resultados obtenidos en cuanto al Potencial de Hidrógeno (pH) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 24

Histograma de capacidad para Potencial de Hidrogeno en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

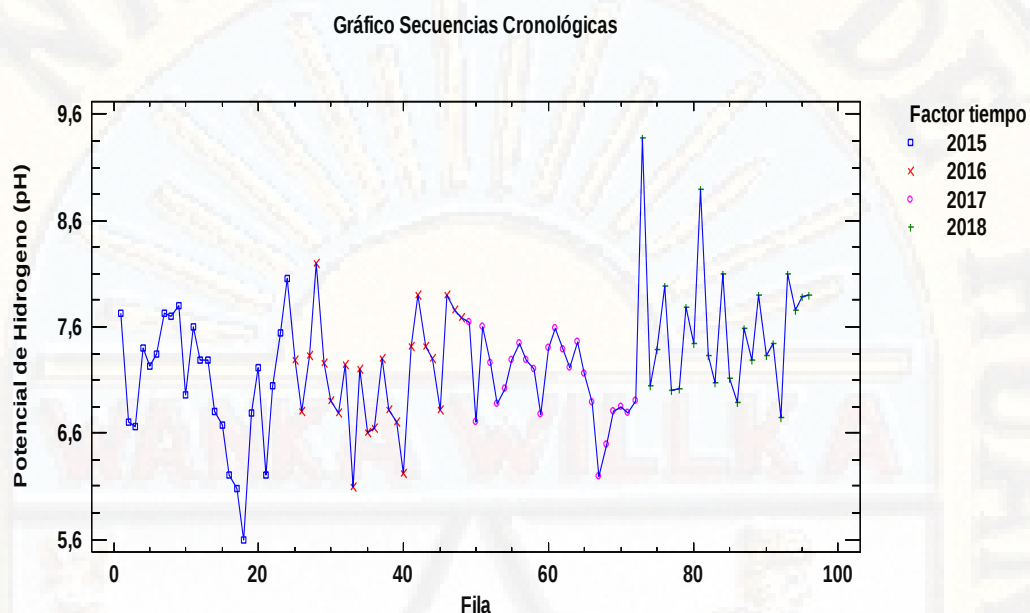


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que del total de 96 datos registrados durante el período 2015-2018, 86 datos se encuentran dentro del rango de los estándares de calidad ambiental (6.5-8.5), de la misma forma se pudo observar que se registraron 8 datos que se encuentran por debajo de los ECA- Agua cabe señalar que el río Escalera fue acida mientras que 2 datos registrados fueron mayores a los ECA-agua por lo que fueron muy alcalinos. De la misma forma se puede decir que de 10 datos no se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental para agua de categoría III.

Figura 25

Secuencias cronológicas respecto al Potencial de Hidrógeno durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En este apartado se pudo observar que en el río Escalera el potencial de hidrogeno (pH) durante el período 2015-2018 ha sido muy variado ya que el rango entre el valor mínimo de 5.6 y máximo 9.38 fue de 3.78, en donde se obtuvieron 10 valores que no cumplieron con los estándares de calidad ambiental los cuales estuvieron fuera del rango 6.5-8.5. De la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 5.6 el cual fue registrado en el año 2015 y el dato máximo fue de 9.38mg/l registrado en el año 2018.

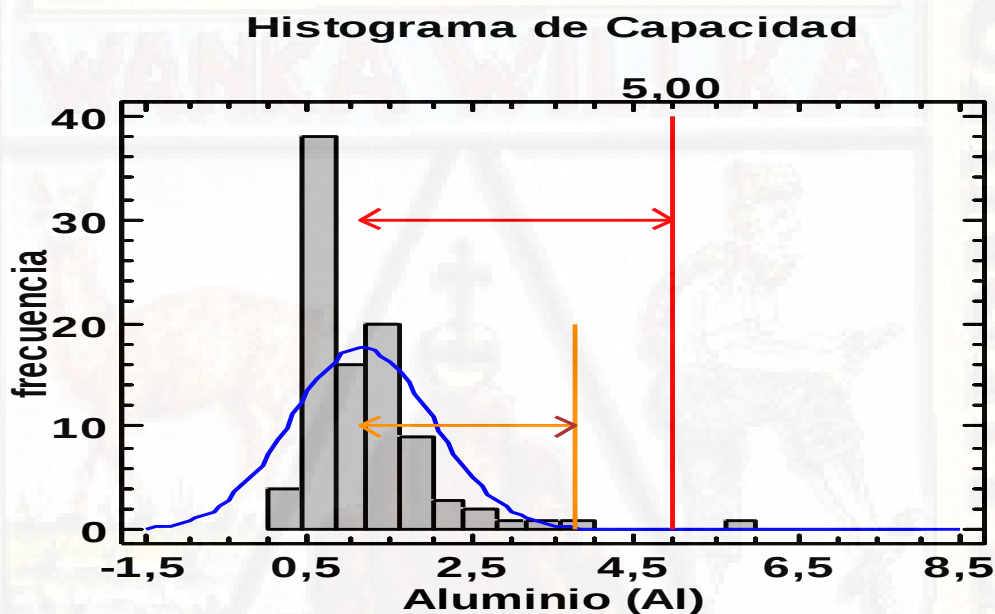
4.1.2. Resultados de Parámetros Inorgánicos

4.1.2.1. Aluminio (Al) con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Los resultados obtenidos en cuanto al Aluminio (Al) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 26

Histograma de capacidad para Aluminio en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

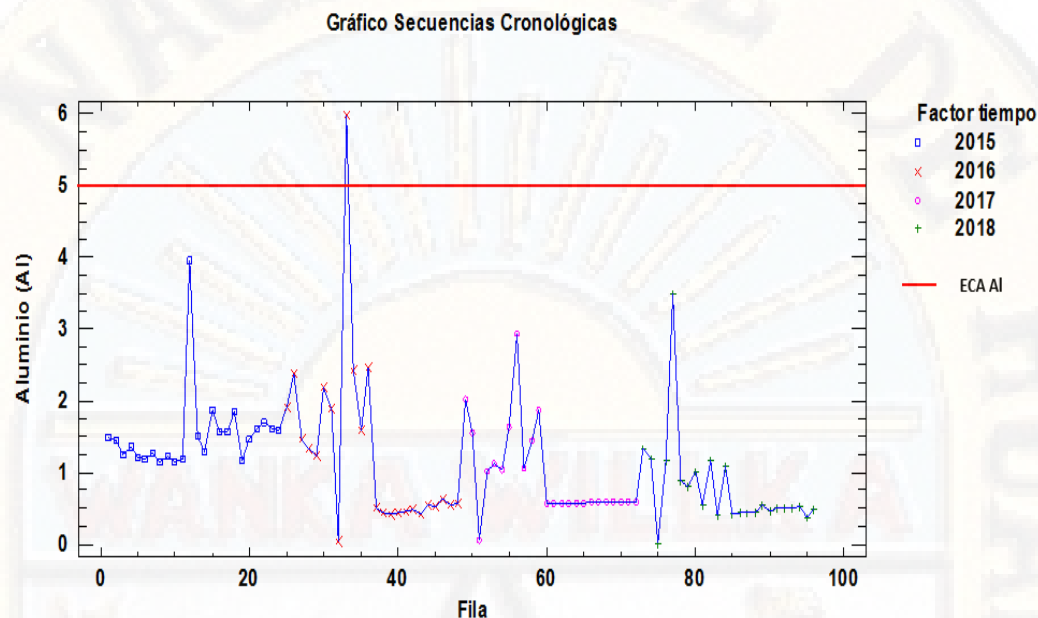


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de aluminio registrados durante el período 2015-2018, 95 datos se encuentran dentro de los ECA-agua, a diferencia que hubo presencia de 1 dato el cual fue mayor a 5mg/l. por lo que se puede señalar que el río Escalera no se encuentra muy afectado por la concentración de aluminio ya que en gran parte de los análisis se mantienen dentro de los ECA-agua para categoría 3.

Figura 27

Secuencias cronológicas respecto al Aluminio durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

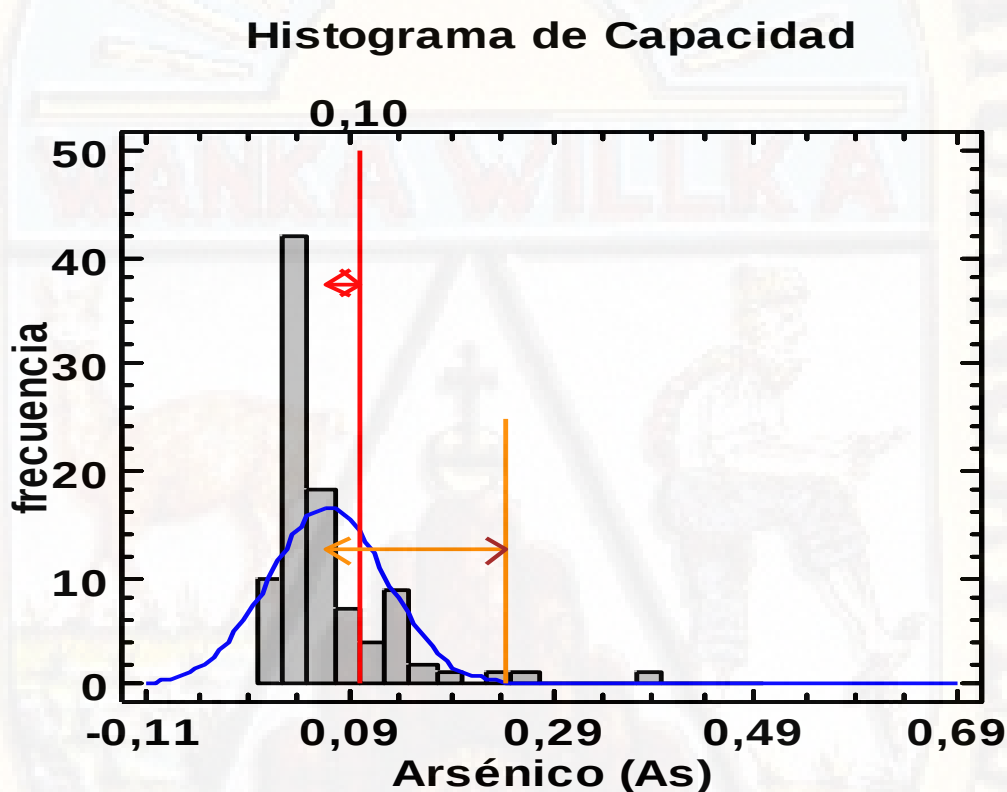
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de aluminio durante el período 2015-2018 ha estado variado debido a que el rango entre el valor máximo de 5.981mg/l y el valor mínimo de 0.002mg/l es de 5.979, en donde se obtuvo 1 valor que supero los estándares de calidad ambiental el cual fue mayores a 5mg/l. de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 0.002mg/l el cual fue registrado en el año 2018 y el dato máximo fue de 5.981mg/l registrado en el año 2016. De la misma forma se puede ver que en los últimos meses del año 2018 no hubo mucha variación debido a que las concentraciones de aluminio fueron casi constantes.

4.1.2.2. Arsénico (As) con respecto a los ECAs – agua/categoría 3:
Riego de vegetales y bebida de animales.

Los resultados obtenidos en cuanto al Arsénico (As) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 28

Histograma de capacidad para Arsénico en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

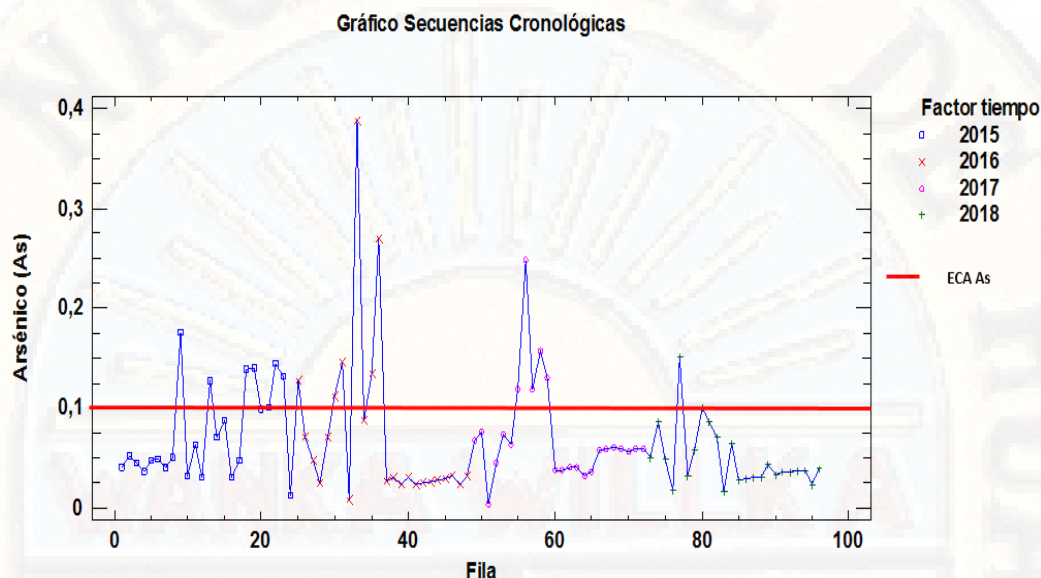


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de arsénico registrados durante el período 2015-2018, 77 datos se encuentran dentro de los ECA-agua, a diferencia que hubo presencia de 19 datos los cuales fueron mayores a 0.1mg/l. por lo que se puede señalar que el río Escalera fue afectado por los pasivos mineros y/o minerías que vienen operando en la actualidad.

Figura 29

Secuencias cronológicas respecto al arsénico durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

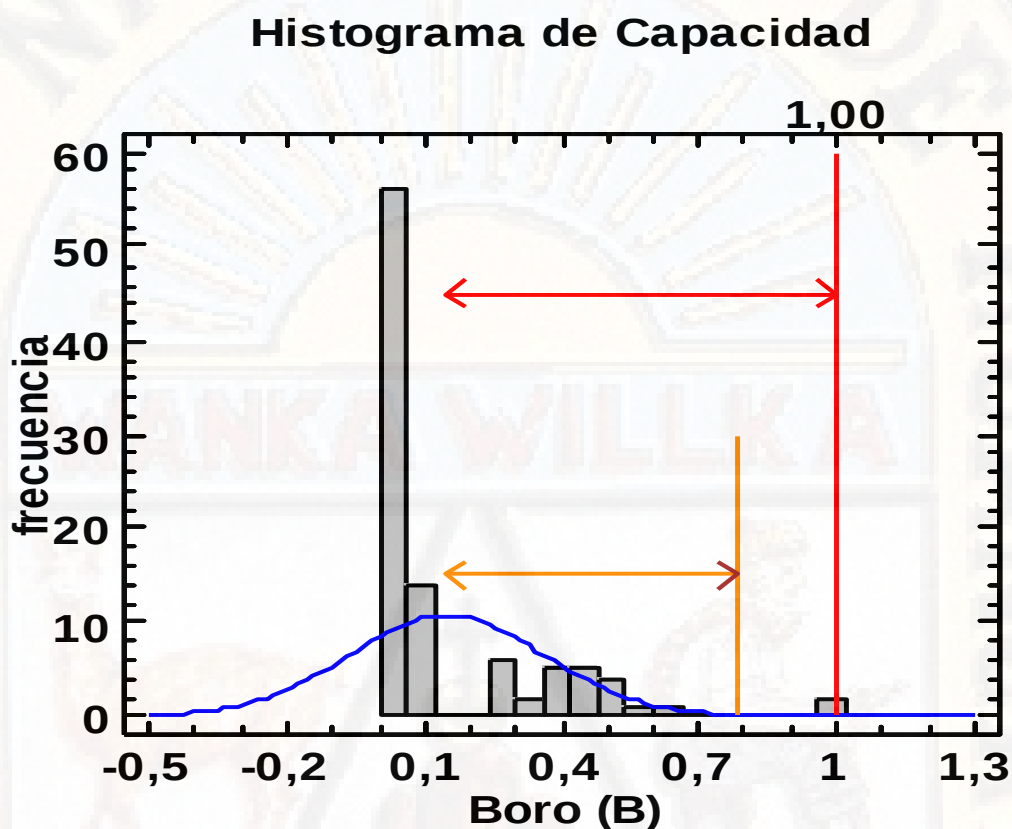
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de arsénico durante el período 2015-2018 ha sido muy variado debido a que el rango entre el valor máximo de 0.38758mg/l y el valor mínimo de 0.0035mg/l es de 0.0035, en donde se obtuvo 19 valores que superaron los estándares de calidad ambiental el cual fue mayores a 0.1mg/l. de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 0.0035mg/l el cual fue registrado en el año 2017 y el dato máximo fue de 0.38758mg/l registrado en el año 2016. De la misma forma se puede ver que en los últimos meses de los años 2016,2017 y 2018 no hubo mucha variación debido a que las concentraciones de arsénico fueron casi constantes.

4.1.2.3. Boro (Bo) con respecto a los ECAs – agua/Categoría 3: Rego de vegetales y bebida de animales

Los resultados obtenidos en cuanto al Boro (Bo) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 30

Histograma de capacidad para Boro en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018



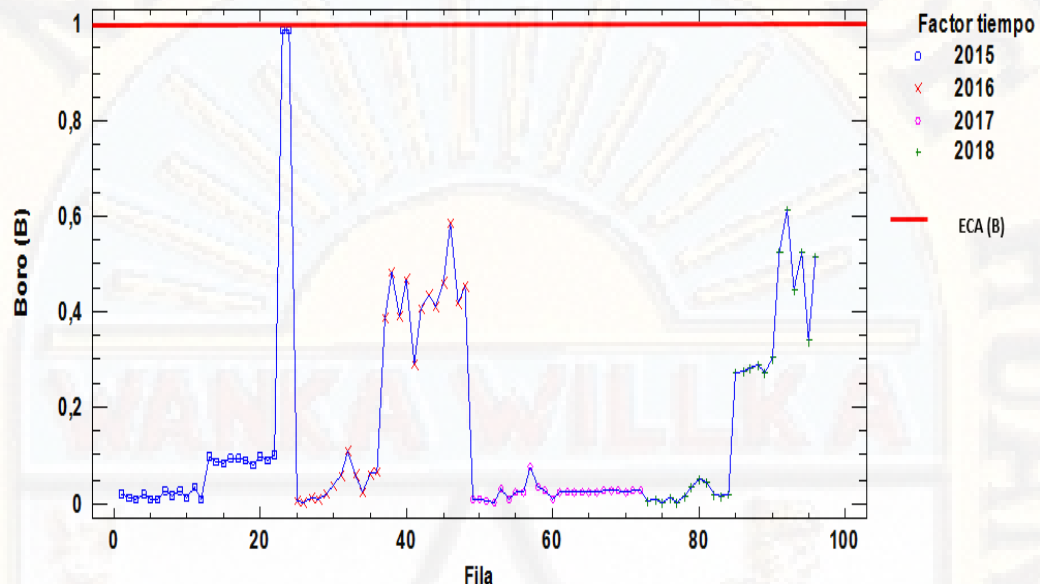
Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de boro registrados durante el período 2015-2018, todos los datos se encuentran dentro de los ECA-agua para categoría 3 ya que nadie supera a 1mg/l, por lo que se puede señalar que el río Escalera no fue afectado por boro durante el tiempo de estudio.

Figura 31

Secuencias cronológicas respecto al Boro durante el período 2015 – 2018

Gráfico Secuencias Cronológicas



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

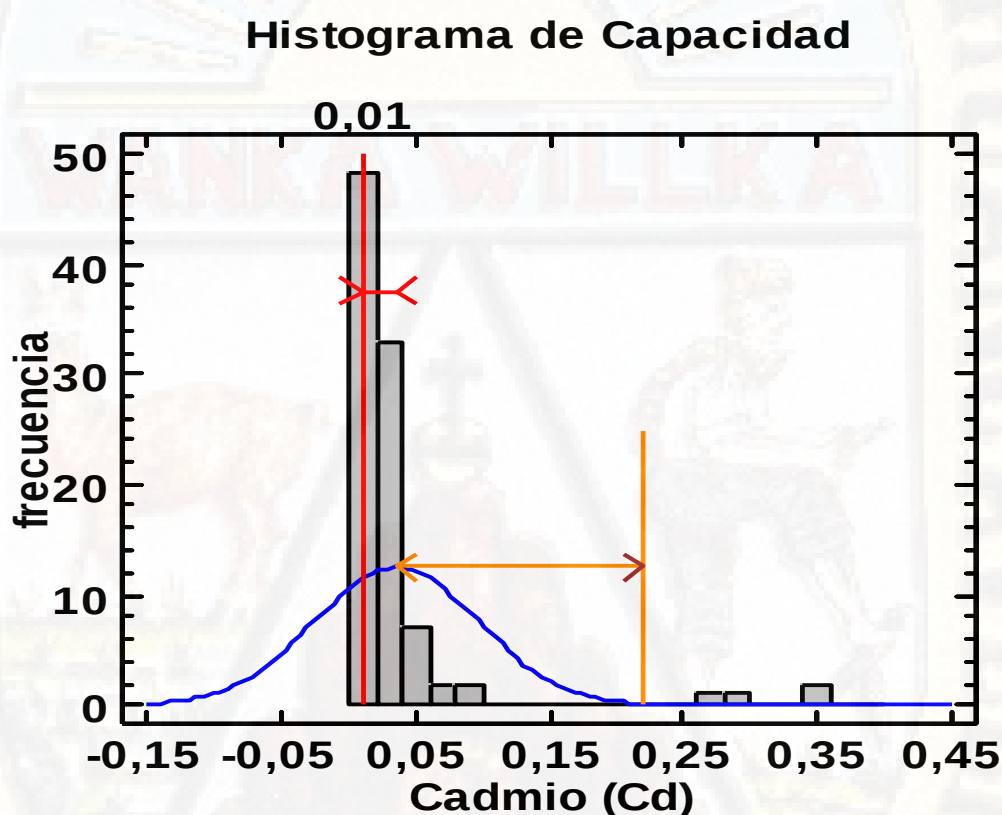
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de boro durante el período 2015-2018 tiende a variado debido a que el rango entre el valor máximo de 0.989mg/l y el valor mínimo de 0.0012mg/l es de 0.9878, en todos los valores cumplen con los estándares de calidad ambiental ya que ningún dato registrado durante los cuatro años superaron a 1mg/l. de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 0.0012mg/l el cual fue registrado en el año 2016 y el dato máximo fue de 0.989mg/l registrado en el año 2018. De la misma forma se puede ver que en todo el 2017 no hubo mucha variación debido a que las concentraciones de boro fueron casi constantes.

4.1.2.4. Cadmio (Cd) con respecto a los ECAs – agua/Categoría 3: Rego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto al Cadmio (Cd) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 32

Histograma de capacidad para Cadmio en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

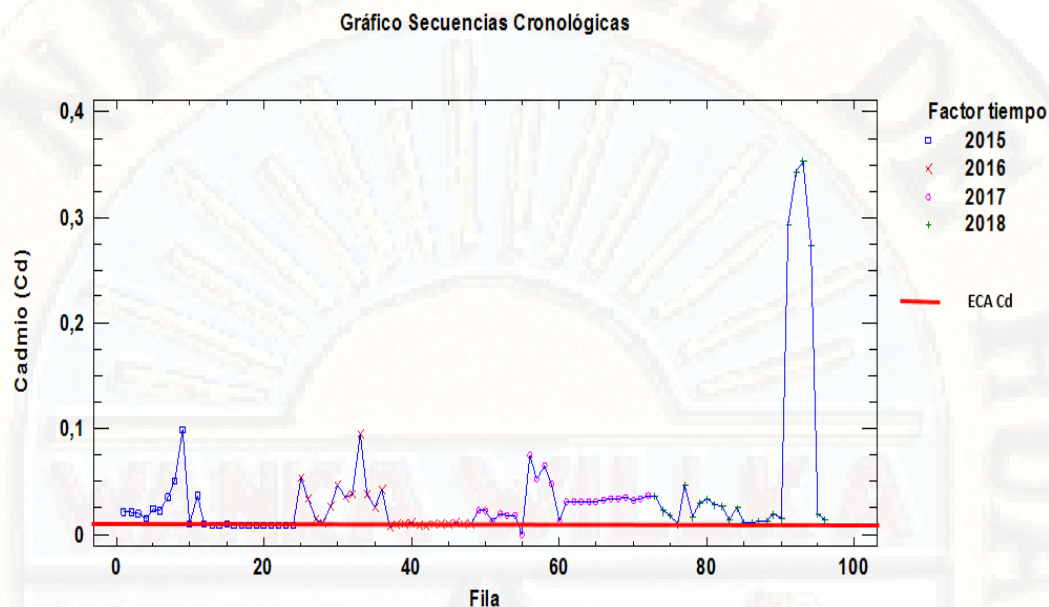


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de cadmio registrados durante el período 2015-2018, 26 datos se encuentran dentro de los ECA-agua para categoría III, a diferencia que hubo presencia de 70 datos los cuales fueron mayores a 0.01mg/l. por lo que se puede señalar que el río Escalera fue afectado por los pasivos mineros y/o minerías que vienen operando en la actualidad ya que en casi todo el tiempo dicho recurso contiene cadmio en altas concentraciones.

Figura 33

Secuencias cronológicas respecto al cadmio durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

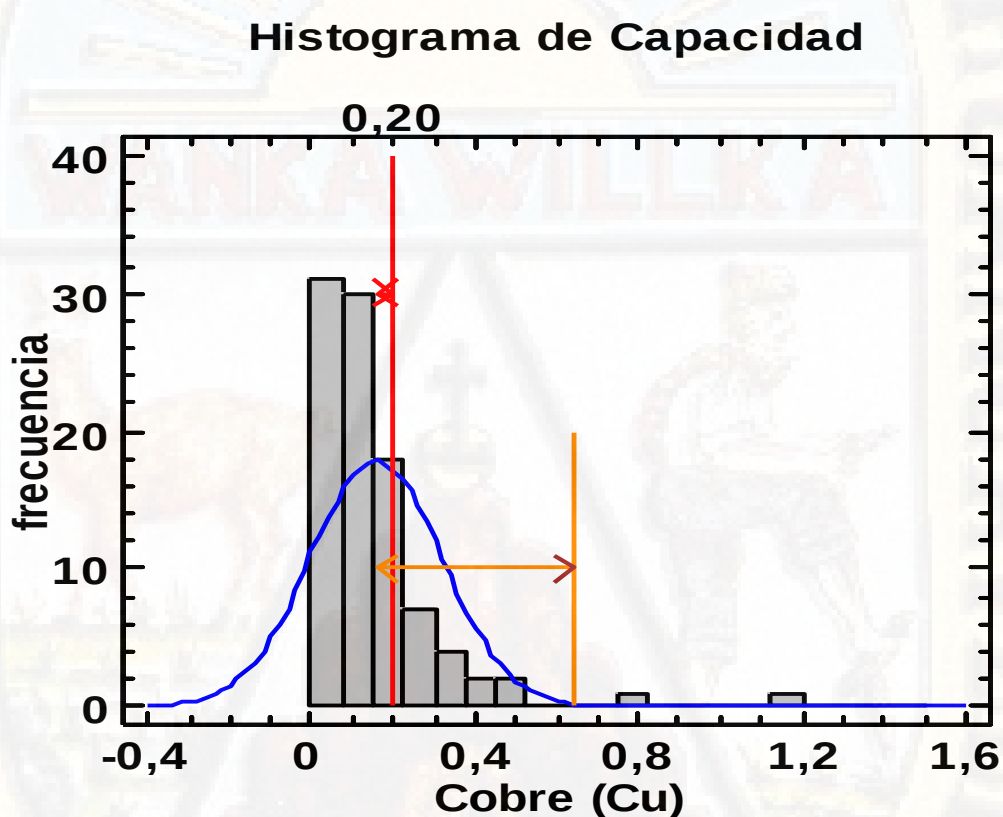
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de cadmio durante el período 2015-2018 ha sido muy variado debido a que el rango entre el valor máximo de 0.35432mg/l y el valor mínimo de 0.00001mg/l es de 0.35431, en donde se obtuvo 70 valores que superaron los estándares de calidad ambiental el cual fue mayores a 0.01mg/l. de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 0.00001mg/l el cual fue registrado en el año 2017 y el dato máximo fue de 0.35432mg/l registrado en el año 2018. De la misma forma se pudo observar que se presentó un pico el cual fue registrado en el año 2018, por lo que el río Escalera en ese año estuvo muy afectado por cadmio.

4.1.2.5. *Cobre (Cu) con respecto a los ECAs – agua/Categoría 3: Rego de vegetales y bebida de animales:*

Los resultados obtenidos en cuanto al Cobre (Cu) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 34

Histograma de capacidad para cobre en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018



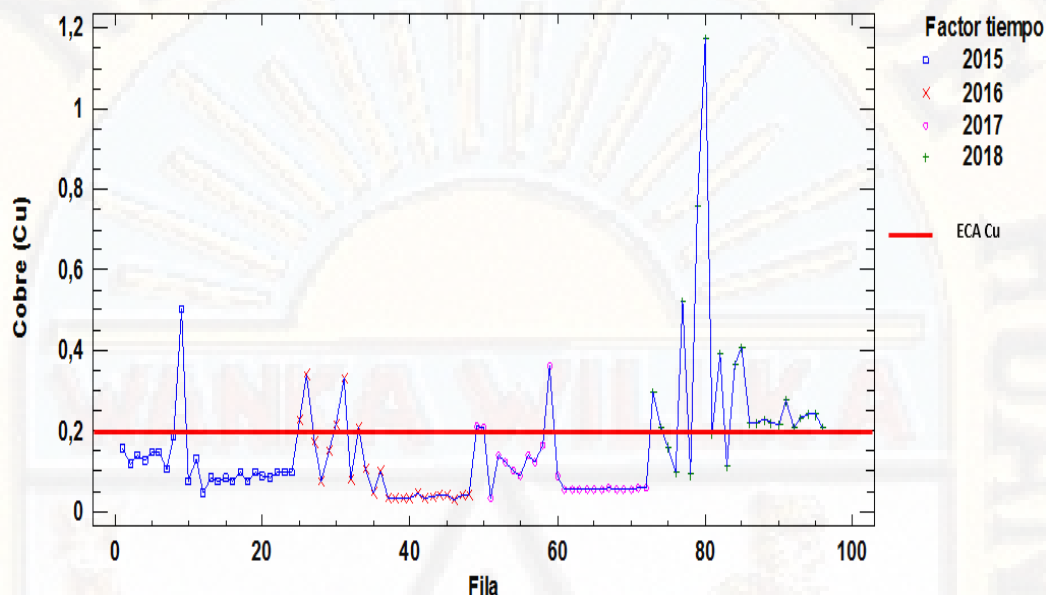
Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de cobre registrados durante el período 2015-2018, 68 datos se encuentran dentro de los ECA-agua para categoría 3, a diferencia que hubo presencia de 28 datos los cuales fueron mayores a 0.2 mg/l. por lo que se puede indicar que la mayor cantidad de datos que superan los ECA para agua se registran para el año 2018 y posiblemente ello se deba a la existencia de pasivos mineros y/o minerías que vienen operando en la actualidad.

Figura 35

Secuencias cronológicas respecto al cobre durante el período 2015 – 2018

Gráfico Secuencias Cronológicas



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

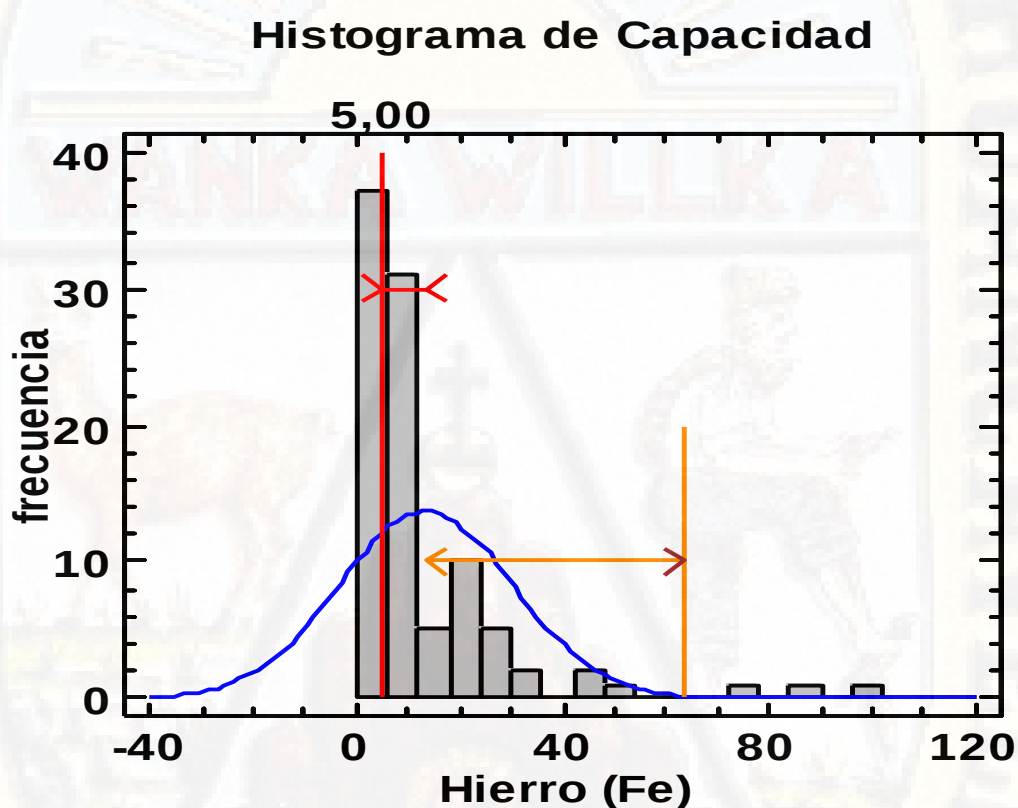
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de cobre en el transcurso del período 2015-2018 ha sido constante durante los años 2015 – 2017, sin embargo se refleja un incremento en la concentración en el año 2018 variado debido a que el rango entre el valor máximo de 1.17600 mg/l y el valor mínimo de 0.03000 mg/l es de 1.146 , en donde se registró a 68 datos que sobrepasaron los estándares de calidad ambiental el cual es igual a 0.2 mg/l, de la misma forma se pudo observar que el dato mínimo fue de 0.03000mg/l el cual fue registrado en el año 2016 y el dato máximo fue de 1.17600 mg/l registrado en el año 2018.

4.1.2.6. Hierro (Fe) con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto al Hierro (Fe) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 36

Histograma de capacidad para hierro en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

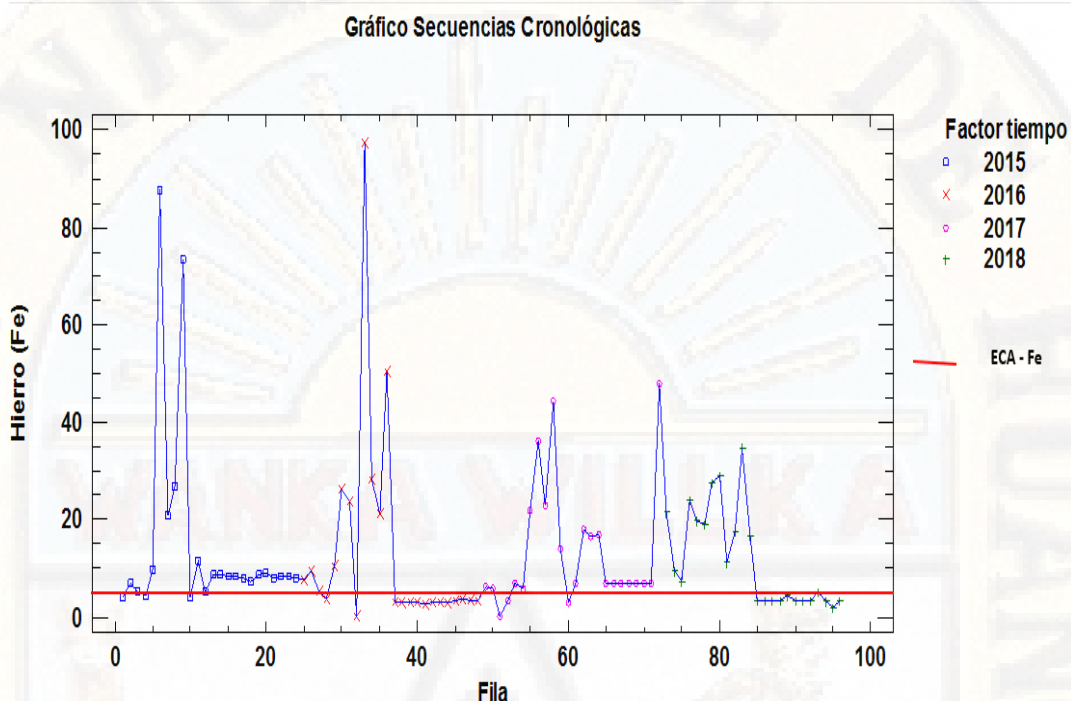


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de hierro registrados durante el período 2015-2018, 31 datos se encuentran dentro de los ECA-agua para categoría III, a diferencia que hubo presencia de 65 datos los cuales superaron a 5 mg/l. por lo que se puede indicar que en un 68% del total de datos superan los ECA para agua los que se registran en todos los años y posiblemente ello se deba a la existencia de pasivos mineros y/o minerías que vienen operando en la actualidad.

Figura 37

Secuencias cronológicas respecto a hierro durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

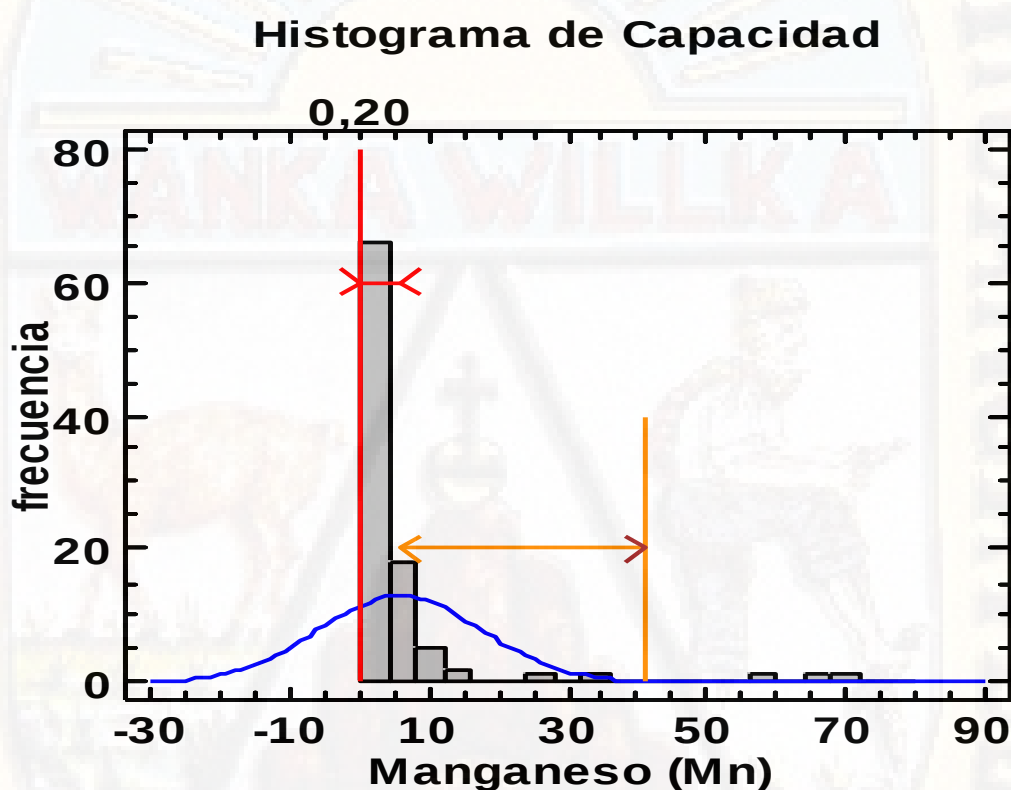
En este apartado se pudo visualizar que en el río Escalera la concentración de hierro en el transcurso del período 2015-2018 ha sido variable durante los años 2015 – 2018, registrándose en los años datos superiores a lo establecido por ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, por otra parte se percibe que el rango entre el valor máximo de 97.2 mg/l (en el año 2016) y el valor mínimo de 0.03000 mg/l (en el año 2016) es de 97.17 mg/l, en donde se registró a 65 datos que superan los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales el cual es igual a 5 mg/l.

4.1.2.7. *Manganeso (Mn) con respecto a los ECAs – agua/Categoría 3:
Riego de vegetales y bebida de animales:*

Los resultados obtenidos en cuanto al Manganeso (Mn) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 38

Histograma de capacidad para manganeso en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

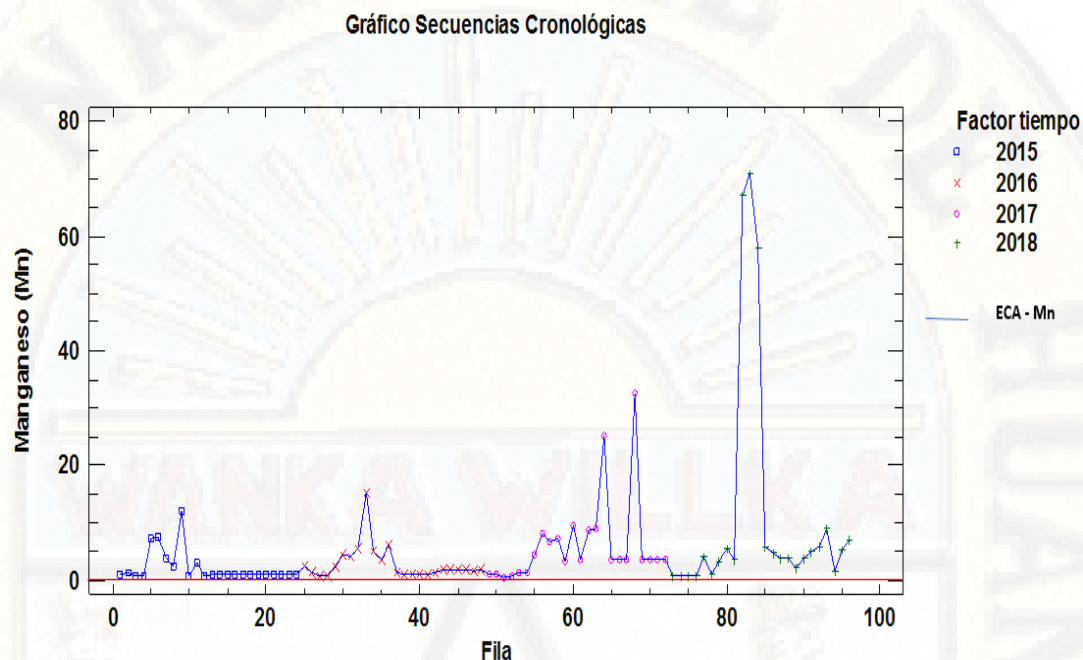


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de manganeso registrados durante el período 2015-2018, el 100 % de datos superan los ECA-agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, es decir todos ellos superaron la tolerancia de 0.2 mg/l según lo refrenda dicha norma, a tal efecto se indica que el río Escalera fue alterado por los pasivos mineros y/o minerías que vienen operando en la actualidad ya el manganeso persiste en el cuerpo de agua durante todo el período 2015 – 2018.

Figura 39

Secuencias cronológicas respecto al manganeso durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

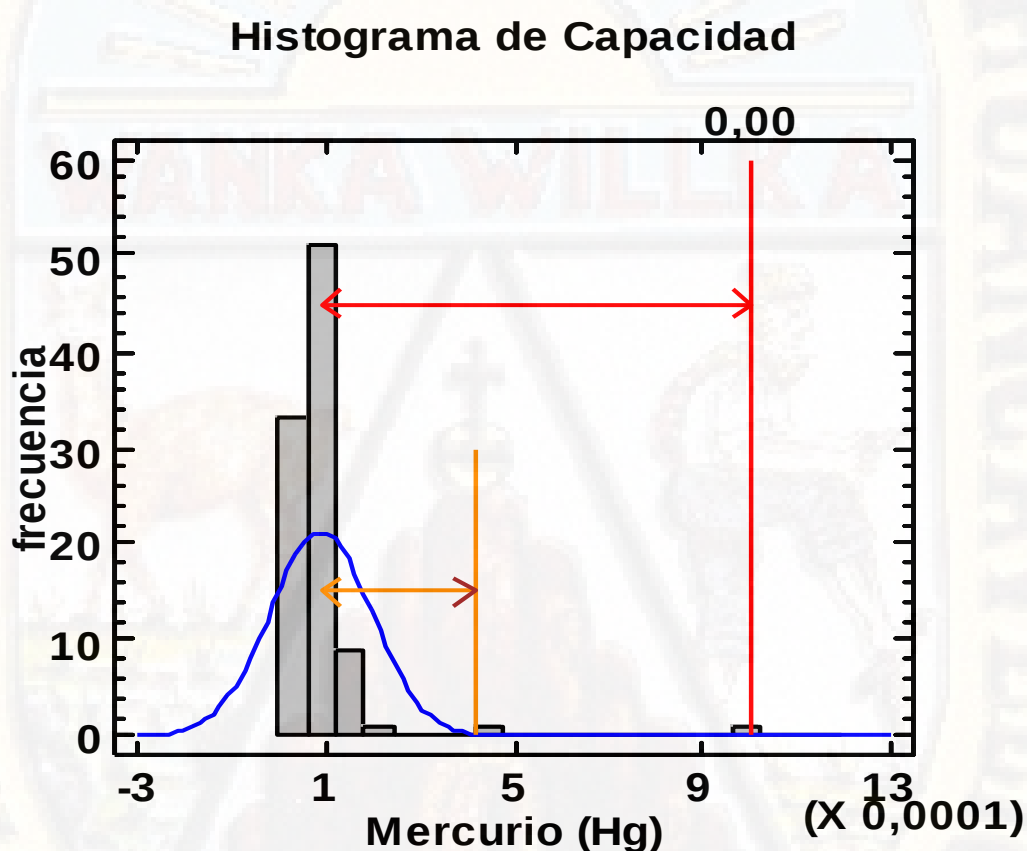
En este apartado se pudo visualizar que en el río Escalera la concentración de manganeso en el transcurso del período 2015-2018 ha sido variable durante los años 2015 – 2018, registrándose en todos los años datos que superan los ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, por otra parte se percibe que el rango entre el valor máximo de 71 mg/l (anotado en el año 2018) y el valor mínimo de 0.52509 mg/l (registrado en el año 2017) es de 70.47, siendo ello indicio de la alteración del cuerpo de agua a causa de los pasivos mineros mal gestionados y la actividad minera que hasta la fecha se viene desarrollando.

4.1.2.8. Mercurio (Hg) con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto al Mercurio (Hg) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 40

Histograma de capacidad para mercurio en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

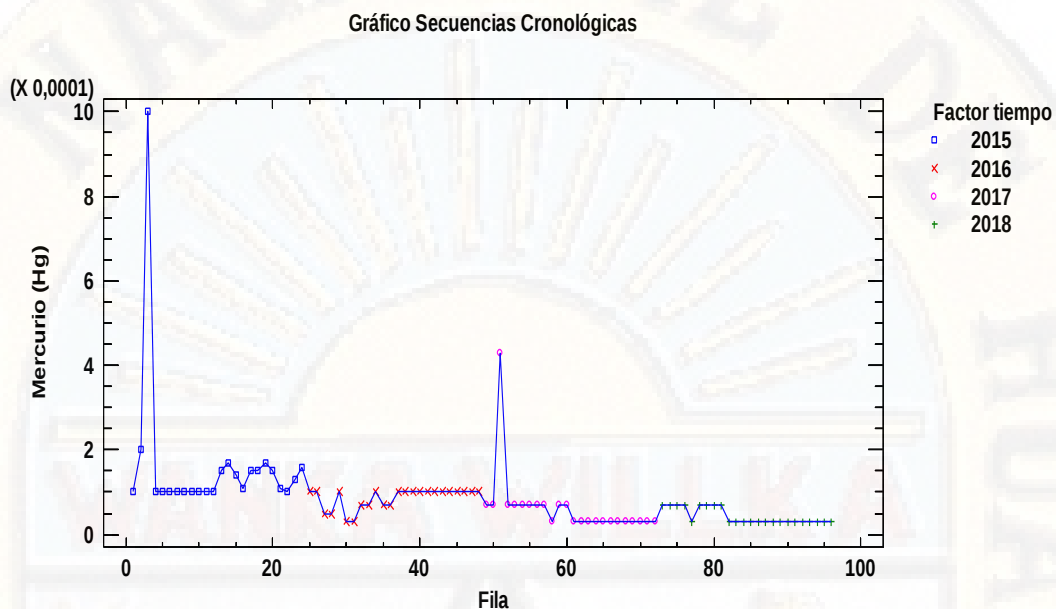


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de mercurio registrados durante el período 2015-2018, ninguno de los datos supera lo establecido por los ECA-agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, es decir en ningún año la tolerancia de 0.001 mg/l según lo refrenda dicha norma, por lo cual se menciona que el río Escalera no se ve afectado por el mercurio durante el período 2015 – 2018.

Figura 41

Secuencias cronológicas respecto al mercurio durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

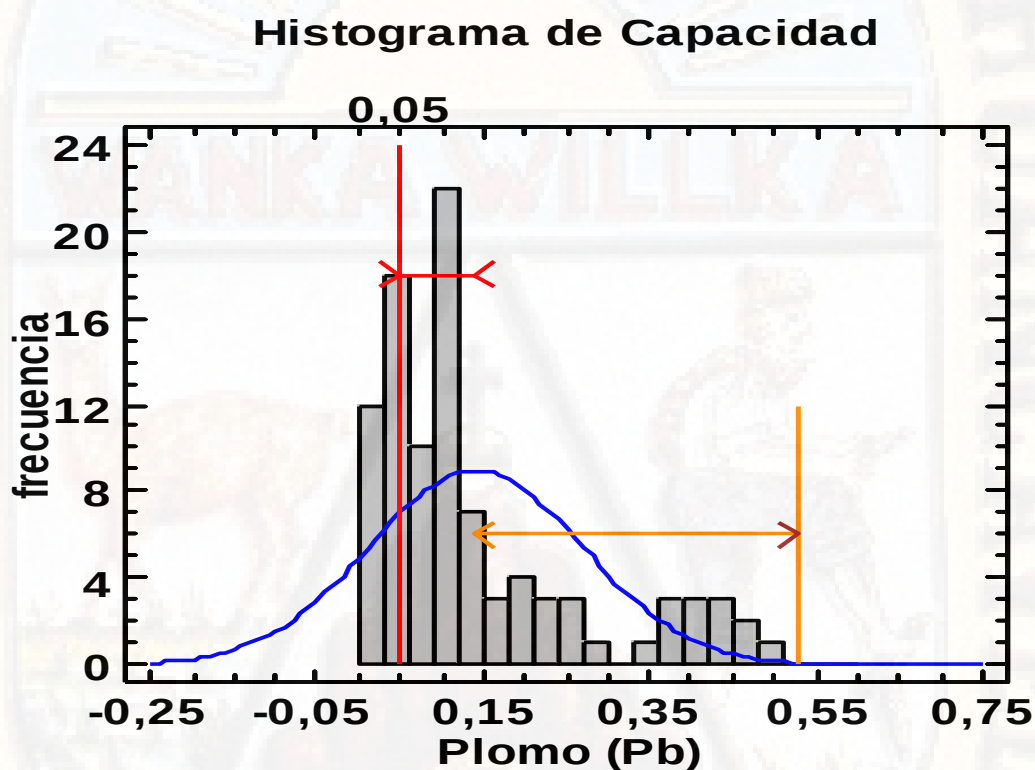
En este apartado se pudo visualizar que en el río Escalera la concentración de mercurio en el transcurso del período 2015-2018 ha sido constante donde se presentan dos picos en los años 2015 y 2017, a pesar de ello ningún parámetro supera lo establecido por los ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, por otra parte se percibe que el rango entre el valor máximo de 0.001 mg/l (anotado en el año 2015) y el valor mínimo de 0.00003 mg/l (registrado en el año 2016) es de 0.00097, por lo cual se indica que el río escalera no estaría sufriendo alguna alteración a causa del mercurio.

4.1.2.9. *Plomo (Pb) con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:*

Los resultados obtenidos en cuanto al Plomo (Pb) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 42

Histograma de capacidad para plomo en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

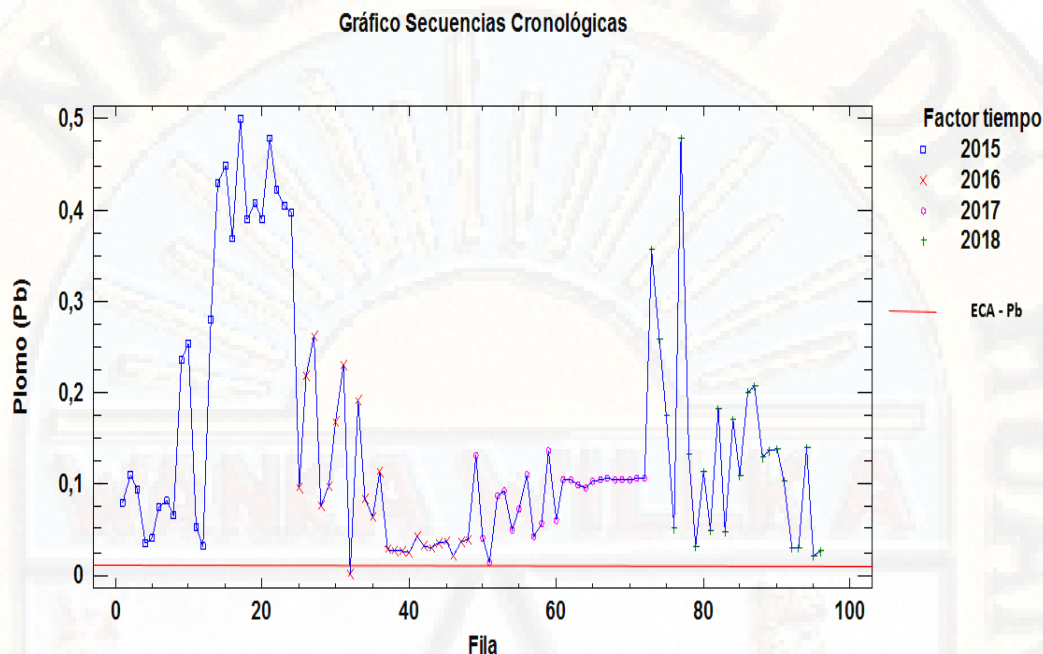


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de plomo registrados durante el período 2015-2018, 27 datos se encuentran dentro de los ECA-agua para categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, sin embargo, se registraron 69 datos que llegaron a superar lo refrendado en la normativa ambiental mencionada, por lo que se puede indicar que en un 68% del total de datos superan los ECA para agua, a tal efecto se indica que el río Escalera estaría siendo afectado por el plomo ya que sus concentraciones elevadas persisten en gran parte del período 2015 – 2018.

Figura 43

Secuencias cronológicas respecto al plomo durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

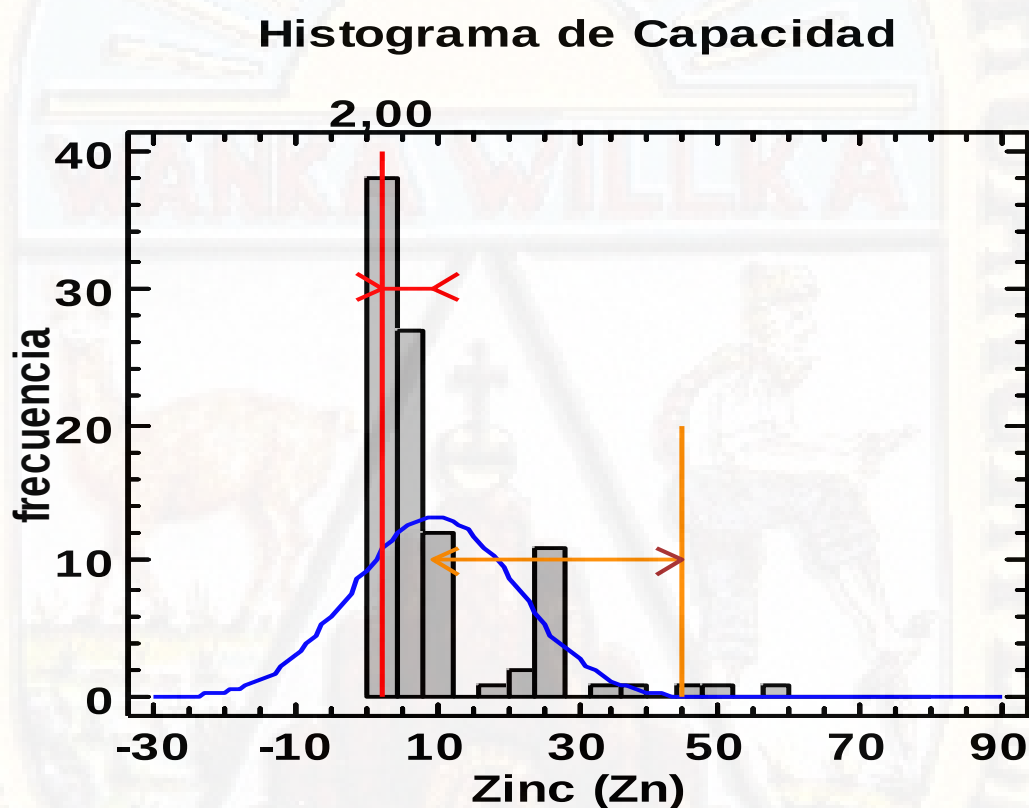
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de plomo durante el período 2015-2018 ha sido muy variado debido a que el rango entre el valor máximo de 0.5mg/l y el valor mínimo de 0.00014mg/l es de 0.49986, en donde se obtuvo 69 valores que excedieron los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales igual a 0.05 mg/l. de igual manera se observó que el dato mínimo fue de 0.00014mg/l el cual fue registrado en el año 2016 y el dato máximo fue de 0.5mg/l registrado en el año 2015. De la misma forma se puede ver que en las concentraciones más elevadas se registraron en el año 2018.

4.1.2.10. Zinc (Zn) con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto al Zinc (Zn) en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 44

Histograma de capacidad para zinc en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

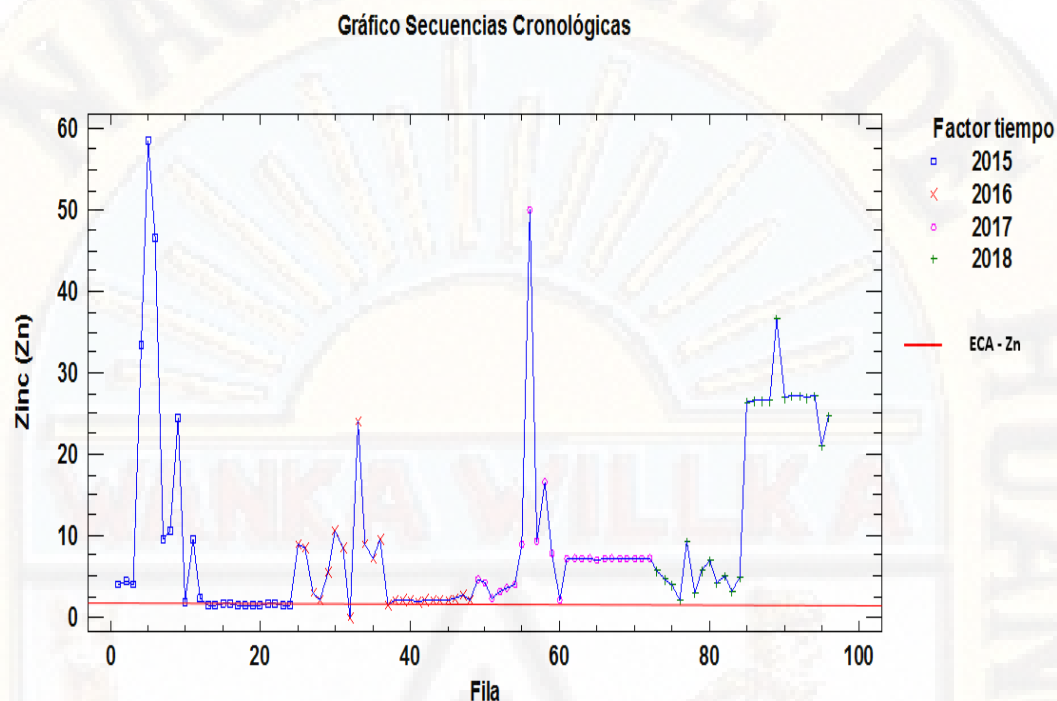


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de zinc registrados durante el período 2015-2018, 20 datos se encuentran dentro de los ECA-agua para categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, no obstante, se registraron 76 datos que sobrepasaron lo indicado en la respectiva norma ambiental, por lo que se puede indicar que en un 79% del total de datos superan los ECA para agua, por ende el río Escalera estaría siendo alterado por la presencia de Zinc en el curso del flujo durante el período 2015 – 2018.

Figura 45

Secuencias cronológicas respecto al zinc durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de zinc durante el período 2015-2018 ha sido muy variado debido a que el rango entre el valor máximo de 58.59 mg/l y el valor mínimo de 0.00409 mg/l es de 58.58591, en donde se obtuvo 76 datos que excedieron los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales el cual es igual a 2 mg/l. de igual manera se observó que el dato mínimo fue de 0.00409mg/l el cual fue registrado en el año 2016 y el dato máximo fue de 58.58591 mg/l registrado en el año 2015.

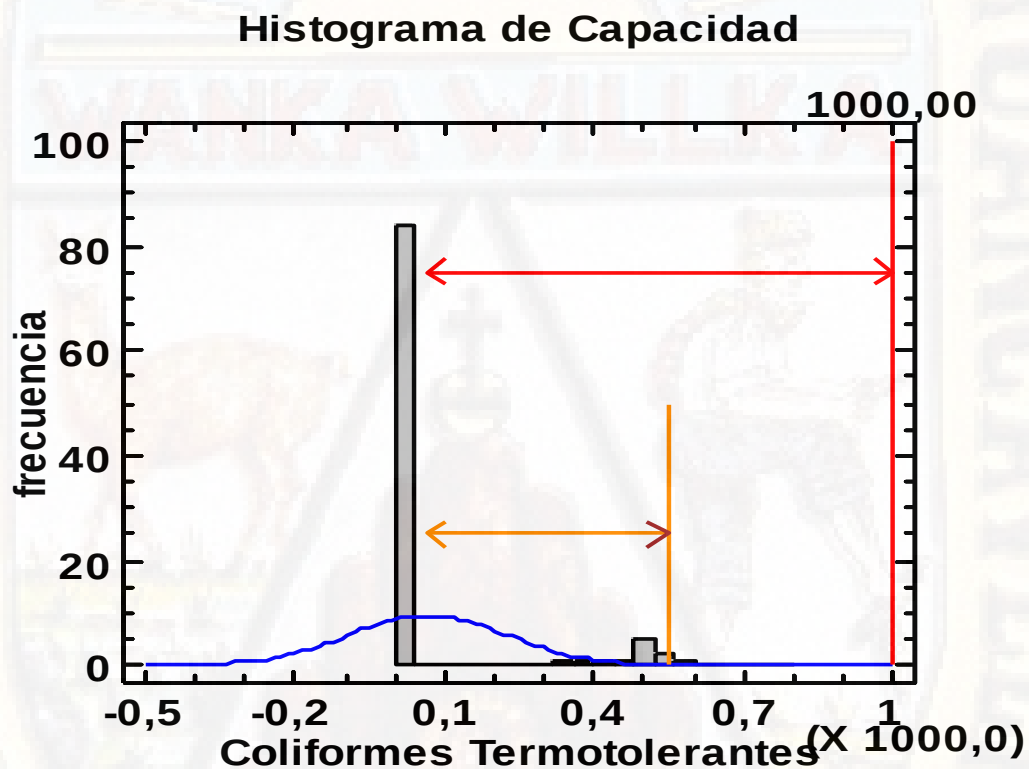
4.1.3. Resultados de Parámetros Microbiológicos

4.1.3.1. Coliformes Termotolerantes con respecto a los ECAs – agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto a Coliformes Termo tolerantes en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 46

Histograma de capacidad para Coliformes Termotolerantes en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

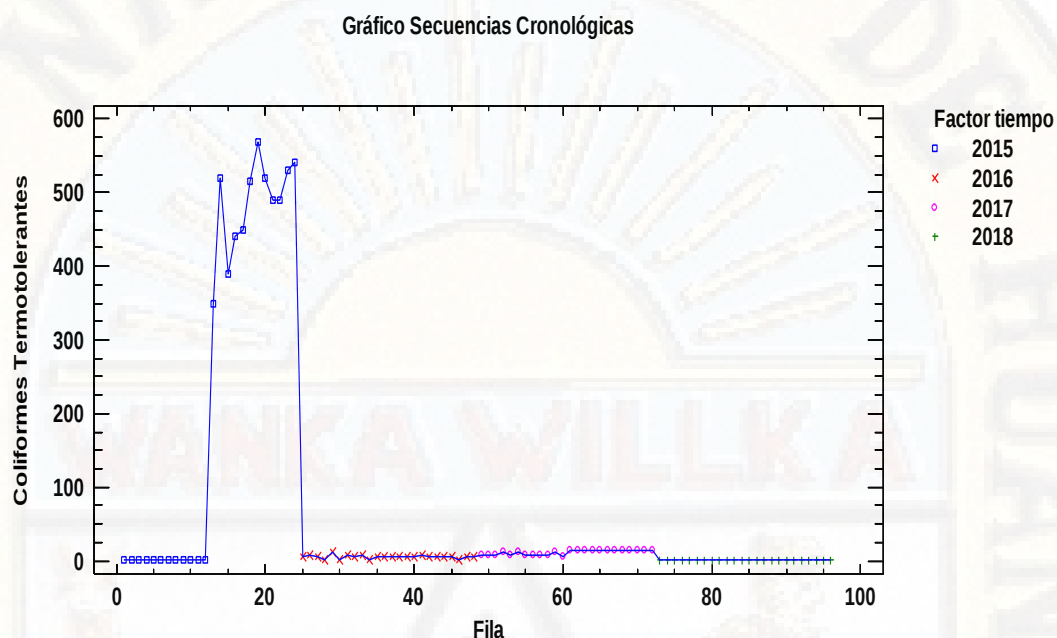


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de coliformes termo tolerantes registrados durante el período 2015-2018, ningún dato supero lo indicado en los ECA-agua para categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, es por ello se menciona que el río Escalera no está viéndose afectado por la presencia de coliformes termo tolerantes, esto posiblemente a que en la zona no existen asentamientos urbanos que puedan verter excretas y/o similares hacia cuerpos receptores.

Figura 47

Secuencias cronológicas respecto a coliformes termotolerantes durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

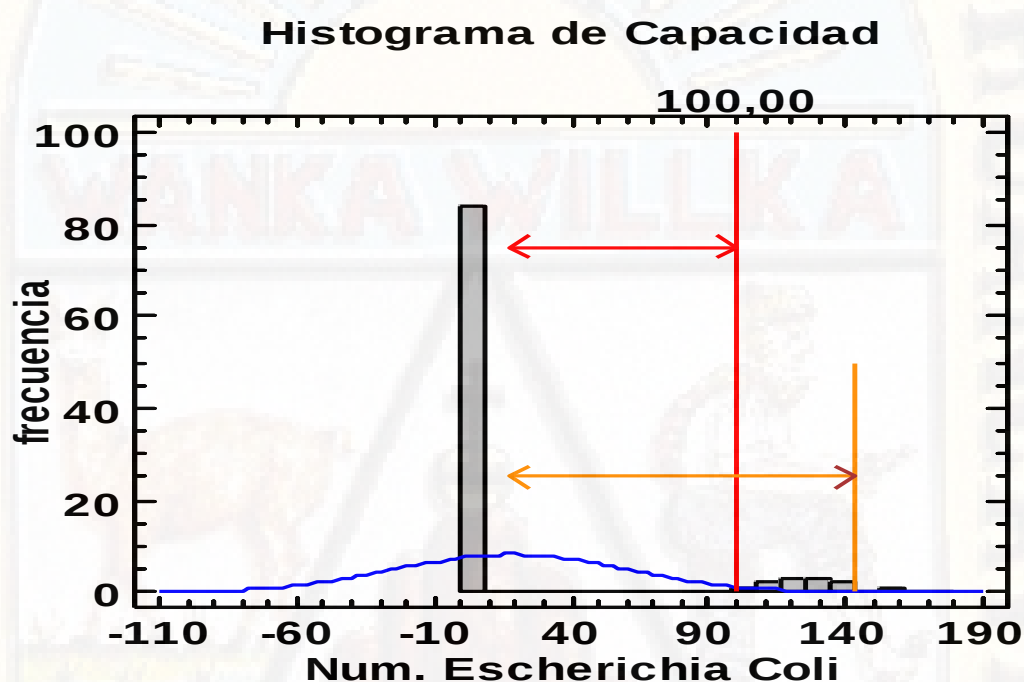
En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de coliformes termo tolerantes durante el período 2015-2018 ha tenido picos muy elevados lo cual hace genera una tendencia variable debido a que el rango entre el valor máximo de 569 NMP 100/ml y el valor mínimo de 1.8 NMP 100/ml es de 567.2, a pesar de ello ningún parámetro supera lo establecido en los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales el cual es igual a 1000 NMP 100/ml mg/l. de igual manera se observó que los picos más elevados se han registrado en el 2015.

4.1.3.2. Número *Escherichia Coli* con respecto a los ECAs –
agua/categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:

Los resultados obtenidos en cuanto al Número *Escherichia Coli* en el período 2015 – 2018 se muestran a continuación:

Figura 48

Histograma de capacidad para número de escherichia coli en relación al ECA para agua, período 2015 – 2018

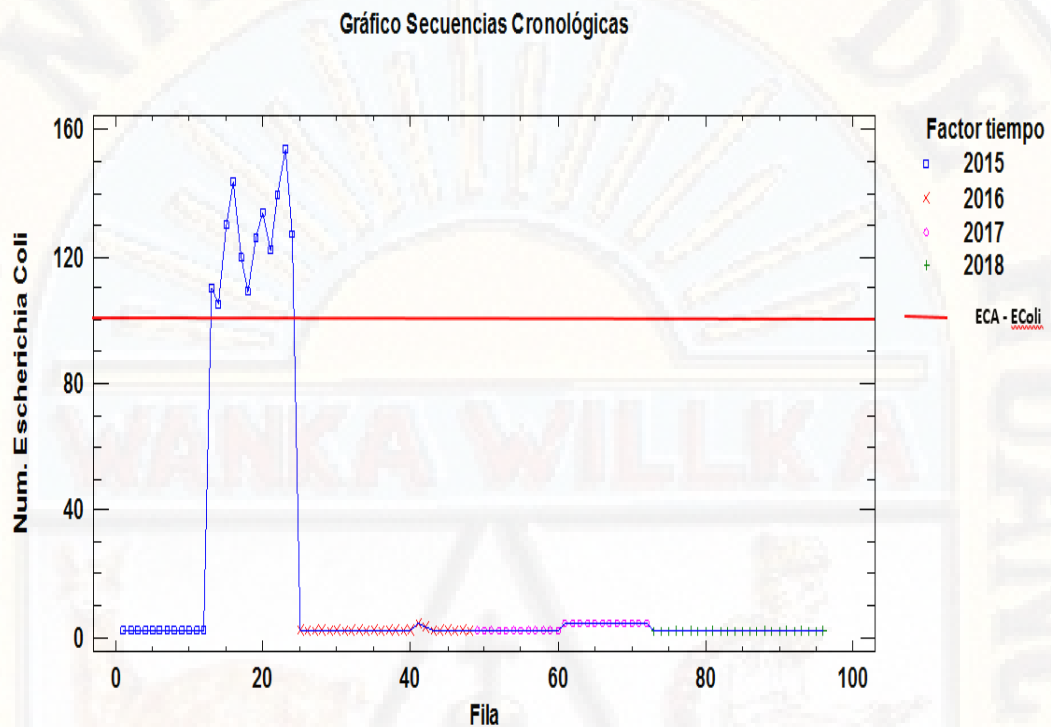


Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En el presente histograma se pudo observar que de los 96 datos de Número *Escherichia Coli* registrados durante el período 2015-2018, 84 datos se encuentran dentro de lo indicado en los ECA-agua para categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, mientras que solo 12 datos exceden lo establecido por la normativa ambiental respectiva, por ello se menciona que el río Escalera no está viéndose afectado por la presencia de Número *Escherichia Coli*, esto posiblemente a que en la zona en asentamientos urbanos que puedas verter excretas y/o similares hacia cuerpos receptores y/o similares.

Figura 49

Secuencias cronológicas respecto al número de escherichia coli durante el período 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia procesada en el Statgraphic

En este apartado se pudo observar que en el río Escalera la concentración de Número Escherichia Coli durante el período 2015-2018 ha presentado picos elevados por el año 2015, sin embargo en los años 2016 – 2018 la tendencia de los datos fue constante; el rango encontrado entre el valor máximo 154.00 NMP 100/ml y el valor mínimo de 1.8 NMP 100/ml es de 152.2, a pesar de ello aparentemente el río Escalera no estaría siendo alterado por la presencia de Número Escherichia Coli durante el período 2015 – 2018.

4.2. Prueba de Hipótesis

La prueba de hipótesis o análisis inferencial de la variable, variación del Índice de Calidad de Agua (ICA-Pe) en el río Escalera durante el período 2015 – 2018 en el distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica, se desarrolló mediante el estadístico paramétrico (ANOVA de un factor) empleando la distribución de F de Fisher, para lo cual se comparan las medias de la variable ICA - PE durante el período 2015 – 2018. Seguido a ello se aplicó una prueba Pos Hoc de Tukey con la finalidad de obtener en que año se obtuvieron mayores y menores ICA - PE en el río Escalera.

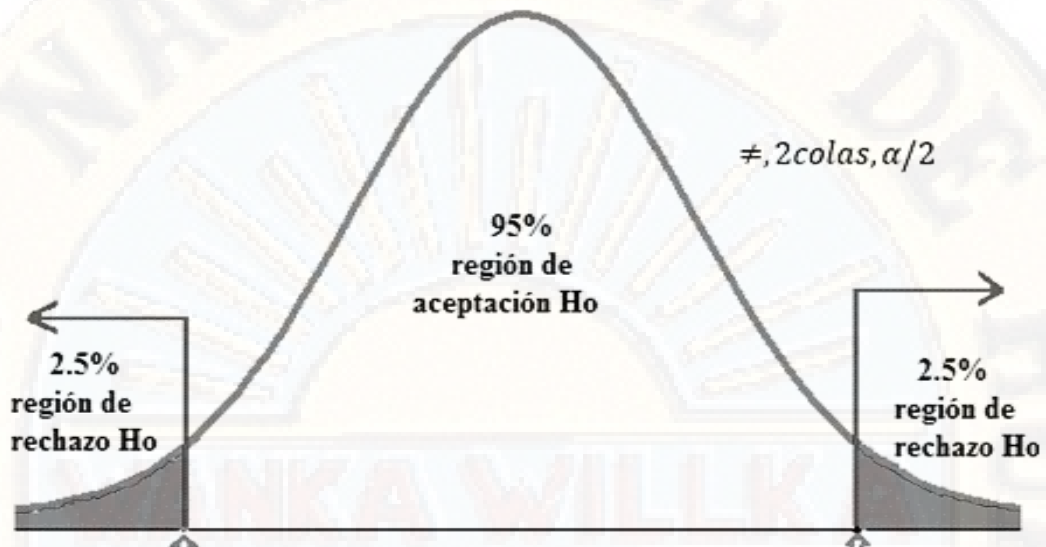
En cuanto a los problemas específicos se desarrolló el análisis inferencial o prueba de hipótesis de los parámetros físico químicos, inorgánico y microbiológicos del río Escalera en el período 2015 – 2018, en el distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica, aplicando el uso del estadístico paramétrico (T de Student para una sola muestra) para grupo de datos que cumplan normalidad y el estadístico no paramétrico (Wilcoxon) para grupos que no cumplan normalidad.

Para la contrastación de la hipótesis se determinaron a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (5%), por lo tanto, el nivel de confianza con el que se trabajo es del 95% por ciento.

De la misma forma se detalla que la prueba estadística para el objetivo general es bilateral de dos colas ya que se buscó determinar la variación de los ICA - PE y por consiguiente ello se determina solo si alguno de los datos es diferente al resto (Ver figura N°50).

Figura 50

Diagrama de prueba bilateral para la hipótesis general - ANOVA

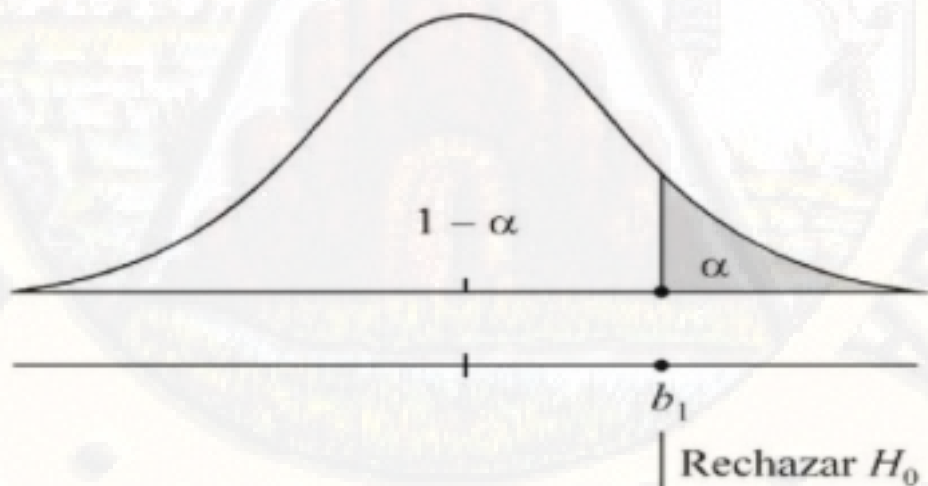


Fuente: Elaboración propia.

Mientras que para todos los objetivos específicos la campana de gauss es de una cola a la derecha (Ver Figura 51), a excepción del oxígeno disuelto.

Figura 51

Diagrama de prueba de hipótesis unilateral con cola a la derecha

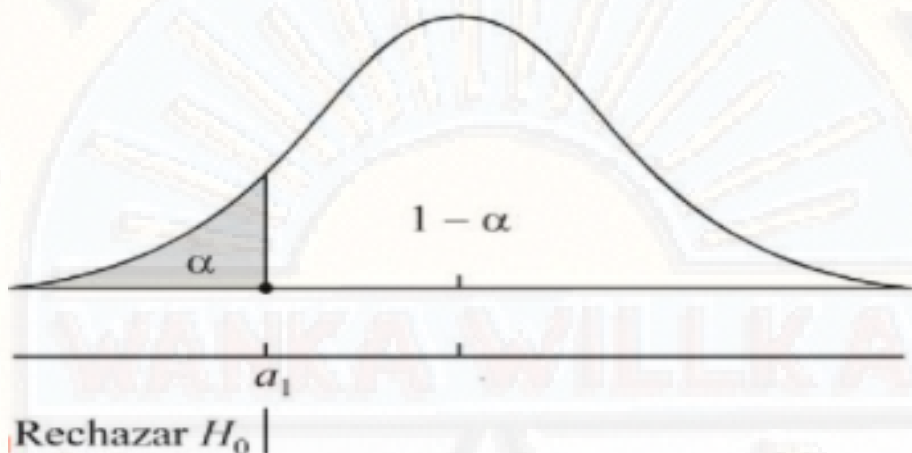


Fuente: Elaboración propia.

Mientras que para el objetivo específico de oxígeno disuelto la campana de gauss es de cola izquierda, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 52

Diagrama de prueba de hipótesis unilateral con cola a la izquierda



Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma para la prueba de hipótesis para los objetivos específicos se hizo uso de la tabla de T de Student y Wilcoxon el cual se muestra a continuación:

4.2.1. Análisis inferencial de la variación del Índice de la Calidad del Agua (ICA – Pe) en el período 2015 – 2018

Antes de emplear el estadístico se tuvo en consideración realizar la prueba de normalidad para contrastar si los datos tienen distribución normal y homogeneidad para verificar si los conjuntos de datos cumplen con dicho supuesto estadístico por lo que se pasa a detallar los supuestos estadísticos antes de aplicar el estadístico ANOVA y Poc Hoc de Tukey.

4.2.1.1. Prueba de bondad de ajuste para el contraste de distribución normal para seleccionar una prueba paramétrica o no paramétrica

➤ Prueba de normalidad

Romero (2016), menciona que para realizar la prueba de bondad de ajuste para contrastar la distribución normal, se tiene tres formas de contraste, estos son:

- ✓ **Prueba de Kolmogorov-Smirnov:** Se conoce como prueba K-S, es una prueba de significación estadística para poder verificar si los datos de la muestra provienen de una distribución normal. Esta prueba se emplea para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño muestral es mayor de 50 (Romero, 2016).
- ✓ **Prueba de Shapiro Wilk:** Cuando el tamaño muestral es igual o menor a 50 para el contraste de bondad de ajuste a una distribución normal se aplica la prueba de Shapiro-Wilks (Romero, 2016).
- ✓ **Prueba de gráficos:** Por otra parte, podemos hacer algo parecido de una manera visual, mediante la observación de gráficos, los cuales nos orientan sobre la normalidad o no de la muestra. El uso de gráficos presenta varias ventajas, como, por ejemplo, la sencillez de interpretación o la facilidad para obtener el diagrama a través de los propios paquetes estadísticos. Sin embargo, el principal inconveniente es la subjetividad de la interpretación visual, ya que, al contrario de las pruebas de significación estadística, las pruebas gráficas no incluyen ningún valor de “p” (Romero, 2016).

Romero (2016), señala que los datos cumplen una distribución normal solo si el P valor es mayor igual a 0.05 y no cumplen con una distribución normal si el P valor es menor o inferior a 0.05.

En el presente trabajo de investigación se empleó la prueba de Shapiro Wilk debido a que el tamaño muestral fue menor igual a 50. De la misma forma se empleó la prueba de gráficos mediante QQ plots.

Tabla 13

Pruebas de normalidad calculadas para el Índice de Calidad de Agua calculado durante el período 2015 - 2018

Pruebas de normalidad				
	Año	Estadístico	Shapiro-Wilk	
			Gl	p valor
Índice de Calidad de Agua de los Recurso Hídricos Superficiales del Río Escalera	2015	,924	23	,071
	2016	,919	23	,056
	2017	,927	23	,085
	2018	,933	23	,116

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En esta parte se pudo observar que la distribución del ICA – PE, registrados del año 2015 al año 2018 cumplen con normalidad según el estadístico Shapiro Wilk, en donde se obtuvieron P valores mayores a 0.05. de la misma forma podemos decir que se obtuvo una mejor distribución en el año 2018 ya que el P valor fue superior a la demás con un valor de 0.115 y en el año 2016 se obtuvo un P valor de 0.056 lo que indica que fue menor a las demás distribuciones. Pero a pesar de ello todos cumplen con una distribución normal por lo que se empleó una prueba paramétrica ANOVA con una distribución de F de Fisher.

➤ Prueba de homogeneidad

Tabla 14

Prueba de homogeneidad

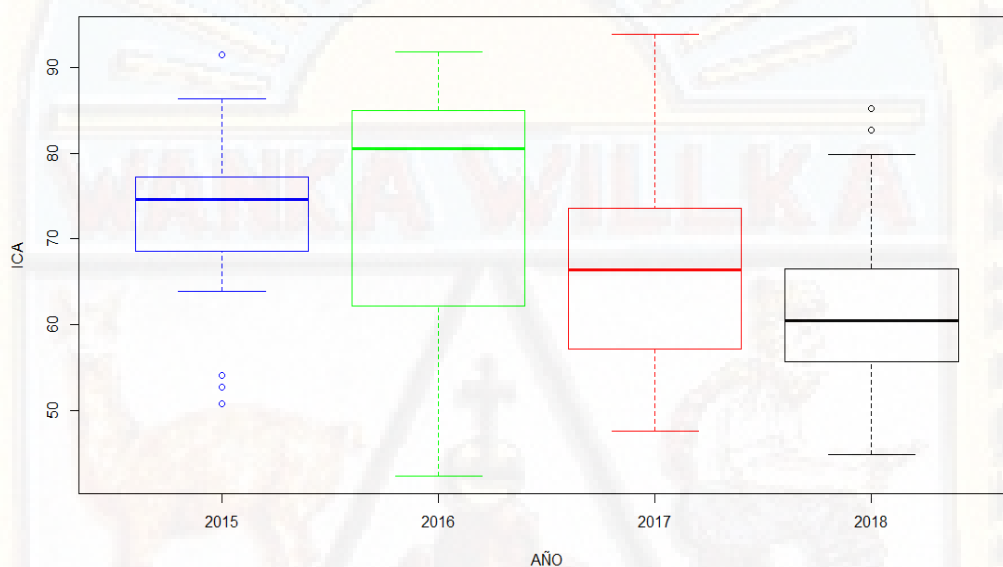
Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	P valor
Índice de Calidad de Agua de los Recurso Hídricos Superficiales del Río Escalera	Se basa en la media	2,159	3	92	,098
	Se basa en la mediana	1,429	3	92	,239
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,429	3	85,179	,240
	Se basa en la media recortada	2,123	3	92	,103

Fuente Elaboración propia procesada en el programa SPSS 25

En este apartado se pudo observar que el grupo de datos recolectados del ICA - PE durante los años 2015 al 2018 cumplen con el supuesto estadístico para la aplicación del ANOVA, ya que el P valor fue de 0.098 el cual es mayor a 0.05, lo que indica que los datos son homogéneos.

Figura 53

Representación QQ plot de caja y bigotes



Fuente: Elaboración propia procesada en “R”.

En esta grafica de QQ plot de caja y bigotes podemos observar que la distribución de los datos en los diferentes años son homogéneos, debido a que la mediana de las cuatro cajas tienden a estar en un mismo eje horizontal, de la misma forma podemos señalar que existe variación de los datos al transcurrir los años ya que en el año 2015 el ICA-PE estuvo en un intervalo de 70 a 80 mientras que en el año 2016 subió hasta un intervalo de aproximadamente 85, mientras que a partir del 2017 el ICA-PE fue bajando hasta un intervalo menor a 60. Por lo que se puede señalar que si existe variación del ICA-PE durante el período 2015 y 2018 y que dicha variación fue mayormente disminuyendo al transcurrir los años.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (Ho): No existe diferencias entre los Índices de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018

Hipótesis alterna (Ha): Existe diferencias entre los Índices de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018

➤ **Prueba “F”**

Para: $H_a: \mu_{2015} \neq \mu_{216} \neq \mu_{2017} \neq \mu_{2018}$, se tuvo en consideración lo siguiente:

- Si “P valor o Sig” es < 0.05 ; se acepta la hipótesis alterna H_a y se rechaza la hipótesis nula
- Si “P valor o Sig” es > 0.05 ; se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula

Tabla 15

Prueba paramétrica ANOVA, con la distribución de Fisher

ANOVA					
Índice de Calidad de Agua de los Recurso Hídricos Superficiales del Río Escalera					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p valor
Entre grupos	2357,675	3	785,892	5,371	,002
Dentro de grupos	13461,341	92	146,319		
Total	15819,016	95			

Fuente: Elaboración propia procesado en el programa SPSS 25

En este apartado podemos observar que mediante la prueba paramétrica de ANOVA mediante la distribución del F de Fisher se obtuvo un F de 5,371 y un P valor de 0.002 el cual es menor a 0.05, lo que indica que si existe diferencia del ICA - PE y que por lo menos algún ICA - PE es menor al resto de ICA – PE. De la

misma forma como el P valor es menor a 0.05 se empleará una prueba Post Hoc de Tukey.

➤ **Prueba Post Hoc**

Tabla 16

Prueba Post Hoc del Índice de Calidad de Agua de los recurso hídricos superficiales del río Escalera

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Índice de Calidad de Agua de los Recurso Hídricos Superficiales del Río Escalera						
HSD Tukey						
(I) Año	(J) Año	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	p valor	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
2015	2016	-,74167	3,49188	,997	-9,8786	8,3952
	2017	6,64583	3,49188	,234	-2,4911	15,7827
	2018	11,28750*	3,49188	,009	2,1506	20,4244
2016	2015	,74167	3,49188	,997	-8,3952	9,8786
	2017	7,38750	3,49188	,156	-1,7494	16,5244
	2018	12,02917*	3,49188	,005	2,8923	21,1661
2017	2015	-6,64583	3,49188	,234	-15,7827	2,4911
	2016	-7,38750	3,49188	,156	-16,5244	1,7494
	2018	4,64167	3,49188	,547	-4,4952	13,7786
2018	2015	-11,28750*	3,49188	,009	-20,4244	-2,1506
	2016	-12,02917*	3,49188	,005	-21,1661	-2,8923
	2017	-4,64167	3,49188	,547	-13,7786	4,4952

*, La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia procesada en el programa SPSS 25

En esta tabla de Tukey podemos observar que el ICA - PE mayor se obtuvo en el año 2016 lo que señala que en dicho año el río Escalera no estuvo tan afectado

como en el año 2018 ya que en el año 2018 se obtuvo un ICA - PE más bajo a diferencia del resto de años y dicha diferencia es de 12.02917 entre el 2016 y 2018.

Tabla 17

Prueba Tukey para la prueba Post Hoc del Índice de Calidad de Agua de los recurso hídricos superficiales río Escalera

Índice de Calidad de Agua de los Recurso Hídricos Superficiales del Río Escalera			
HSD Tukey			
Año	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2018	24	61,8542	
2017	24	66,4958	66,4958
2015	24		73,1417
2016	24		73,8833
p valor		,547	,156
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 24,000.			

Fuente: Elaboración propia procesada en el programa SPSS 25

En este apartado podemos observar que entre el año 2017 y 2018 no existe diferencia significativa, de la misma forma se puede observar que entre los años 2015, 2016 y 2017 no existe diferencia significativa. Pero a pesar de ello existe diferencia significativa entre el primer grupo (2017 y 2018) y segundo grupo (2015, 2016 y 2018).

➤ Decisión estadística

Se observó de acuerdo al estadístico “ANOVA” mediante la aplicación del F de Fisher procesada mediante el software estadístico SPSS v23, un “P valor menor al nivel de significancia de 0.05” lo que indica que se rechaza la hipótesis nula (H0) y acepta la hipótesis alterna (Ha) planteada por el investigador, lo que indica que; existe diferencia del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA-PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 disminuye de manera significativo. De la misma

forma mediante la prueba de Tukey se demostró que durante los años el ICA - PE del río Escalera mayormente ha ido disminuyendo.

➤ **Conclusión estadística**

Se concluye que en el año 2018 se registró el ICA - PE más bajo, por lo que durante el transcurrir de los años el ICA-PE ha estado disminuyendo.

4.2.2. Análisis inferencial de los parámetros físico – químicos en el período 2015-2018.

4.2.2.1 Análisis inferencial de cloruros en el período 2015 - 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de cloruros en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

Ho: Los datos de cloruros provienen de una distribución normal

Ha: los datos de cloruros no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la Ho y se rechaza la Ha

P valor < NS (α), entonces se rechaza la Ho y se acepta la Ha

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 18

Prueba de normalidad para el nivel de concentración de cloruros período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Cloruros - año 2015	0,79992	24	0,0002937
Concentración de Cloruros - año 2016	0,80143	24	0,0003109
Concentración de Cloruros - año 2017	0,66853	24	3,972E ⁻⁰⁶
Concentración de Cloruros - año 2018	0,72506	24	2,199E ⁻⁰⁵

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de cloruros en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0): La concentración de cloruro en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de cloruro en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 supera los ECAs para Categoría 3.

$$H_0: x \leq 500$$

$$H_a: x > 500$$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 19

Prueba estadística de wilcoxon para la concentración del parámetro cloruros período 2015 – 2018

	Estadísticos de prueba			
	Concentración de Cloruros - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua-Parámetro Cloruros	Concentración de Cloruros - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua-Parámetro Cloruros	Concentración de Cloruros - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua-Parámetro Cloruros	Concentración de Cloruros - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua-Parámetro Cloruros
Estadístico V	0	0	0	0
p valor	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de cloruros de los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.2.2 *Análisis inferencial de conductividad en el período 2015 – 2018*

➤ **Prueba de normalidad para la conductividad eléctrica en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de conductividad provienen de una distribución normal

H_a : los datos de conductividad no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor < NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 20

Prueba de normalidad para la concentración de conductividad eléctrica período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Conductividad Eléctrica (us/cm) - año 2015	0.89143	24	0.01423
Conductividad Eléctrica (us/cm) - año 2016	0.689060	24	0,000007
Conductividad Eléctrica (us/cm) - año 2017	0.7959	24	0.0002526
Conductividad Eléctrica (us/cm) - año 2018	0.85406	24	0.002602

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de conductividad eléctrica en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0): La concentración de la conductividad eléctrica en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de la conductividad eléctrica en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 supera los ECAs para Categoría 3.

$$H_0: x \leq 2500$$

$$H_a: x > 2500$$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 21

Prueba estadístico de wilcoxon para la concentración del parámetro conductividad eléctrica periodo 2015 – 2018

	Estadísticos de prueba			
	Conductividad eléctrica (us/cm) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Conductividad eléctrica (us/cm)	Conductividad eléctrica (us/cm) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Conductividad eléctrica (us/cm)	Conductividad eléctrica (us/cm) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Conductividad eléctrica (us/cm)	Conductividad eléctrica (us/cm) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Conductividad eléctrica (us/cm)
Estadístico V	0	0	1	2
p valor	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de conductividad eléctrica de los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.2.3 *Análisis inferencial de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en el período 2015 – 2018*

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de DBO_5 en el período 2015 – 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de DBO_5 provienen de una distribución normal

H_a : los datos de DBO_5 no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor < NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 22

Prueba de normalidad para la concentración de DBO_5 período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2015	0,85051	24	0,002234
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2016	0,88409	24	0,01005
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2018	0,68354	24	6,151E-06
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2017	0,68836	24	7,095E-06

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk

se concluye que no existe distribución normal entre los datos de DBO₅ en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H₀): La concentración de la DBO₅ en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de la DBO₅ en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

H₀: $x \leq 15$

H_a: $x > 15$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 23

Prueba estadística Wilcoxon para la concentración del parámetro DBO₅ período 2015 – 2018

	Estadísticos de prueba			
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - DBO ₅
Estadístico V	0	0	222	33.5
p valor	1	1	0,02053	0,9994

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

Se observa que para el año 2017, el p valor es menor que la significancia por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , concluyendo en que la concentración de DBO_5 para el año 2017 superan los ECA de agua categoría 3.

Sin embargo, para los años 2015, 2016 y 2018; el p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , en conclusión, la concentración de DBO_5 de los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.2.4 Análisis inferencial de oxígeno disuelto en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de oxígeno disuelto en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos del oxígeno disuelto provienen de una distribución normal

H_a : los datos del oxígeno disuelto no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

$P \text{ valor} > NS (\alpha)$, entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

$P \text{ valor} < NS (\alpha)$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 24

Prueba de normalidad para la concentración de oxígeno disuelto período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2015	0,95021	24	0,2738
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2016	0,96768	24	0,6102
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2017	0,93726	24	0,1417
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2018	0,89232	24	0,01485

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que en los años 2015, 2016 y 2017 el p valor es mayor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_a y se acepta la H_o , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que si existe distribución normal entre los datos de DBO_5 en los años 2015, 2016 y 2017; por el contrario en el año 2018, se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_o y se acepta la H_a , por ello se concluye que no existe distribución normal entre los datos de DBO_5 en el año 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_o): La concentración de OD en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de OD en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

$H_o: x \geq 15$

$H_a: x < 15$

Para los años 2015 al 2017 que cumplen normalidad, se tuvo en consideración la prueba de T de Student, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada líneas arriba.

➤ **Prueba “T Student”**

Tabla 25

Prueba de T para la concentración del parámetro oxígeno disuelto año 2015, 2016 y 2017

	t	gl	p valor
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2015	18,352	23	1
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2016	18,646	23	1
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2017	22,032	23	1

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de OD de los años 2015 al 2017 superan los ECA de agua categoría 3.

➤ **Prueba “W de Wilcoxon”**

Por otro lado, para el año 2018 que no cumple normalidad, se tuvo en consideración la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores.

Tabla 26

Prueba estadística de wilcoxon para la concentración del parámetro oxígeno disuelto año 2018

Estadísticos de prueba	
Oxígeno Disuelto (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Oxígeno Disuelto	
Estadístico V	196
p valor	0,9081

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de OD en el año 2018 supera los ECA de agua categoría 3.

4.2.2.5 *Análisis inferencial del potencial de hidrogeno en el período 2015 – 2018*

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de potencial de hidrogeno en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos del potencial de hidrogeno (pH) provienen de una distribución normal

H_a : los datos del potencial de hidrogeno (pH) no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor < NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 27

Prueba de normalidad para la concentración del potencial de hidrogeno período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	Gl	p valor
pH (Unidad de pH) - año 2015	0,957	24	0,3812
pH (Unidad de pH) - año 2016	0,97457	24	0,779
pH (Unidad de pH) - año 2017	0,95571	24	0,3585
pH (Unidad de pH) - año 2018	0,90322	24	0,02521

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que en los años 2015, 2016 y 2017 el p valor es mayor que la significancia por lo tanto se acepta la H_0 y se rechaza la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que si existe distribución normal entre los datos de pH en los años 2015, 2016 y 2017; por el contrario en el año 2018, se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello se concluye que no existe distribución normal entre los datos de pH en el año 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística para los años 2015 al 2017**

Hipótesis nula (H_0): La concentración de pH en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs (pH=6.5) para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de OD en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs (pH=6.5) para Categoría 3.

$H_0: x < 6,5$

$H_a: x \geq 6,5$

Para los años 2015 al 2017 que cumplen normalidad, se tuvo en consideración la prueba de T de Student, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores.

➤ **Prueba “T Student”**

Tabla 28

Prueba de T para la concentración del parámetro potencial de hidrogeno año 2015, 2016 y 2017

	Media	T	Gl	p valor
pH (Unidad de pH) - año 2015	7,06875	4,4906	23	8,285E ⁻⁰⁵
pH (Unidad de pH) - año 2016	7,148333	6,0131	23	1,966E ⁻⁰⁶
pH (Unidad de pH) - año 2017	7,091958	7,8103	23	3,229E ⁻⁰⁸

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es menor que la significancia por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , la concentración de pH de los años 2015 al 2017 superan los ECA de agua categoría 3 encontrándose dentro del rango de pH (6.5-8.5).

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística para el año 2018**

Hipótesis nula (H_0): La concentración de pH en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs (pH=8.5) para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de pH en el río Escalera, en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs (pH=8.5) para Categoría 3.

$H_0: x \leq 8.5$

$H_a: x > 8.5$

Para el año 2018 que no cumple normalidad, se tuvo en consideración la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por los investigadores.

➤ **Prueba “W de Wilcoxon”**

Tabla 29

Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración del parámetro potencial de hidrogeno año 2018

Estadísticos de prueba	
	Potencial de hidrogeno (Unidad de pH - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - pH
Estadístico V	12
p	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de pH en el año 2018 no supera los ECA de agua categoría 3, por tanto se encuentra dentro del rango para pH (6.5-8.5).

4.2.3. Análisis inferencial de los parámetros inorgánicos en el período 2015 – 2018

4.2.3.1. Análisis inferencial de aluminio (Al) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de aluminio en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos no provienen de una distribución normal.

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

$P \text{ valor} > NS (\alpha)$, entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

$P \text{ valor} < NS (\alpha)$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a .

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05

Tabla 30

Prueba de normalidad para la concentración de aluminio período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor.
Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2015	0,5675	24	2,734E-07
Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2016	0,7316	24	2,713E-05
Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2017	0,8074	24	0,0003898
Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2018	0,6558	24	2,749E-06

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R.

Conclusión Estadística:

En esta parte se pudo observar que durante el período 2015 al 2018, el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , en efecto se concluye que mediante el estadístico Shapiro Wilk no existe una distribución normal, entre los datos de aluminio en los años ya mencionados.

➤ Planteamiento de la hipótesis estadística

Hipótesis nula (H_0): La concentración de aluminio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a): La concentración de aluminio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

➤ $H_0: x \leq 5$

➤ $H_a: x > 5$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 31

Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración de aluminio período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Aluminio (mg/l) - año 2015	Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Aluminio (mg/l) - año 2015	Concentración de Aluminio (mg/l) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Aluminio (mg/l) - año 2015	Concentrac ión de Aluminio (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Aluminio (mg/l) - año 2015
Estadístico V	0	0	0	0
p valor	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de aluminio en los años 2015 – 2018 no superan los ECAs de agua categoría 3.

4.2.3.2. Análisis inferencial de arsénico (As) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de arsénico en el período 2015 – 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de arsénico provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos de arsénico no provienen de una distribución normal.

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

$P \text{ valor} > NS (\alpha)$, entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

$P \text{ valor} < NS (\alpha)$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 32

Prueba de normalidad para niveles de concentración de arsénico período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2015	0,88699	24	0, 01152
Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2016	0,66846	24	3,964E-06
Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2017	0,78529	24	0,000171
Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2018	0,81396	24	0,0005028

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R.

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de arsénico en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de arsénico en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de arsénico en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$H_0: x \leq 0,1$

$H_a: x > 0,1$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 33

Prueba estadístico de Wilcoxon para la concentración de arsénico período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Arsénico (mg/l)	Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Arsénico (mg/l)	Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Arsénico (mg/l)	Concentración de Arsénico (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Arsénico (mg/l)
Estadístico V	46,5	64	48	9
p valor	0,9956	0,9942	0,9989	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , es decir la concentración de arsénico en los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.3. Análisis inferencial de boro (B) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de boro en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de boro provienen de una distribución normal

H_a : los datos de boro no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor < NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 34

Prueba de normalidad para la concentración de boro período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Boro (mg/l) - año 2015	0,43293	24	1,337E-08
Concentración de Boro (mg/l) - año 2016	0,81819	24	0,0005933
Concentración de Boro (mg/l) - año 2017	0,748	24	4,656E-05
Concentración de Boro (mg/l) - año 2018	0,83289	24	0,001069

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R.

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de boro en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de boro en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de boro en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$H_0: x \leq 1$

$H_a: x > 1$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 35

Prueba estadística de wilcoxon para la concentración de parámetro boro período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Boro (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Boro (mg/l)	Concentración de Boro (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Boro (mg/l)	Concentración de Boro (mg/l) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Boro (mg/l)	Concentración de Boro (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Boro (mg/l)
Estadístico V	0	0	0	0
p valor	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R.

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de boro de los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.4. Análisis inferencial de cadmio (Cd) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de cadmio en el período 2015 – 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de conductividad provienen de una distribución normal

H_a : los datos de conductividad no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

$P \text{ valor} > NS (\alpha)$, entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor < NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 36

Prueba de normalidad para la concentración de cadmio período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2015	0,57262	24	3,1E-07
Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2016	0,75572	24	6,043E-05
Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2017	0,91883	24	0,06
Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2018	0,54485	24	1,583E-07

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que la distribución de la concentración de cadmio registrados durante los años 2015, 2016 y 2018, no cumplen con distribución normal ya que según el estadístico Shapiro Wilk el P valor fue menor a 0.05, por otro lado en el año 2017 la distribución de datos de cadmio indica que su P valor fue mayor a 0.05 por tanto se acepta la H_0 y se rechaza la alterna por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que para este año si hubo normalidad.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de cadmio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de cadmio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría III.

$H_0: x \geq 0,01$

$H_a: x < 0,01$

Para el año 2017 que ha cumplido normalidad, se tuvo en consideración la prueba de T de Student, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada líneas arriba.

➤ **Prueba “T Student”**

Tabla 37

Prueba de T Student para la concentración de cadmio año 2017

	t	gl	p valor
Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2017	6,352	23	0,00002064

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es menor que la significancia por ello se acepta la H_a , la concentración de cadmio en el año 2017 supera el ECA de agua categoría 3.

➤ **Prueba “W de Wilcoxon”**

Por otro lado, para los años 2015, 2016 y 2018 que no cumple normalidad, se tuvo en consideración la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada por la presente investigación.

Tabla 38

Prueba estadística de wilcoxon para la concentración de cadmio años 2015, 2016 y 2018

Estadísticos de prueba			
	Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cadmio (mg/l)	Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cadmio (mg/l)	Concentración de Cadmio (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cadmio (mg/l)
Estadístico V	55	218	294
p valor	0,00241	0,02689	1.583E-07

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es menor que la significancia por ello se acepta la H_a , la concentración de cadmio de los años 2015, 2016 y 2018 superan los ECA de agua categoría 3.

Se concluye que la concentración de cadmio en el río Escalera, en los años 2015, 2016, 2017 y 2018, superan los estándares de calidad ambiental aprobador por el DS N° 004-2017-MINAM, con un 95% de confianza.

4.2.3.5. *Análisis inferencial de cobre (Cu) en el período 2015 – 2018*

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de cobre en el período 2015 – 2018.**

Planteamiento de Hipótesis:

H_o : Los datos de cobre provienen de una distribución normal

H_a : Los datos de cobre no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor $>$ NS (α), entonces se acepta la H_o y se rechaza la H_a

P valor $<$ NS (α), entonces se rechaza la H_o y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 39

Prueba de normalidad para la concentración de cobre período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Cobre (mg/l) - año 2015	0,5513	24	1,847E-07
Concentración de Cobre (mg/l) - año 2016	0,76069	24	7,163E-05
Concentración de Cobre (mg/l) - año 2017	0,74387	24	4,059E-05
Concentración de Cobre (mg/l) - año 2018	0,65673	24	2,84E-06

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de cobre en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de cobre en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de cobre en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$$H_0: x \leq 0,2$$

$$H_a: x > 0,2$$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 40

Prueba estadística de wilcoxon para la concentración del parámetro cobre período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Cobre (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cobre (mg/l)	Concentración de Cobre (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cobre (mg/l)	Concentración de Cobre (mg/l) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cobre (mg/l)	Concentración de Cobre (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Cobre (mg/l)
Estadístico V	24	27	26	2,486
p valor	0,9999	0,9999	0,9999	0,013

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

Para los años 2015, 2016 y 2017, el p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , la concentración de cobre en los años 2015, 2016 y 2017 no superan los ECA de agua categoría 3.

Sin embargo, se observa que para el año 2018, el p valor es menor que la significancia por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a ; siendo así que la concentración de cobre en el año 2018 supera los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.6. *Análisis inferencial de hierro (Fe) en el período 2015 – 2018*

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de hierro en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de hierro provienen de una distribución normal

H_a : los datos de hierro no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor $>$ NS (α), entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor $<$ NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 41

Prueba de normalidad para la concentración de hierro período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico	gl	p valor.
Concentración de Hierro (mg/l) - año 2015	0,48942	24	4,457E-08
Concentración de Hierro (mg/l) - año 2016	0,57888	24	3,621E-07
Concentración de Hierro (mg/l) - año 2017	0,63816	24	1,697E-06
Concentración de Hierro (mg/l) - año 2018	0,58265	24	3,978E-07

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de hierro en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de hierro en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de hierro en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$$H_0: x \leq 5$$

$$H_a: x > 5$$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 42

Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración del parámetro hierro período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Hierro (mg/l) - año 2015 - Estándares de calidad Ambiental para Agua - Hierro (mg/l)	Concentración de Hierro (mg/l) - año 2016 - Estándares de calidad Ambiental para Agua - Hierro (mg/l)	Concentración de Hierro (mg/l) - año 2017 - Estándares de calidad Ambiental para Agua - Hierro (mg/l)	Concentración de Hierro (mg/l) - año 2018 - Estándares de calidad Ambiental para Agua - Hierro (mg/l)
Estadístico V	288	179	259	105
p valor	4,172E-06	0,2112	0,0005463	0,040

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

Se observa que para el año 2016, el p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 y se rechaza la H_a , es decir la concentración de hierro en el año 2016 no superan los ECA de agua categoría 3.

Por otra parte, se observa que para el año 2015, 2017 y 2018, el p valor es menor que la significancia por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , es decir la concentración de hierro en los años 2015, 2017 y 2018 superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.7. Análisis inferencial de manganeso (Mn) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de manganeso en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de manganeso provienen de una distribución normal

H_a : Los datos de manganeso no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

$P \text{ valor} > NS (\alpha)$, entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

$P \text{ valor} < NS (\alpha)$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 43*Prueba de normalidad para la concentración de manganeso período 2015 – 2018*

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2015	0,525	24	9,951E-08
Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2016	0,64475	24	2,033E-06
Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2017	0,84812	24	0,002018
Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2018	0,82326	24	0,0007252

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de manganeso en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de manganeso en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de manganeso en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$H_0: x \leq 0,2$

$H_a: x > 0,2$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 44

Prueba estadístico de wilcoxon para concentración de manganeso período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Manganeso (mg/l)	Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Manganeso (mg/l)	Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Manganeso (mg/l)	Concentración de Manganeso (mg/l) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Manganeso (mg/l)
Estadístico V	300	300	300	300
p valor	9,476E-06	5,96E-08	5,96E-08	5,96E-08

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es menor que la significancia por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , en conclusión la concentración de manganeso en los años 2015 al 2018 superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.8. Análisis inferencial de mercurio (Hg) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de mercurio en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de mercurio provienen de una distribución normal

H_a : Los datos de mercurio no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la Ho y se rechaza la Ha

P valor < NS (α), entonces se rechaza la Ho y se acepta la Ha

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 45

Prueba de normalidad para niveles de concentración de mercurio período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p valor
Concentración de Mercurio (Hg) - año 2015	0,336	24	4,23E-06
Concentración de Mercurio (Hg) - año 2016	0,67079	24	4,239E-06
Concentración de Mercurio (Hg) - año 2017	0,38261	24	4,88E-09
Concentración de Mercurio (Hg) - año 2018	0,59795	24	5,861E-07

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la Ho y se acepta la Ha, por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de mercurio en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (Ho):

La concentración de mercurio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (Ha):

La concentración de mercurio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría III.

Ho: $x \leq 0,001$

Ha: $x > 0,001$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 46

*Prueba estadística de Wilcoxon para niveles de concentración de mercurio
período 2015 – 2018*

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Mercurio (Hg) - año 2015 - Estándares de calidad ambiental para agua - Mercurio (Hg)	Concentración de Mercurio (Hg) - año 2016 - Estándares de calidad ambiental para agua - Mercurio (Hg)	Concentración de Mercurio (Hg) - año 2017 - Estándares de calidad ambiental para agua - Mercurio (Hg)	Concentración de Mercurio (Hg) - año 2018 - Estándares de calidad ambiental para agua - Mercurio (Hg)
Estadístico V	0	0	0	0
p valor	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el programa SPSS 25

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 y se rechaza la H_a , por lo tanto se concluye en que la concentración de mercurio durante los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.9. Análisis inferencial de plomo (Pb) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de plomo en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de plomo provienen de una distribución normal

H_a : los datos de plomo no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

$P \text{ valor} > NS (\alpha)$, entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

$P \text{ valor} < NS (\alpha)$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 47

Prueba de normalidad para niveles de concentración de plomo período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Plomo (Pb) - año 2015	0,84832	24	0,002035
Concentración de Plomo (Pb) - año 2016	0,81082	24	0,0004451
Concentración de Plomo (Pb) - año 2017	0,88031	24	0,008432
Concentración de Plomo (Pb) - año 2018	0,68337	24	6,12E-06

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de plomo en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de plomo en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de plomo en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$H_0: x \leq 0.05$

$H_a: x > 0.05$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 48

Prueba estadístico Wilcoxon para niveles de concentración del parámetro plomo período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de Plomo (Pb) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Plomo (Pb)	Concentración de Plomo (Pb) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Plomo (Pb)	Concentración de Plomo (Pb) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Plomo (Pb)	Concentración de Plomo (Pb) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para agua - Plomo (Pb)
Estadístico V	266	193	284	166
p valor	5, 234E-05	0,1146	1,007E-05	0,001

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

Se observa que para el año 2016, el p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 y se rechaza la H_a , concluyendo en que las concentraciones de plomo en el año 2016 no superan los ECA de agua categoría 3.

Sin embargo, se concluye para los años 2015, 2017 y 2018 el p valor es menor que la significancia, por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , es decir las concentraciones de plomo para los años 2015, 2017 y 2018 superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.3.10. Análisis inferencial de zinc (Zn) en el período 2015 – 2018

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de zinc en el período 2015 – 2018.**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de zinc provienen de una distribución normal

H_a : los datos de zinc no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la Ho y se rechaza la Ha

P valor < NS (α), entonces se rechaza la Ho y se acepta la Ha

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05

Tabla 49

Prueba de normalidad para la concentración de zinc período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de zinc (Zn) - año 2015	0,59134	24	4,952E-07
Concentración de zinc (Zn) - año 2016	0,70872	24	1,316E-05
Concentración de zinc (Zn) - año 2017	0,75846	24	6,637E-05
Concentración de zinc (Zn) - año 2018	0,82402	24	0,0007474

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la Ho y se acepta la Ha, por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de zinc en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (Ho):

La concentración de zinc en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría 3.

Hipótesis alterna (Ha):

La concentración de zinc en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

Ho: $x \leq 2$

Ha: $x > 2$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 50

Prueba estadístico de Wilcoxon para niveles de concentración del parámetro zinc período 2015 – 2018

Estadísticos de prueba				
	Concentración de zinc (Zn) - año 2015 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Zinc (Zn)	Concentración de zinc (Zn) - año 2016 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Zinc (Zn)	Concentración de zinc (Zn) - año 2017 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Zinc (Zn)	Concentración de zinc (Zn) - año 2018 - Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Zinc (Zn)
Estadístico V	197	260	276	297
p valor	0,09196	0,0004813	1,444E-05	2,98E-07

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

Se observa que para el año 2015, el p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 y se rechaza la H_a , por ello se concluye en que la concentración de zinc del año 2015 no superan los ECA de agua categoría 3.

Sin embargo, para los años 2016, 2017 y 2018; el p valor es menor que la significancia por ello se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello se concluye en que la concentración de zinc para los años 2016, 2017 y 2018 superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.4. Análisis inferencial de los parámetros microbiológicos en el período 2015 – 2018

4.2.4.1. Análisis inferencial de coliformes termotolerantes en el período 2015 – 2018

➤ Prueba de normalidad para niveles de concentración de coliformes termotolerantes en el período 2015 – 2018

Planteamiento de Hipótesis:

Ho: Los datos de coliformes termotolerantes provienen de una distribución normal

Ha: los datos de coliformes termotolerantes no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la Ho y se rechaza la Ha

P valor < NS (α), entonces se rechaza la Ho y se acepta la Ha

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 51

Prueba de normalidad para niveles de concentración de coliformes termotolerantes período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk normality test		
	Estadístico W	gl	p valor
Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2015	0,72716	24	2,353E-05
Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2016	0,89901	24	0,02051
Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2017	0,77183	24	0,0001056
Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2018	.	24	.000.

Fuente: Elaboración propia procesada en el software

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de Coliformes Termotolerantes en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de coliformes termotolerantes en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de coliformes termotolerantes en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$H_0: x \leq 1000$

$H_a: x > 1000$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 52

Prueba estadística de Wilcoxon para la concentración del parámetro coliformes termotolerantes período 2015 – 2018

	Estadísticos de prueba			
	Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2015 - Estándares de calidad ambiental para agua - Coliformes Termotolerantes	Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2016 - Estándares de calidad ambiental para agua - Coliformes Termotolerantes	Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2017 - Estándares de calidad ambiental para agua - Coliformes Termotolerantes	Concentración de Coliformes Termotolerantes - año 2018 - Estándares de calidad ambiental para agua - Coliformes Termotolerantes
Estadístico V	0	0	0	0
p valor	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

Se observa que el p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , por tanto se concluye en que la concentración de coliformes termotolerantes en los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.2.4.2. *Análisis inferencial de numero de escherichia coli en el período 2015 – 2018*

➤ **Prueba de normalidad para niveles de concentración de numero de escherichia coli en el período 2015 - 2018**

Planteamiento de Hipótesis:

H_0 : Los datos de escherichia coli provienen de una distribución normal

H_a : los datos de escherichia coli no provienen de una distribución normal

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se calcula el P valor.

Si:

P valor > NS (α), entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

P valor < NS (α), entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a

Nivel de significancia: 95% o α igual a 0,05.

Tabla 53

Prueba de normalidad para niveles de concentración de numero de escherichia coli período 2015 – 2018

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico W	gl	P valor
Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2015	0,73163	24	2,718E-05
Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2016	0,45126	24	1,959E-08
Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2017	0,64645	24	2,131E-06
Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2018	.	24	,000.

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

Conclusión: Se observa que el p valor es menor que la significancia por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , por ello según el estadístico Shapiro Wilk se concluye que no existe distribución normal entre los datos de Escherichia Coli en los años 2015, 2016, 2017 y 2018.

➤ **Planteamiento de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0):

La concentración de número de escherichia coli en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, no supera los ECAs para Categoría III.

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de número de escherichia coli en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, supera los ECAs para Categoría 3.

$H_0: x \leq 1000$

$H_a: x > 1000$

➤ **Prueba “W”**

Tabla 54

Prueba estadística de Wilcoxon para niveles de concentración de número de escherichia coli período 2015 – 2018

	Estadísticos de prueba ^a			
	Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2015 - Estándares de calidad ambiental para agua - Núm. Escherichia Coli	Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2016 - Estándares de calidad ambiental para agua - Núm. Escherichia Coli	Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2017 - Estándares de calidad ambiental para agua - Núm. Escherichia Coli	Concentración de Núm. Escherichia Coli - año 2018 - Estándares de calidad ambiental para agua - Núm. Escherichia Coli
Estadístico V	78	0	0	0
p valor	0,9822	1	1	1

Fuente Elaboración propia procesada en el software R

➤ **Conclusión estadística**

El p valor es mayor que la significancia por ello se acepta la H_0 , concluyendo en que la concentración de escherichia coli de los años 2015 al 2018 no superan los ECA de agua categoría 3.

4.3. Discusión de resultados

A continuación, se ha desarrollado la discusión de los resultados obtenidos por la presente investigación, con el fin de validar los resultados mediante el contraste con investigaciones similares.

Finalmente, las discusiones se llevaron a cabo por objetivo general y objetivos específicos de la investigación.

- ✓ Con respecto al objetivo general: Evaluar la variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, se contrasta que en el trabajo de investigación desarrollado por Carrillo y Urgiles (2016), determinaron la variación del ICA a partir del análisis de 9 parámetros establecidos por el método NSF durante el mes de mayo hasta el mes de noviembre del mismo año en el río Mazar y Pindiling, en donde encontraron variación significativa; dicha variación tiende a disminuir de (buena calidad) a (mediana calidad) y señalan que ello se debe a los altos valores de turbidez, fosfatos y coliformes fecales presentes en el río Mazar y Pindiling. De la misma forma Yáñez (2018), en su proyecto “Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del lago San Pablo, Provincia de Imbabura” obtuvieron que el río Itambi presenta un índice de calidad de agua bajo, con un valor igual a 46,56, el cual se representa con el color anaranjado con rango (26-50) ello según indica los rangos de calidad impuestos por la NSF. Asimismo Guzmán, et al. (2011), señala que, en general, la calidad del agua del río San Pedro a lo largo del estado de Aguascalientes fue variante decayendo seriamente en un ICA deteriorado según el IGCA, por lo que mostró que casi siempre está alejada de los niveles adecuados para uso agrícola. De la misma forma Chávez (2015), en su investigación “Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazonen en Coatzintla” obtuvo que los valores de los parámetros medidos reflejaron un índice de calidad del agua de 63.94 unidades, lo cual, de

acuerdo con el índice de Brown-NSF indica Calidad Media; asimismo, se mostraron diferencias significativas tanto en épocas climatológicas como entre las estaciones muestreadas, obteniendo índices más altos en la época de nortes, seguido de la época de secas y por último la época de lluvias. Por lo que dichos resultados coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación ya que existió variación significativa del ICA – Pe, en río Escalera, el cual fue variando de (buena calidad) a (calidad regular) durante el período 2015-2018, esto debido a que al transcurrir los años se encontraron mayores concentraciones de cadmio, manganeso, hierro, plomo y algunos otros parámetros físico químicos, inorgánicos y microbiológicos. A tal efecto los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con las investigaciones de los autores mencionados en el presente párrafo, llegando a la conclusión de que existe variación significativa del Índice de Calidad de agua – según la metodología ICA-Pe durante el período 2015-2018, donde dicha variación fue disminuyendo a través de los años

- ✓ Con respecto al primer objetivo específico: Analizar la concentración de los parámetros físicos-químicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el Distrito de Huachocolpa, Provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, se contrasta que en el trabajo de investigación realizado por Minaya (2017), con respecto al oxígeno disuelto obtuvieron valores de 4.3 mg/L y 4.7 mg/L, por lo que no cumplen los estándares de calidad ambiental y en cuanto a las concentraciones de DBO₅, pH, conductividad eléctrica menciono que se encuentran dentro de los ECAS para categoría 3; asimismo Teves (2016), encontró que las concentraciones de cloruro en la segunda campaña de muestreo están cerca de 70 mg/L y son mayores que en la primera campaña, con valores de 46 mg/L, dichos valores se mantienen en el trascurso del río Cakra y en relación a los ECAs para categoría 3 no superan los estándares de calidad ambiental. A tal efecto dichos resultados coinciden con los resultados obtenidos en esta

investigación ya que los ninguno de los datos registrados para cloruros superaron los ECA-agua para categoría 3 durante los años 2015-2018 y con respecto a los demás parámetros fisicoquímicos se tuvo que de los 96 datos registrados la mayoría de datos no superan los ECA-agua para categoría 3 por lo que para la conductividad eléctrica solo se registraron dos concentraciones de 2630us/cm y 2960us/cm que superan los ECA-agua, pero la mayoría de datos no superan dicha normativa. En cuanto a las concentraciones de DBO₅ y oxígeno disuelto se obtuvieron 16 datos 9 concentraciones de DBO₅ y oxígeno disuelto respectivamente que superan dicha normativa.

- ✓ Con respecto al segundo objetivo específico: Analizar la concentración de los parámetros inorgánicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el Distrito de Huachocolpa, Provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, en el trabajo de investigación realizado por Flores (2016), identificó que el plomo fue el único metal que supero los ECA-agua para categoría 3 y el resto de parámetros evaluados como manganeso, Zinc, mercurio, cadmio, hierro, arsénico y aluminio no superaron los ECA-agua, por lo que no pudieron concluir que la presencia de metales pesados en las aguas del río Grande y sus tributarios esté directamente relacionados con la actividad minera. A diferencia de ello, es que en este trabajo de investigación se obtuvieron en su mayoría parámetros inorgánicos que superan dicha normativa, ya que de los 96 datos registrados se determinó lo siguiente; boro y mercurio las concentraciones estás dentro rango establecido en los ECA, aluminio solo un dato supera los ECA el cual fue de 5.981 mg/L que fue registrado en el año 2016, arsénico 19 datos superan los ECA teniendo como dato máximo 0.38758 mg/L, Cadmio 70 datos superan los ECA con un dato máximo de 0.989 mg/L, para cobre 28 datos superaron los ECA teniendo como dato máximo 1.176 mg/L, hierro 65 datos, manganeso 96 datos , plomo 69 datos y zinc 76 datos superan los ECA-agua para

categoría 3. En efecto se ve que en cuanto a los parámetros inorgánicos la mayoría superan los ECA-agua

- ✓ Con respecto al tercer objetivo específico: Analizar la concentración de los parámetros microbiológicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el Distrito de Huachocolpa, Provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018, según el trabajo de investigación realizado por Minaya (2017), obtuvo que los parámetros microbiológicos no superan los estándares de calidad ambiental el cual coincide con los datos registrados en este trabajo de investigación, de los 96 datos registrados durante el año 2015-2018, en caso de la presencia de coliformes termotolerantes ningún dato supera dicha normativa y en cuanto a la presencia de números de escherichia coli tan solo 12 datos superan los ECA-agua para categoría 3 el cual fue registrado en el año 2015. Se observa en los resultados que la mayoría de parámetros microbiológicos no superan los estándares de calidad ambiental de agua para categoría 3. A diferencia que Romeu et al. (2012), en su artículo científico “Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba Microbiological water quality of Luyano river, Havana, Cuba” obtuvo que las concentraciones de E.coli y coliformes termotolerantes oscilaron entre 1,1.10⁴ - 2,9.10⁵ y 1,2.10⁵ - 5,7.10⁶ unidades formadoras de colonias/100 ml, respectivamente, superiores al límite máximo permisible establecido (NC 22). Se encontró que existe una tendencia a la linealidad entre las concentraciones de estos indicadores y el valor medio de relación E.coli/coliformes termotolerantes fue de 0,9. Se concluyó que la calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó es inadecuada para la realización de actividades recreativas y el riego agrícola. Por lo que no coinciden con los resultados de la investigación planteada esto debido a que en la investigación de Romeu hubo influencia de la actividad urbana a diferencia que el río escalera está influenciada por la actividad minera más no urbana.

Conclusiones

Culminando con el presente trabajo de investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Existe variación significativa del Índice de Calidad de agua – según la metodología ICA-PE durante el período 2015-2018, dicha variación tiende a disminuir de buena calidad a una calidad regular, específicamente en los últimos 3 años la calidad del agua fue deteriorándose, posiblemente originada por los pasivos mineros y la actividad minera que hasta la fecha se viene desarrollando.
- De los parámetros fisicoquímicos analizados en el río Escalera durante los años 2015-2018, se obtuvo que la conductividad eléctrica superan los ECA-agua categoría 3 - D1 (Riego de vegetales) en dos concentraciones con 2630us/cm y 2960us/cm siendo el límite de 2500 us/cm, asimismo en cuanto al de DBO₅ se tuvo 16 datos que superan los ECA y 9 datos de oxígeno disuelto que superan dicha normativa.
- Los parámetros inorgánicos analizados en el río Escalera durante los años 2015-2018, en su mayoría superan los estándares de calidad ambiental de agua para categoría 3, de los cuales, el aluminio solo un dato supera los ECA, 19 datos en arsénico, 70 datos en Cadmio, cobre 28 datos, hierro 65 datos, manganeso 96 datos, en el caso del plomo 69 datos y finalmente para zinc 76 datos superan los ECA. Indefectiblemente la mayoría de los datos registrados para cada parámetro inorgánico superan los ECA-agua para categoría 3.
- Los parámetros microbiológicos analizados en el río Escalera durante los años 2015-2018, en su mayoría no superan los estándares de calidad ambiental de agua para categoría 3, excepto para la presencia de números de escherichiacoli donde 12 datos correspondientes al año 2015 superan los ECA-agua para categoría 3.

Recomendación

- ✓ Al ente máximo de fiscalización ambiental (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA) y las entidades fiscalizadoras ambientales – EFA (como el caso de la Administración Local del Agua Huancavelica), se recomienda hacer un seguimiento exhaustivo con respecto a la calidad de las aguas del río Escalera, tomando mayor énfasis a los parámetros que superaron los estándares de calidad ambiental y tomar medidas drásticas que prevengan el deterioro de dicho recurso y de la misma forma realizar trabajos de respecto a la calidad de las aguas de los afluentes y efluente del río Escalera, con el fin de determinar las fuentes puntuales de contaminación con mayor exactitud.
- ✓ Se recomienda fortalecer las investigaciones detalladas, especialmente en estudios relacionados a arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc con la finalidad de biorremediarlas ya que dichos parámetros inorgánicos persisten superan los estándares de calidad ambiental de agua para categoría 3.
- ✓ Con respecto a los parámetros físico químicos, inorgánicos y microbiológicos, se recomienda a la Administración Local del Agua Huancavelica y otros entes, continuar monitoreando dichos parámetros con el fin de ver el comportamiento de las concentraciones durante el tiempo.

Referencias bibliográficas

- Ajcabul, A. (2016). *Análisis comparativo entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de calidad del agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la quebrada, El Frutal*. Guatemala.
- Andina Agencia Peruana de Noticias. (07 de Mayo de 2018). Huancavelica: ordenan a minera tomar medidas para evitar afectación del agua. Lima, Perú. Obtenido de <https://andina.pe/Agencia/noticia-huancavelica-ordenan-a-minera-tomar-medidas-para-evitar-afectacion-del-agua-709227.aspx>
- Argandoña, L., & Macias, R. (2013). *Determinación de Sólidos Totales Suspendidos, sedimentados y volátiles en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colon, Canton Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a setiembre 2013*. Portoviejo Manabí Ecuador.
- Asociación Española de Aluminio. (2008). *Compuestos de aluminio en tratammiento de aguas*. Madrid.
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Plan Nacional de Recursos Hidricos del Perú*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos*. Lima.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del Índice de calidad de agua ICA - PE, aplicando a los cuerpos de agua continentales superficiales*. Lima.
- Balmaseda, C., & Garcia, Y. (2014). *Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba*. Cuba.
- Bermeo, M. (2016). *Tratamiento de Aguas Residuales Técnicas convencionales*. ISBN.
- Bernal, C. (2006). *Tecnicas e instrumentos*. Mexico: Pearson.
- Borja, M. (2012). *Metodologia de la investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Caho, C., & López, E. (2017). *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Producción Limpia*.
- Calla, H. (2010). *Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras*. Lima.

- Carrillo, M., & Urgiles, P. (2016). *Determinación del Índice de calidad de agua ICA - NSF de los ríos Mazar y Pindilig*. Cuenca Ecuador.
- Castillo, Z., & Medina, V. (2014). *Evaluación espacio temporal de la Calidad del Agua del río Rimac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo*. Lima.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS. (2006). *Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento utilizadas en el ámbito rural del Perú*. Lima.
- Chavez Martinez, L. N. (2015). *Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazonen en Coatzintla*. Tuxpan: Universidad Veracruzana.
- Corzo, A. (2015). *Impactos de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchur, Lima*. Lima.
- Departamento de Salud y servicios Humanos de los EE.UU. (2004). *Amoníaco*. EE.UU.
- Díaz, M. (2015). *Análisis de la calidad de agua en la cuenca media del río Motagua, 2002-2013*. Guatemala.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2004). *Parámetros Organolépticos*. Lima.
- El Comercio. (2010). *Desborde de relave minero en Huancavelica contaminó 3 ríos*. Lima.
- Fernández, M. (2007). Fósforo, amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de azúcar*.
- Flores, H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera*. Cajamarca.
- Fuente, A. (2012). *El agua en el Universo*. Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento.
- García, W. (2010). *Acciones adoptadas, ante la emergencia ambiental, como consecuencia del derrame de relave minero en el río Opamayo - Huancavelica*. Lima.
- Gordillo, A., Cabrera, R., Hernández, M., Galindo, E., Otazo, E., & Prieto, F. (2010). *Evaluación Regional del impacto antropogénico sobre aire, agua y suelo, caso: Huasteca Hidalguense, México*. *Rev. Int. Contam. Ambie.*
- Guzmán, G., Thalasso, F., Ramírez, E., Rodríguez, S., Guerrero, A., & Avelar, F. (2011). *Evaluación Espacio - Temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de Aguascalientes, México*. 90.

- Hernandez, F., Nolasco, E., & Salguero, M. (2016). *Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río Suquiapa, Santa Ana, El Salvador*. San Salvador.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México.
- Jiménez, B., & Galizia, J. (2012). *Diagnóstico del Agua en las Américas*. México.
- Kieffer, L., De la Sierra, P., Vivol, E., Sánchez, E., Prósper, C., Gieco, C., . . . Guerra, E. (2015). *Índices de Calidad del Agua del Arroyo Ensenada*. Córdoba.
- Laura, J. (2019). *Gestión de la calidad del agua del río Chili mediante el empleo de índices físico químico de calidad ambiental, Arequipa*. Arequipa.
- León, L. (2009). *Índices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala*.
- Luna, K. (2019). *Determinación del índice de calidad de agua del río asana de la cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua*. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Medina, M., & Andrade, M. (2009). *Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación*. Loja.
- Meza, V. (2016). *Calidad del Recurso Hídrico de la Subcuenca del río Lampa - Huancayo*. Huancayo.
- Minaya, R. (2017). *Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vacante, Iquitos, Perú, 2016*. Iquitos.
- Miranda, U., & Acosta, Z. (2008). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*. Ica.
- Mosquera, L. (2016). *Evaluación exploratoria de la calidad del agua del río San Juan en el municipio de Tado, Choco, por el impacto que causan los vertimientos mineros*. Manizales.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Lima.
- Organización de las Naciones Unidas. (2003). *Agua para todos Agua para la vida - Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2006). *El Agua una responsabilidad compartida 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*.

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Temas de Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/topics/water/es/>

Ortiz, C. (8 de Julio de 2010). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/fuentes-primarias-y-secundarias.html>

Pari, J. (2017). *Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016*. Puno.

Perdomo, C., Barbazan, M., & Duran, J. (2015). *Nitrógeno*. Montevideo Uruguay.

Pérez, N. (2017). *Simulación matemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos*. Arequipa.

Perez, O., & Yparraguirre, J. (2013). *El Distrito Polimetálico de Huachocolpa (Huancavelica, Perú)*. Lima: Acopios.

Pinto, H. (23 de Octubre de 2010). Desastre ecológico y ambiental en Huancavelica. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos, XIV(25)*, 18. Recuperado el Enero de 2020

Piqueras, V. (2015). *Calidad físico-química del agua en los manantiales de los términos municipales De Benafer, Caudiel y Viver (Castellón)*. Tesis, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Quecaño, N. (2018). *Determinación de metales tóxicos en el río Crucero - Puno*. Tesis, Universidad Nacional del Antiplano, Puno.

Quinto, I., & Quintanilla, J. (2013). Índice de Calidad del agua en la cuenca del lago Poopó - Uru Uru aplicando herramientas SIG. *Revista Boliviana de Química*.

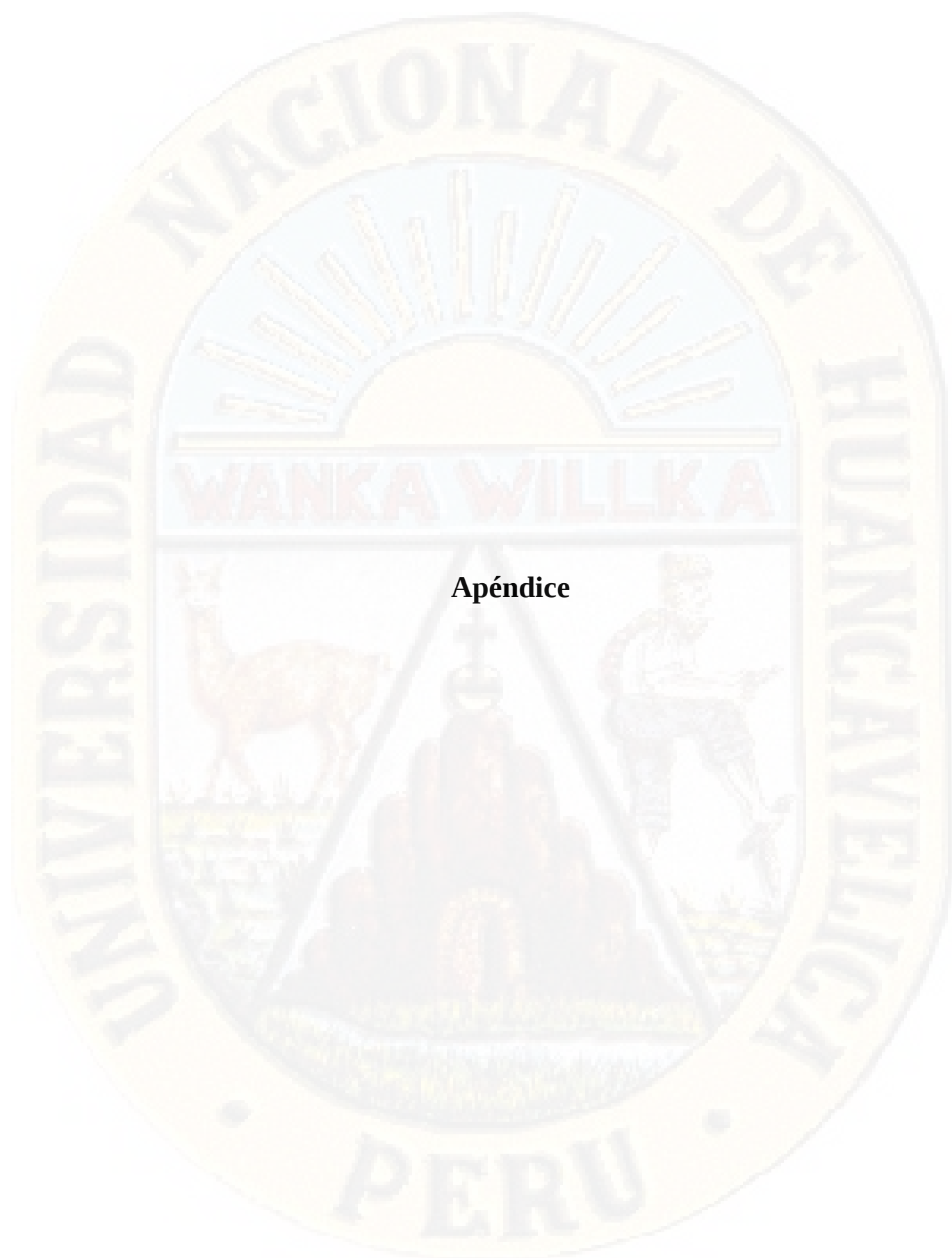
Quispe, J. (2016). *Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de Cota Cota*. La Paz .

Ramírez, H. (2014). *Determinación de los niveles de contaminación del agua por la disposición final de residuos sólidos generados en la ciudad de Moyobamba - 2014*. Moyobamba - San Martín.

Robledo, C. (2016). *Recolección de datos*. Obtenido de <https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/fichas-de-trabajo.pdf>

Rojas, L., Macías, N., & Frías, D. (2009). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.

- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Enfermería de trabajo*, 36.
- Romeu Alvarez, B., Larrea Murrell, J., Lugo Moya, D., Rojas Hernandez, N., & Heydrich Perez, M. (2012). Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba. *Microbiological water quality of Luyano river, Havana, Cuba. Ciencias biológicas*.
- Salva, M. (2007). *Evaluación Ambiental de Aguas Superficiales y sedimentos en la cuenca del río Tablachaca*. Lima.
- Silva, M. (2018). *Evaluación del grado de afectación de la calidad del agua del río Tumbes y propuesta de recuperación sector Peruano – año 2011 al 2014*. Tesis Magistral, Universidad Nacional de Tumbes, Escuela de Postgrado, Tumbes.
- Teves, B. (2016). *Estudio Físicoquímico de la Calidad del Agua del río Cakra, región Lima*. San Miguel.
- Torres, P., Hernan, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano, una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*.
- Trujillo, L. (2018). *Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista - Huancavelica*. Arequipa.
- Universidad de Pamplona. (2010). *Índices de Calidad (ICAs) y de Contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*. España.
- Valcarcel, L., Alberro, N., & Frías, D. (2009). *El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos*. La Habana.
- Velázquez, M., Pimentel, J., & Ortega, M. (2011). *Estudio de la distribución de boro en fuente de agua de la cuenca del río Duero, Mexico, utilizando análisis estadístico multivariado*. Mexico.
- Yáñez, S. (2018). *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluentes del lago San Pablo, provincia de Imbabura (año 2017)*. Quito.



Apéndice

Apéndice N° 1: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2015 – punto REsca1

PUNTOS DE MUESTREO				REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1
FECHA DE MUESTREO				28/01/2015	23/02/2015	04/03/2015	17/04/2015	29/05/2015	04/06/2015	29/07/2015	22/08/2015	14/09/2015	26/10/2015	12/11/2015	13/12/2015
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	0,20000	0,60000	0,42000	0,38000	0,30000	0,50000	0,35000	0,25000	0,55000	0,40000	0,45000	0,40000
Coductividad	#N/A	2500	5000	770,00000	800,00000	283,00000	761,00000	880,00000	894,00000	860,00000	887,00000	825,00000	274,00000	759,00000	761,00000
Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	4,00000	2,00000	3,50000	2,50000	3,70000	2,30000	2,20000	3,80000	3,20000	3,00000	3,15000	3,08000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥5	5,95000	6,30000	6,78000	7,22000	7,58000	6,68000	7,24000	6,30000	6,80000	6,90000	6,60000	6,80000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,73000	6,70000	6,66000	7,40000	7,23000	7,35000	7,73000	7,70000	7,80000	6,96000	7,60000	7,28000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	1,48740	1,43560	1,25760	1,34660	1,21060	1,18660	1,27860	1,13260	1,23260	1,13400	1,18260	3,96480
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,04130	0,05190	0,04560	0,03630	0,04820	0,04980	0,04080	0,04990	0,17570	0,03200	0,06270	0,03130
Boro (B)	mg/L	1	5	0,01960	0,01090	0,01060	0,01904	0,01084	0,00944	0,02746	0,01765	0,02795	0,01100	0,03380	0,00780
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,02080	0,02140	0,01890	0,01500	0,02310	0,02190	0,03560	0,05110	0,09920	0,00900	0,03670	0,01000
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,15620	0,11570	0,13860	0,12550	0,14920	0,14640	0,10320	0,18410	0,50300	0,07500	0,12870	0,04660
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	4,06920	7,00610	5,23130	4,62700	9,86400	87,60500	20,93640	26,79460	73,33520	4,11500	11,50550	5,01610
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	0,89760	1,18230	0,69750	0,81660	7,33000	7,43000	3,86310	2,33000	12,19550	0,66600	2,92480	0,76720
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00010	0,00020	0,00100	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,07840	0,11030	0,09320	0,03420	0,03990	0,07340	0,08080	0,06430	0,23650	0,25400	0,05220	0,03140
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	4,00410	4,42640	3,89470	33,45200	58,59000	46,71600	9,48870	10,60860	24,46050	1,86700	9,60970	2,20560
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000

Apéndice N° 2: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2015 – punto REsca2

PUNTOS DE MUESTREO				REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2
FECHA DE MUESTREO				28/01/2015	23/02/2015	04/03/2015	17/04/2015	29/05/2015	04/06/2015	29/07/2015	22/08/2015	14/09/2015	26/10/2015	12/11/2015	13/12/2015
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	2,40000	2,60000	2,42000	2,38000	2,38000	2,82000	2,35000	3,20000	2,80000	2,70000	3,50000	2,81000
Conductividad	#N/A	2500	5000	875,00000	273,00000	158,00000	305,00000	412,00000	204,00000	930,00000	250,00000	435,00000	285,00000	1204,00000	598,00000
Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	5,00000	2,00000	1,00000	2,00000	1,00000	2,00000	5,00000	3,00000	5,00000	9,00000	2,00000	4,00000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥ 5	6,70000	6,90000	7,60000	6,70000	7,55000	6,24000	6,78000	5,46000	5,80000	6,32000	5,56000	4,87000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,28000	6,80000	6,68000	6,20000	6,08000	5,60000	6,79000	7,22000	6,21000	7,05000	7,55000	8,05000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	1,50300	1,30300	1,86900	1,57800	1,56900	1,84100	1,15900	1,46200	1,62000	1,69700	1,60400	1,59000
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,12750	0,07010	0,08750	0,03010	0,04750	0,13900	0,14000	0,09900	0,10000	0,14400	0,13200	0,01250
Boro (B)	mg/L	1	5	0,09800	0,08700	0,08510	0,09560	0,09350	0,08990	0,07980	0,09660	0,08970	0,10300	0,98900	0,98600
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,00750	0,00840	0,00890	0,00790	0,00780	0,00760	0,00810	0,00740	0,00780	0,00800	0,00830	0,00820
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,08290	0,07310	0,08390	0,07590	0,09440	0,07390	0,09570	0,08690	0,08380	0,09660	0,09480	0,09520
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	8,78000	8,60000	8,48000	8,23000	7,88000	7,40000	8,59000	9,02000	8,01000	8,53900	8,45000	8,15400
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	0,99800	0,98700	0,98510	0,99560	0,99350	0,98990	0,97980	0,99660	0,98970	0,93400	0,91200	0,92700
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00015	0,00017	0,00014	0,00011	0,00015	0,00015	0,00017	0,00015	0,00011	0,00010	0,00013	0,00016
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,28000	0,43000	0,45000	0,37000	0,50000	0,39000	0,40800	0,39000	0,48000	0,42300	0,40500	0,39800
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	1,48500	1,46500	1,56500	1,52600	1,48600	1,47900	1,47500	1,49600	1,51200	1,54600	1,46800	1,38900
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	350,000	520,000	390,000	440,000	449,000	515,000	569,000	519,000	489,000	490,000	530,000	541,000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	110,000	105,000	130,000	144,000	120,000	109,000	126,000	134,000	122,000	140,000	154,000	127,000

Apéndice N° 3: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2016 – punto REsca1

PUNTOS DE MUESTREO				REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	
FECHA DE MUESTREO				27/01/2016	21/02/2016	29/03/2016	25/04/2016	23/05/2016	15/06/2016	31/07/2016	08/08/2016	06/09/2016	10/10/2016	18/11/2016	01/12/2016
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	2,49000	1,98000	3,00400	2,17000	1,70000	2,20000	3,07800	3,03000	3,07900	3,00500	2,05000	2,06300
Coductividad	#N/A	2500	5000	461,00000	384,00000	375,00000	380,00000	530,00000	390,00000	1996,00000	539,00000	732,00000	1022,00000	1687,00000	709,00000
Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	7,50000	6,50000	6,30000	6,70000	6,67100	6,72900	6,30100	6,75000	7,25000	7,00000	6,69900	6,76000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥ 5	6,90000	6,90000	6,90000	6,90000	8,53000	7,10000	6,49000	5,33000	5,80000	5,70000	6,05000	6,34000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,28000	6,80000	7,33000	8,20000	7,26000	6,90000	6,79000	7,24000	6,09000	7,20000	6,60000	6,64000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	1,91390	2,37050	1,45900	1,32600	1,23400	2,19100	1,90000	0,03500	5,98100	2,41800	1,59100	2,46200
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,12750	0,07010	0,04820	0,02540	0,07000	0,11176	0,14560	0,00724	0,38758	0,08700	0,13491	0,26945
Boro (B)	mg/L	1	5	0,00400	0,00120	0,01300	0,01000	0,02100	0,03600	0,05900	0,10800	0,05900	0,02300	0,06100	0,06500
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,05320	0,03420	0,01379	0,01097	0,02599	0,04650	0,03474	0,03801	0,09438	0,03823	0,02552	0,04245
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,22800	0,33800	0,17100	0,07390	0,15300	0,21769	0,33150	0,07720	0,20630	0,10300	0,04360	0,10190
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	7,67200	9,62180	5,02000	3,70300	10,54000	26,33000	23,64000	0,03000	97,20000	28,32000	21,30000	50,50000
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	2,43010	1,43470	0,77820	0,63120	2,52000	4,30300	4,26200	5,58260	15,20000	4,86800	3,63726	6,11776
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00010	0,00010	0,00005	0,00005	0,00010	0,00003	0,00003	0,00007	0,00007	0,00010	0,00007	0,00007
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,09590	0,21750	0,26160	0,07490	0,09670	0,16770	0,23050	0,00014	0,19171	0,08200	0,06305	0,11279
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	8,86020	8,54350	2,80300	2,07500	5,50800	10,55000	8,35200	0,00409	24,00000	8,97400	7,15500	9,40700
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	6,40000	6,60000	6,20000	2,00000	11,00000	2,20000	6,80000	6,40000	7,10000	1,80000	6,50000	5,72000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	2,00000	2,00000	1,80000	1,80000	1,80000	2,20000	2,00000	1,80000	1,80000	1,80000	2,00000	2,00000

Apéndice N° 4: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2016 – punto REsca2

PUNTOS DE MUESTREO				REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2
FECHA DE MUESTREO				27/01/2016	21/02/2016	29/03/2016	25/04/2016	23/05/2016	15/06/2016	31/07/2016	08/08/2016	06/09/2016	10/10/2016	18/11/2016	01/12/2016
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	10,50000	11,80000	12,14000	13,90000	9,40000	15,48000	17,50000	16,50000	15,40000	17,77000	16,90000	17,40000
Coductividad	#N/A	2500	5000	529,00000	608,00000	406,00000	589,00000	617,00000	718,00000	685,00000	645,00000	698,00000	740,00000	713,00000	735,00000
Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	6,00000	5,00000	4,00000	5,00000	3,00000	5,00000	4,00000	4,00000	3,00000	3,00000	6,00000	5,00000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥5	6,72000	6,92000	7,62000	7,72000	7,93000	6,93000	7,13000	7,83000	7,93000	7,92000	7,14000	7,34000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,30000	6,82000	6,70000	6,22000	7,42000	7,90000	7,42000	7,30000	6,82000	7,90000	7,75000	7,68000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	0,51300	0,44100	0,42530	0,42870	0,45200	0,47700	0,42700	0,53900	0,53170	0,62600	0,54630	0,56050
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,02665	0,03090	0,02410	0,03020	0,02300	0,02480	0,02600	0,02750	0,02900	0,03200	0,02330	0,03170
Boro (B)	mg/L	1	5	0,38780	0,48350	0,39150	0,46850	0,29100	0,40650	0,43750	0,41250	0,46250	0,58400	0,41950	0,45550
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,00648	0,00922	0,00880	0,01021	0,00780	0,00781	0,00901	0,00866	0,00936	0,01021	0,00882	0,00920
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,03420	0,03220	0,03080	0,03110	0,04300	0,03190	0,03650	0,04080	0,03880	0,03000	0,04190	0,04110
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	3,10300	3,13100	3,06800	3,08000	2,64000	3,13500	3,19000	3,20200	3,27300	3,63000	3,27700	3,52000
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	1,37200	0,97100	0,87100	1,07100	1,01900	1,42100	1,87100	1,97100	1,77100	1,82300	1,47000	1,842
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,02760	0,02670	0,02580	0,02500	0,04200	0,03150	0,02900	0,03540	0,03630	0,02100	0,03720	0,03800
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	1,43450	2,01750	1,99750	1,99150	1,79900	2,04450	2,07150	2,09150	2,09750	2,29000	2,65450	2,07670
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	4,92100	4,93100	4,95100	4,96100	7,80000	4,90000	4,98100	5,21000	5,00100	2,00000	5,64000	5,84000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	4,50000	3,25000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000

Apéndice N° 5: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2017 – Punto REsca1

PUNTOS DE MUESTREO				REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1
FECHA DE MUESTREO				17/01/2017	06/02/2017	11/03/2017	17/04/2017	27/05/2017	02/06/2017	18/07/2017	04/08/2017	06/09/2017	05/10/2017	09/11/2017	10/12/2017
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	8,71900	8,72610	8,59790	8,66200	8,71060	8,71970	8,68630	8,81100	8,74100	8,77600	8,77900	8,70300
Coductividad	#N/A	2500	5000	85,70000	294,00000	248,00000	2630,00000	745,00000	230,00000	1245,00000	1271,00000	2250,00000	988,00000	1228,00000	946,00000
Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	28,94300	28,95600	28,88800	29,08800	28,96200	28,90200	28,78800	28,80500	29,14500	29,00000	29,02500	28,97500
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥5	7,04000	6,02000	7,41000	8,19000	6,85000	5,74000	6,75000	5,15000	6,77000	6,72000	6,55000	7,46000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,64000	6,71000	7,60000	7,26000	6,88000	7,01000	7,28000	7,45000	7,28000	7,20700	6,77000	7,40000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	2,02000	1,55000	0,04600	1,01000	1,13000	1,03000	1,64000	2,94000	1,05000	1,43400	1,86000	0,57100
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,06791	0,07602	0,00350	0,04462	0,07341	0,06401	0,11869	0,24852	0,11876	0,15782	0,13090	0,03734
Boro (B)	mg/L	1	5	0,00800	0,00800	0,00600	0,00200	0,03000	0,00900	0,02400	0,02200	0,07600	0,03300	0,02800	0,01000
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,02167	0,02198	0,01271	0,01912	0,01825	0,01731	0,00001	0,07526	0,05148	0,06518	0,04829	0,01170
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,21000	0,20880	0,03070	0,13970	0,12130	0,10150	0,08810	0,13810	0,12250	0,16364	0,35990	0,08880
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	6,20000	6,00000	0,11000	3,50000	7,10000	5,90000	22,00000	36,00000	23,00000	44,33000	14,00000	2,90000
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	0,91200	1,05000	0,52509	0,73048	1,35070	1,18780	4,50360	8,24790	6,79690	7,41000	3,25450	9,52000
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00007	0,00007	0,00043	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00003	0,00007	0,00007
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,13080	0,04066	0,01282	0,08663	0,09211	0,04831	0,07136	0,10911	0,04147	0,05660	0,13701	0,06031
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	4,66000	4,22000	2,26000	3,16000	3,62000	4,01000	8,78000	50,00000	9,34000	16,50000	7,73000	2,00000
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	7,80000	7,80000	7,80000	11,00000	8,20000	11,00000	7,80000	7,95000	7,65000	7,80000	11,00000	4,60000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000

Apéndice N° 6: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2017 – Punto REsca2

PUNTOS DE MUESTREO				REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2
FECHA DE MUESTREO				17/01/2017	06/02/2017	11/03/2017	17/04/2017	27/05/2017	02/06/2017	18/07/2017	04/08/2017	06/09/2017	05/10/2017	09/11/2017	10/12/2017
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	22,51000	22,80000	23,87000	23,58000	23,77000	22,96000	23,01000	22,78000	22,96000	23,19000	23,37000	23,60000
Coductividad	#N/A	2500	5000	927,00000	916,00000	894,00000	900,00000	873,00000	860,00000	875,00000	890,00000	875,00000	845,00000	943,00000	933,00000
Dema Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	5,00000	4,00000	6,78000	7,30000	4,89000	4,79000	5,66000	3,89000	4,10000	3,00000	5,26000	3,89000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥5	7,05000	6,48000	6,52000	6,42000	6,56000	6,89000	6,74000	6,55000	6,33000	6,41000	6,33000	6,49000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,59000	7,38000	7,22000	7,46000	7,16000	6,89000	6,19000	6,49000	6,80000	6,85000	6,79000	6,90000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	0,55910	0,56710	0,56510	0,56110	0,55710	0,58310	0,58480	0,58500	0,58620	0,58200	0,58540	0,58580
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,03794	0,04024	0,03994	0,03194	0,03694	0,05794	0,05984	0,06024	0,05954	0,05684	0,05904	0,05924
Boro (B)	mg/L	1	5	0,02270	0,02280	0,02300	0,02330	0,02360	0,02490	0,02640	0,02660	0,02700	0,02500	0,02720	0,02650
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,03018	0,03038	0,03018	0,03078	0,03088	0,03228	0,03408	0,03368	0,03438	0,03238	0,03398	0,03648
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,05234	0,05184	0,05304	0,05294	0,05284	0,05394	0,05584	0,05504	0,05564	0,05404	0,05704	0,05664
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	7,01540	18,04000	16,40000	17,01000	7,01520	7,01690	7,01850	7,01910	7,01860	7,01700	7,01820	47,90000
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	3,64890	8,71000	9,12000	25,30000	3,64840	3,64990	3,65160	32,50000	3,65088	3,65000	3,65150	3,65180
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,10333	0,10337	0,09889	0,09449	0,10229	0,10339	0,10509	0,10489	0,10449	0,10350	0,10599	0,10529
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	7,08699	7,05689	7,06889	7,07189	7,04889	7,08989	7,09109	7,09149	7,09259	7,09000	7,09279	7,09289
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	12,96700	12,96700	12,97300	12,98100	12,97600	12,96700	12,98900	12,98900	12,98900	13,00000	12,98900	12,98900
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	4,48900	4,45000	4,47900	4,48300	4,42000	4,46700	4,48800	4,49400	4,49800	4,50000	4,47800	4,50300

Apéndice N° 7: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2018 – Punto REsca1

PUNTOS DE MUESTREO				REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1	REsca1
FECHA DE MUESTREO				26/01/2018	27/02/2018	14/03/2018	18/04/2018	29/05/2018	04/06/2018	04/07/2018	07/08/2018	05/09/2018	10/10/2018	15/11/2018	02/12/2018
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	2,49000	1,98000	1,67000	2,17000	1,70000	2,20000	1,45000	1,77000	1,34000	2,08900	1,15700	2,06300
Conductividad	#N/A	2500	5000	2960,00000	252,00000	203,70000	200,60000	165,30000	339,00000	1971,00000	2120,00000	1543,00000	550,00000	670,00000	459,00000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	18,00000	20,00000	25,00000	15,00000	30,00000	5,00000	8,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥5	8,00000	7,12000	8,10000	7,89000	3,50000	6,90000	8,05000	7,41000	6,31000	5,80000	6,60000	6,89000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	9,38000	7,05000	7,39000	7,99000	7,00000	7,02000	7,78000	7,45000	8,90000	7,33000	7,08000	8,10000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	1,34000	1,18000	0,00200	1,17000	3,48300	0,88400	0,80400	1,01000	0,54400	1,15744	0,40300	1,08886
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,05000	0,08559	0,04857	0,01781	0,15093	0,03181	0,05753	0,10085	0,08559	0,06985	0,01601	0,06496
Boro (B)	mg/L	1	5	0,00600	0,00800	0,00200	0,01200	0,00200	0,01500	0,03300	0,05200	0,04300	0,02138	0,01600	0,02084
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,03624	0,02227	0,01742	0,00891	0,04593	0,01675	0,02903	0,03370	0,02808	0,02648	0,01347	0,02530
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,29530	0,20890	0,15830	0,09620	0,52490	0,09090	0,75620	1,17600	0,19280	0,38883	0,11324	0,36378
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	21,60000	9,40000	7,30000	24,00000	19,88000	19,00000	27,60000	29,00000	11,40000	17,80000	34,54000	16,40000
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	0,83475	0,70097	0,71833	0,60731	4,24500	0,91111	3,36010	5,57350	3,51880	67,00000	71,00000	58,00000
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00003	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00003	0,00003	0,00003
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,35603	0,25949	0,17589	0,05127	0,47940	0,13209	0,03053	0,11295	0,04896	0,18296	0,04810	0,17070
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	5,71000	4,56000	3,95000	1,97000	9,27000	2,87000	5,75000	6,85000	4,12000	5,00556	3,10600	4,83287
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000

Apéndice N° 8: Recopilación de datos monitoreados durante los doce meses del año 2018 – Punto REsca2

PUNTOS DE MUESTREO				REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2	REsca2
FECHA DE MUESTREO				26/01/2018	27/02/2018	14/03/2018	18/04/2018	29/05/2018	04/06/2018	04/07/2018	07/08/2018	05/09/2018	10/10/2018	15/11/2018	02/12/2018
Parámetro	Unidad	DS N°004-2017-MINAM													
FISICO QUIMICO		D1-Riego de vegetales	D2 - Bebida de Animales												
Cloruros	mg/L	500	---	8,26000	8,19000	8,88000	8,66000	8,52000	8,77250	8,80000	8,90000	9,20000	9,17000	9,02500	9,08000
Coductividad	#N/A	2500	5000	928,65000	987,50000	879,50000	800,00000	924,60000	909,65000	1025,89000	999,89000	1125,00000	988,70000	894,70000	986,70000
Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	4,00000	2,00000	2,80000	5,48000	6,00000	6,23000	2,20000	3,40000	2,22000	2,00000	2,00000	2,00000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥ 5	5,80000	4,78000	4,20000	3,80000	3,20000	3,19000	3,90000	3,70000	3,96000	4,01000	3,54000	3,66000
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	7,12000	6,89000	7,58000	7,29000	7,90000	7,33000	7,44000	6,74000	8,10000	7,75000	7,89000	7,90000
INORGANICOS															
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	0,42550	0,43550	0,44800	0,43800	0,55400	0,46650	0,50050	0,51050	0,49350	0,53250	0,37900	0,47800
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,2	0,02843	0,02903	0,03003	0,03103	0,04318	0,03363	0,03583	0,03703	0,03773	0,03743	0,02407	0,03873
Boro (B)	mg/L	1	5	0,27350	0,27750	0,28350	0,28950	0,27100	0,30550	0,52550	0,61550	0,44550	0,52550	0,34000	0,51280
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,01092	0,01022	0,01242	0,01202	0,01941	0,01432	0,29432	0,34432	0,35432	0,27432	0,01900	0,01324
Cobre (Cu)	mg/L	0,2	0,5	0,41000	0,22000	0,21826	0,22926	0,21800	0,21703	0,27476	0,20738	0,23306	0,24316	0,24252	0,20540
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	3,25800	3,26300	3,25200	3,24000	4,47600	3,28500	3,30700	3,30200	5,10000	3,31800	2,09400	3,32300
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,2	5,81000	4,80000	3,80000	3,79000	2,14900	3,83000	4,86000	5,86000	8,86000	1,68000	5,17000	6,89000
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,01	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Plomo (Pb)	mg/L	0,05	0,05	0,11000	0,20100	0,20800	0,12858	0,13640	0,13870	0,10289	0,02907	0,02881	0,13886	0,02100	0,02610
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	26,33000	26,61000	26,56000	26,54000	36,68000	26,94000	27,17000	27,13000	27,05000	27,14000	21,00000	24,60000
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS															
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000
Num. Escherichia Coli	NMP/100mL	100	100	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000	1,80000

Apéndice N° 9: Procesamiento del Índice de Calidad de Agua

Se toma de ejemplo al monitoreo realizado el 28 de enero del 2015 en el punto REsca1.

- Primero: Se cuantifica el número de parámetros que no cumplen el ECA para agua categoría 3; a la vez se calcula número total de parámetros por punto.

	ECA CATE 3	INORGÁNICOS										MICROBIOLÓGICOS Y		DATOS	
		Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Boro (B)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Coliformes Termotolerantes	Num. Escherichia Coli	Número de parámetros que no cumplen	Número total de parámetros por punto
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL		
		5	0,1	1	0,01	0,2	5	0,2	0,001	0,05	2	1000	100		
		5	0,2	5	0,05	0,5	---	0,2	0,01	0,05	24	1000	100		
2015	REsca1-Ene	1,48740	0,04130	0,01960	0,02080	0,15620	4,06920	0,89760	0,00010	0,07840	4,00410	2,00000	2,00000	4	17

Aquí se muestra el resultado

- Segundo: Se calcula F1-alcance el cual está definido por la siguiente formula

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

Obteniendo como resultado: $4/17 = 0.235$

- Tercero: Se calcula F2 – frecuencia, definido por la siguiente formula

$$F_2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

Sin embargo, siendo la aplicación para un (01) monitoreo, y la data completa corresponde a ese monitoreo, se tiene:

$$F_1 = F_2, \text{ por tanto, } F_2 = 0.235$$

- Cuarto: Se calcula F3 - Amplitud

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Donde la suma normalizada de excedentes está definida por:

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}}$$

Obteniéndose el siguiente resultado para el monitoreo:

	Escala 3	FÍSICO QUÍMICOS				INORGÁNICOS								MICROBIOLÓGICO	sne - sumatoria de Ex/Ntotal
		Coductividad	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Num. Escherichia Coli	
		#N/A	mg/L	mg/L	Unidad de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	
		2500	15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	0,01	0,2	5	0,2	0,05	2	100	
		5000	15	≥5	6.5-8.4	5	0,2	0,05	0,5	---	0,2	0,05	24	100	
2015	REsca1-Ene							1,08			3,488	0,568	1,00205		0,361

Obteniendo como valor de **F3 = 26,528**

➤ Finalmente, el valor del ICA-PE se obtiene al reemplazar la siguiente formula

$$\text{ICA-PE} = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

ICA-PE para el monitoreo del 28 de enero del 2015 resulta:

ICA-PE= 84.7

✚ A continuación, se muestran los resultados obtenidos siguiendo la metodología antes descrita del ICA -PE, dichos resultados se recopilieron durante los 12 meses de cada año comprendido por el período 2015 – 2018.

Apéndice N° 10: Resultados del Índice de Calidad del Agua – ICA-PE año 2015

2015	DATOS UE SUPERAN EL ECA			F1	F2	FISICO QUÍMICOS				INORGÁNICOS							MICROBIOLÓGICO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	ECA CATE 3	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto			Conductividad	Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Num. Escherichia Coli	sne - sumatoria de Ex/Ntotal	F3	ICA PE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
									Unidad de pH									NMP/100mL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
									us/cm									mg/L				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

Apéndice N° 11: Resultados del Índice de Calidad del Agua – ICA-PE año 2016

2016	DATOS UE SUPERAN EL ECA			F1	F2	FISICO QUÍMICOS				INORGÁNICOS								MICROBIOLÓGICO															
	ECA CATE 3	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto			Coductividad	Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Num. Escherichia Coli	sne - sumatoria de Ex/Ntotal	F3	ICA PE												
									us/cm													mg/L	mg/L	Unidad de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL		
									2500													15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	0,01	0,2	5	0,2	0,05	2	100
									5000													15	≥ 5	6.5-8.4	5	0,2	0,05	0,5	---	0,2	0,05	24	100
	REsca1	7	17			0,412	0,412					1,75000	4,32000	0,14000	0,53440	11,15050	0,91800	3,43010		1,30841	56,68017	67,27396											
REsca1	6	17	0,353	0,353						2,42000	0,69000	0,92436	6,17350	3,35000	3,27175		0,98998	49,74816	71,27644														
REsca1	5	17	0,294	0,294						0,37900		0,00400	2,89100	4,23200	0,40150		0,46515	31,74747	81,66902														
REsca1	4	17	0,235	0,235						0,09700			2,15600	0,49800	0,03750		0,16403	14,09152	91,86199														
REsca1	5	17	0,294	0,294						1,59900		1,10800	11,60000	0,93400	1,75400		0,99971	49,99265	71,13573														
REsca1	7	17	0,412	0,412																													
REsca1	8	17	0,471	0,471					0,17600	3,65000	0,08845	4,26600	20,51500	2,35400	4,27500		2,07791	67,51041	61,02140														
REsca1	2	17	0,118	0,118					3,56000	2,47400	0,65750	3,72800	20,31000	3,61000	3,17600		2,20679	68,81621	60,26709														
REsca1	9	17	0,529	0,529			0,06732	0,19620	27,75800	8,43800	0,03150	18,44000	75,00000	2,83420	11,00000		8,45282	89,42114	48,37087														
REsca1	5	17	0,294	0,294						2,82300		4,66400	23,34000	0,64000	3,48700		2,05612	67,27875	61,15586														
REsca1	6	17	0,353	0,353						2,49100	1,55200		3,26000	17,18630	0,26100	2,57750		1,60752	61,64935	64,40557													
REsca1	6	17	0,353	0,353					15,94500	3,24500		9,10000	29,58880	1,25580	3,70350		3,69636	78,70691	54,55763														
REsca2	1	17	0,059	0,059										5,86000				0,34471	25,63430	85,19995													
REsca2	2	17	0,118	0,118										3,85500		0,00875		0,22728	18,51896	89,30764													
REsca2	1	17	0,059	0,059										3,35500				0,19735	16,48244	90,48374													
REsca2	3	17	0,176	0,176			0,04502				0,02050			4,35500				0,25738	20,46970	88,18094													
REsca2	1	17	0,059	0,059										4,09500				0,24088	19,41218	88,79227													
REsca2	2	17	0,118	0,118										6,10500		0,02225		0,36043	26,49364	84,70359													
REsca2	2	17	0,118	0,118										8,35500		0,03575		0,49357	33,04648	80,92036													
REsca2	2	17	0,118	0,118										8,85500		0,04575		0,52357	34,36483	80,15922													
REsca2	2	17	0,118	0,118										7,85500		0,04875		0,46493	31,73719	81,67627													
REsca2	3	17	0,176	0,176							0,02100			8,11500		0,14500		0,48712	32,75582	81,08787													
REsca2	2	17	0,118	0,118										6,35000		0,32725		0,39278	28,20112	83,71779													
REsca2	2	17	0,118	0,118										9209,00000		0,03835		541,70814	99,81574	42,37128													

Apéndice N° 12: Resultados del Índice de Calidad del Agua – ICA-PE año 2017

2017	DATOS QUE SUPERAN EL ECA			F1	F2	FISICO QUÍMICOS				INORGÁNICOS								MICROBIOLÓGICO			
	ECA CATE 3	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto			Conductividad	Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Num. Escherichia Coli	sne - sumatoria de Ex/Ntotal	F3	ICA PE
us/cm	mg/L	mg/L	Unidad de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL									
2500	15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	0,01	0,2	5	0,2	0,05	2	100									
5000	15	≥ 5	6.5-8.4	5	0,2	0,05	0,5	---	0,2	0,05	24	100									
REsca1	7	17	0,412	0,412		0,92953				1,16700	0,05000	0,24000	3,56000	1,61600	1,33000		0,46841	31,89921	81,57991		
REsca1	6	17	0,353	0,353		0,93040				1,19800	0,04400	0,20000	4,25000		1,11000		0,40012	28,57743	83,49830		
REsca1	4	17	0,235	0,235		0,92587				0,27100			1,62545		0,13000		0,11920	10,65070	93,84782		
REsca1	6	17	0,353	0,353	0,05200	0,93920				0,91200			2,65240	0,73260	0,58000		0,28688	22,29282	87,12601		
REsca1	6	17	0,353	0,353		0,93080				0,82500		0,42000	5,75350	0,84220	0,81000		0,50886	33,72501	80,52673		
REsca1	5	17	0,294	0,294		0,92680				0,73100		0,18000	4,93900		1,00500		0,40324	28,73611	83,40746		
REsca1	6	17	0,353	0,353		0,91920		0,86900				3,40000	21,51800	0,42720	3,39000		1,74142	63,52260	63,32408		
REsca1	7	17	0,412	0,412		0,92033		13,85200	6,52600			6,20000	40,23950	1,18220	24,00000		5,41175	84,40363	51,26838		
REsca1	6	17	0,353	0,353		0,94300		0,87600	4,14800			3,60000	32,98450		3,67000		2,66344	72,70326	58,02376		
REsca1	7	17	0,412	0,412		0,93333		4,78200	5,51800			7,86600	36,05000	0,13200	7,25000		3,62341	78,37095	54,75126		
REsca1	8	17	0,471	0,471		0,93500		2,09000	3,82900	0,79950		1,80000	15,27250	1,74020	2,86500		1,67036	62,55193	63,88358		
REsca1	4	17	0,235	0,235		0,93167			0,17000				46,60000	0,20620			2,76331	73,42762	57,60611		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,01800			0,40308	17,24450	1,06668	2,54350		1,36916	57,79098	66,63350		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,03800			2,60800	42,55000	1,06730	2,52845		2,98775	74,92320	56,74240		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,01800			2,28000	44,60000	0,97780	2,53445		3,08296	75,50794	56,40481		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,07800			2,40200	125,50000	0,88980	2,53595		7,84740	88,69724	48,79006		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,08800			0,40304	17,24200	1,04580	2,52445		1,37078	57,81982	66,61685		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,22800			0,40338	17,24950	1,06780	2,54495		1,38198	58,01808	66,50238		
REsca2	6	17	0,353	0,353			0,05008		2,40800			0,40370	17,25800	1,10180	2,54555		1,39512	58,24844	66,36901		
REsca2	6	17	0,353	0,353			0,00154		2,36800			0,40382	161,50000	1,09780	2,54575		9,87737	90,80660	47,57199		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,43800			0,40372	17,25440	1,08980	2,54630		1,39601	58,26399	66,36041		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,23800			0,40340	17,25000	1,07000	2,54500		1,38273	58,03132	66,49474		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,39800			0,40364	17,25750	1,11980	2,54640		1,39561	58,25694	66,36448		
REsca2	5	17	0,294	0,294					2,64800			8,58000	17,25900	1,10580	2,54645		1,89054	65,40443	62,23797		

Apéndice N° 13: Resultados del Índice de Calidad del Agua – ICA-PE año 2018

	DATOS QUE SUPERAN EL ECA			F1	F2	FISICO QUÍMICOS				INORGÁNICOS								MICROBIOLÓGICO															
	ECA CATE 3	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto			Coductividad	Dema a Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Num. Escherichia Coli	sne - sumatoria de Ex/Ntotal	F3	ICA PE												
									us/cm													mg/L	mg/L	Unidad de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	
									2500													15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	0,01	0,2	5	0,2	0,05	2	100
									5000													15	≥ 5	6.5-8.4	5	0,2	0,05	0,5	---	0,2	0,05	24	100
2018	REsca1	9	17	0,529	0,529	0,18400	0,20000	1,10353			2,62400	0,47650	3,32000	3,17375	6,12060	1,85500		1,03352	50,82420	70,65345													
	REsca1	7	17	0,412	0,412		0,33333			1,22700	0,04450	0,88000	2,50485	4,18980	1,28000		0,59566	37,32985	78,44498														
	REsca1	6	17	0,353	0,353		0,66667			0,74200		0,46000	2,59165	2,51780	0,97500		0,42861	30,00212	82,67587														
	REsca1	3	17	0,176	0,176							3,80000	2,03655	0,02540			0,34482	25,64064	85,19567														
	REsca1	9	17	0,529	0,529		1,00000	0,14286			4,09300	3,59300	1,62450	2,97600	20,22500	8,58800	3,63500	2,63144	72,46272	58,16139													
	REsca1	5	17	0,294	0,294							0,67500		2,80000	3,55555	1,64180	0,43500	0,53573	34,88424	79,85814													
	REsca1	5	17	0,294	0,294							1,90300	2,78100	4,52000	15,80050		1,87500	1,58115	61,25753	64,63213													
	REsca1	7	17	0,412	0,412							2,37000	4,88000	4,80000	26,86750	1,25900	2,42500	2,50597	71,47723	58,73123													
	REsca1	5	17	0,294	0,294			1,04706				1,80800		1,28000	16,59400		1,06000	1,22012	54,95734	68,26946													
	REsca1	6	17	0,353	0,353							1,64811	0,94417	2,56000	334,00000	2,65913	1,50278	20,19495	95,28190	44,98822													
	REsca1	4	17	0,235	0,235							0,34700		5,90800	354,00000		0,55300	21,22400	95,50036	44,86251													
	REsca1	6	17	0,353	0,353							1,52983	0,81890	2,28000	289,00000	2,41394	1,41643	17,49759	94,59389	45,38543													
	REsca2	5	17	0,294	0,294							0,09200	1,05000		28,05000	1,20000	12,16500	2,50335	71,45592	58,74421													
	REsca2	5	17	0,294	0,294							0,02200	0,10000		23,00000	3,02000	12,30500	2,26159	69,34009	59,96576													
	REsca2	5	17	0,294	0,294							0,24200	0,09130		18,00000	3,16000	12,28000	1,98666	66,51784	61,59516													
	REsca2	6	17	0,353	0,353			0,05263				0,20200	0,14630		17,95000	1,57160	12,27000	1,89058	65,40490	62,23737													
	REsca2	6	17	0,353	0,353			0,25000				0,94100	0,09000		9,74500	1,72800	17,34000	1,75553	63,70933	63,21627													
	REsca2	6	17	0,353	0,353			0,25392				0,43200	0,08513		18,15000	1,77400	12,47000	1,93595	65,93946	61,92874													
	REsca2	6	17	0,353	0,353			0,02564				28,43200	0,37380		23,30000	1,05774	12,58500	3,86756	79,45583	54,12525													
	REsca2	5	17	0,294	0,294			0,08108				33,43200	0,03688		28,30000		12,56500	4,37258	81,38697	53,01060													
	REsca2	6	17	0,353	0,353			0,01010				34,43200	0,16530	0,02000	43,30000		12,52500	5,32014	84,17755	51,39921													
	REsca2	5	17	0,294	0,294							26,43200	0,21580		7,40000	1,77720	12,57000	2,84676	74,00413	57,27302													
	REsca2	5	17	0,294	0,294			0,12994				0,90000	0,21260		24,85000		9,50000	2,08604	67,59596	60,97271													
	REsca2	5	17	0,294	0,294			0,09290				0,32400	0,02700		33,45000		11,30000	2,65300	72,62524	58,06911													

Apéndice N° 14: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA APLICANDO LA METODOLOGÍA ICA- PE, DEL RÍO ESCALERA, EN EL DISTRITO DE HUACHOCOLPA, PROVINCIA DE HUANCAMELICA DURANTE EL PERÍODO 2015-2018”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Problemas general	Objetivos general	Hipótesis general	Variable independiente				
· ¿Cuál es la variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?	· Evaluar la variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.	· La variación del Índice de Calidad del Agua, aplicando la metodología ICA- PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 disminuye de manera significativa.	Período 2015 - 2018	meses del año 2015	Tipo de Investigación: - Aplicada	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS - La observación -Guía metodológica para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú ICA-PE.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. Para la recopilación de la data se ha hecho uso de fichaje. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS. Tabulación, Procedimiento estadístico en el programa de cálculo Microsoft Excel Versión 2016. Estadística descriptiva: Se procesó los datos de manera comparativa.
				meses del año 2016	Nivel de Investigación - Explicativo		
				meses del año 2017	Método de investigación - Método científico Hipotético Deductivo		
				meses del año 2018	Diseño de investigación - No experimental Longitudinal de tendencia Población - Compuesto por la red de puntos de		

Problemas específicos:	Objetivos específico:	Hipótesis específico:	Variable dependiente															
· ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos-químicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?	· Analizar la concentración de los parámetros físicos-químicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.	· El nivel de concentración de los parámetros físico - químico en el río Escalera, del distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para agua Categoría 3	Índice de Calidad del Agua (ICA.PE)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Calificación</th> <th>ICA-PE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EXCELENTE</td> <td>90 – 100</td> </tr> <tr> <td>BUENO</td> <td>75 – 89</td> </tr> <tr> <td>REGULAR</td> <td>45 – 74</td> </tr> <tr> <td>MALO</td> <td>30 – 44</td> </tr> <tr> <td>PÉSIMO</td> <td>0 – 29</td> </tr> </tbody> </table>	Calificación	ICA-PE	EXCELENTE	90 – 100	BUENO	75 – 89	REGULAR	45 – 74	MALO	30 – 44	PÉSIMO	0 – 29	muestreo en el río Escalera. Muestra -La muestra se ha constituido por dos (2) puntos de muestreo en el río Escalera establecidos de manera intencional, comprendidos para el período 2015 – 2018.	Prueba de Hipótesis: Se realizó una prueba de hipótesis ANOVA para el objetivo general; y para los objetivos específicos se utilizó T Student (p<0.05) para datos paramétricos, se aplicó también la prueba de Wilcoxon para los datos no paramétricos
Calificación	ICA-PE																	
EXCELENTE	90 – 100																	
BUENO	75 – 89																	
REGULAR	45 – 74																	
MALO	30 – 44																	
PÉSIMO	0 – 29																	
· ¿Cuál es la concentración de parámetros inorgánicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de	· Analizar la concentración de los parámetros inorgánicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el	· El nivel de concentración de los parámetros inorgánicos en el río Escalera, del distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-																

Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?	distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.	2018 superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para agua Categoría 3.					
· ¿Cuál es la concentración de parámetros microbiológicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018?	· Analizar la concentración de los parámetros microbiológicos en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018.	· El nivel de concentración de los parámetros microbiológicos en el río Escalera, del distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2015-2018 superan los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para agua Categoría 3					