



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCVELICA**

(Creada por la Ley 25265)



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

TESIS

**EVALUACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL INDICE
DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RIOS ICHU, ESCALERA,
MANTARO Y OPAMAYO, PERIODO 2017-2019.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS HÍDRICOS**

**PRESENTADO POR:
BACH. SILVESTRE SOTO, Nelson**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE INGENIERÍA**

MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

HUANCAVELICA - PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creado por Ley N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

UNIDAD DE POSGRADO

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



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el Jurado conformado por los docentes: **Mg. Pedro Antonio PALOMINO PASTRANA**, **Dr. Fernando Martín TORIBIO ROMAN**, **Dr. Carlos Enrique ESPINOZA QUISPE**

Asesor: Dr. Víctor Guillermo SANCHEZ ARAUJO

De conformidad al Reglamento Único de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 330-2019-CU-UNH, y modificado con Resolución N° 552-2021-CU-UNH, y la Directiva de la Sustentación Sincrónica de Tesis de los Estudiantes de Maestría y Doctorado de las Unidades de Posgrado de las Facultades Integrantes de la Universidad Nacional de Huancavelica en el Marco al estado de emergencia covid 19, aprobado mediante Resolución Directoral N° 340-2020-EPG-R/UNH.

El candidato al **GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERIA; MENCIÓN EN ECOLOGIA Y GESTIÓN AMBIENTAL**.

Don, **Nelson SILVESTRE SOTO**, procedió a sustentar su trabajo de Investigación titulado "EVALUACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RIOS ICHU, ESCALERA, MANTARO Y OPAMAYO, PERIODO 2017 - 2019".

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

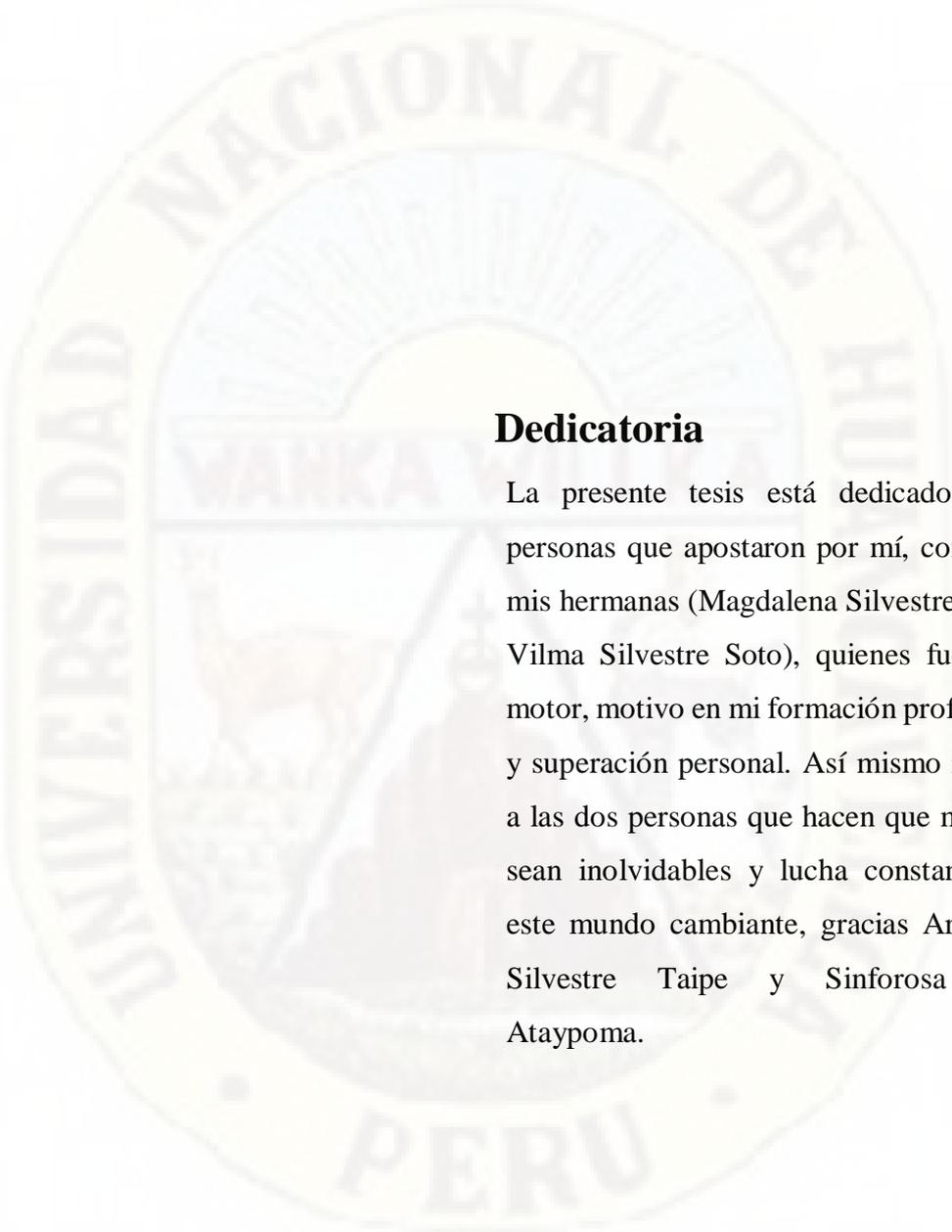
Con el calificado **APROBADO POR UNANIMIDAD**

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los veinticuatro días del mes de febrero del año 2022.

.....
Mg. Pedro Antonio PALOMINO PASTRANA
Presidente del Jurado.

.....
Dr. Fernando Martín TORIBIO ROMAN
Secretario del Jurado

.....
Dr. Carlos Enrique ESPINOZA QUISPE
Vocal del Jurado



Dedicatoria

La presente tesis está dedicado a las personas que apostaron por mí, como son mis hermanas (Magdalena Silvestre Soto y Vilma Silvestre Soto), quienes fueron el motor, motivo en mi formación profesional y superación personal. Así mismo resaltar a las dos personas que hacen que mis días sean inolvidables y lucha constante con este mundo cambiante, gracias Arturo S, Silvestre Taipe y Sinforsosa Soto Ataypoma.

Resumen

En mérito a la problemática que acarrea la afectación a la calidad de agua, se realizó la evaluación de la variación espacial y temporal del índice de calidad de agua de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019. En donde se busca evaluar la variación espacial y temporal del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. La investigación fue de tipo aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental – longitudinal y método científico; la población estuvo constituida por los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, como muestra se tomaron dos puntos de monitoreo con un muestreo no probabilístico, se utilizó las técnicas de análisis documental, fichaje, simulación matemática, los instrumentos fueron la ficha de reporte y la fórmula matemática del ICA-PE. Resultados, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados reflejan la variación del índice de calidad de agua del ríos Ichu (83.9, 87.4 y 89.4) que corresponde a una excelente calidad de agua, el río Opamayo (93.5, 97 y 96.6) correspondiente a una calidad de agua excelente, el río Escalera (66.1, 61.7 y 73.7) correspondiente a una regular calidad de agua y el río Mantaro (80.7, 75 y 79.1 equivalente a una buena calidad de agua, por lo que se concluye que al evaluar espacial y temporalmente existe variación debido a que los ríos más contaminados son el río Escalera y Mantaro en el año 2018 y los ríos menos contaminados fueron el río Ichu y Opamayo.

Palabras Claves: Índice de Calidad de Agua, variación espacial y temporal, parámetros físicos químicos y microbiológicos

Abstract

Due to the problem that affects water quality, the evaluation of the special and temporal variation of the water quality index of the Ichu, Escalera, Mantaro and Opamayo rivers was carried out, period 2017-2019. Where it seeks to evaluate the special and temporal variation of the water quality index taking into consideration the physical, chemical and microbiological parameters. The research was of an applied type, descriptive level, non-experimental design - longitudinal and scientific method; The population consisted of the Ichu, Escalera, Mantaro and Opamayo rivers, as a sample two monitoring points were taken with a non-probabilistic sampling, the techniques of documentary analysis, recording, mathematical simulation were used, the instruments were the report card and the mathematical formula of the ICA-PE. Results, the physicochemical and microbiological parameters evaluated reflect the variation of the water quality index of the Ichu rivers (83.9, 87.4 and 89.4) which corresponds to an excellent water quality, the Opamayo river (93.5, 97 and 96.6) corresponding to a quality of excellent water, the Escalera river (66.1, 61.7 and 73.7) corresponding to a regular water quality and the Mantaro river (80.7, 75 and 79.1 equivalent to a good water quality, so it is concluded that when evaluating spatially and temporally There is variation because the most polluted rivers were the Escalera and Mantaro rivers in 2018 and the least polluted rivers were the Ichu and Opamayo rivers.

Keywords: Water Quality Index, spatial and temporal variation, physical, chemical and microbiological parameters

Índice

Dedicatoria	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice.....	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Introducción.....	ix
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación	5
CAPITULO II.....	7
MARCO TEORICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales	16
2.1.3. Antecedentes Local	26
2.2. Bases teóricas	27

2.2.1. Teoría de la metafísica del agua.....	27
2.2.2. Bases conceptuales	36
2.3. Definición de términos	69
2.4. Formulación de hipótesis	71
2.5. Identificación de variables	71
2.6. Definición operativa de variables e indicadores	72
CAPITULO III	75
METODOLOGÍA.....	75
3.1. Tipo de investigación	75
3.2. Nivel de investigación.....	75
3.3. Método de investigación.....	76
3.4. Diseño de investigación.....	77
3.5. Población, muestra y muestreo	78
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	80
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	82
3.7. Descripción de la prueba de hipótesis	82
CAPITULO IV	83
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	83
4.1. Presentación e interpretación de datos	83
4.2. Discusión de resultados	92
4.3. Proceso de prueba de hipótesis	96
Conclusiones.....	97
Recomendaciones	98
Referencias bibliográficas	99
Anexos.....	107
Anexo N° 1: Matriz de consistencia	108
Anexo N° 7: Software antiplagio	115

Índice de tablas

Tabla 1 Breve resumen del marco legal aplicable a la gestión sostenible de las aguas	36
Tabla 2 Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes.....	45
Tabla 3 Fuentes contaminantes de origen antrópico, según su tipo.....	46
Tabla 4 Ventajas y limitaciones del Índice de Calidad del Agua (ICA).....	49
Tabla 5 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	52
Tabla 6 Rango de evaluación del ICA.....	58
Tabla 7 Criterios para la clasificación de las aguas	59
Tabla 8 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados por diferentes ICA .	61
Tabla 9 Pesos relativos asignados a los parámetros que conforman los ICA.....	62
Tabla 10 Clasificación de los ICA.....	63
Tabla 11 Escala de clasificación.....	68
Tabla 12 Operacionalización de variables.....	72
Tabla 13 Técnicas e instrumentos de recolección.....	82
Tabla 14 Parametros fisicoquímicos e inorgánicos de la evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua.....	84
Tabla 15 Indicé de calidad de agua de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera, Mantaro en los periodos 2017, 2018 y 2019	90
Tabla 16 Medias por mínimos cuadrados para índice de calidad de agua con intervalos de confianza del 95,0%.....	91
Tabla 17 Matriz de consistencia.....	108

Índice de figuras

Figura 1 Rangos de clasificación de los ICA	64
Figura 2 Curvas de función.....	66
Figura 3 Ubicación y localización del área de estudio zona urbana de Huancavelica	79
Figura 4 Ubicación y localización del área de estudio zona de vertimiento de la mina Kolpa.....	79
Figura 5 Ubicación y localización del área de estudio zona de vertimiento del río Opamayo	79
Figura 6 Ubicación y localización del área de estudio zona de vertimiento del río Mantaro.....	80
Figura 7 Evaluación especial de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del índice de calidad de agua.....	85
Figura 8 Evaluación temporal de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del índice de calidad de agua.....	86
Figura 9 Evaluación de la influencia de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el índice de la calidad de agua de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera, Mantaro.....	87
Figura 10 Evaluación espacial de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera, Mantaro.....	88
Figura 11 Diagrama de caja y bigotes del índice de calidad de agua mediante la evaluación espacial.....	89
Figura 12 Diagrama de caja y bigotes del índice de calidad de agua mediante la evaluación temporal.....	89
Figura 13 Evaluación espacial temporal del índice de calidad de agua	91
Figura 14 Escala vertical de la evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua.....	92

Introducción

La presente investigación está enfocada a responder el siguiente problema ¿Cuál es la variación espacial y temporal del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?, esto debido a que el agua, viene a ser el componente de la naturaleza, el cual es de primera necesidad para los seres vivos, como también aquel elemento natural que configura los sistemas medioambientales, e imprescindible para el equilibrio y toda vida existente en el planeta por ser aquel vector que desarrolla los procesos biológicos. Instrumento estratégico de sustento y crecimiento económico a través de su uso en agricultura, pesca, producción de energía, turismo e industria y a la vez, origen de conflictos geopolíticos. Esencial en la regulación del clima, así como elemento clave para la salud y la calidad de vida (Piqueras 2015).

La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (Organización Mundial de la Salud, 2017).

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 y la desaparición de especies hidrobiológicas (Calla, 2010).

El Índice de Calidad del Agua (ICA), consiste fundamental en una combinación más o menos compleja de números de parámetros, de modo que sirven como una medida de la calidad del agua. El índice se puede representar de las siguientes maneras: por un rango, un número, un símbolo, una descripción verbal, o un color. Puede ser utilizado como base teórica y conceptual con el único propósito de comunicar información sobre la calidad del ambiente alterado y para evaluar la susceptibilidad o la vulnerabilidad del agua a la contaminación. Actualmente es muy usada para poder conocer la calidad de una fuente de agua y poder prevenir la contaminación a través de propuestas de solución (Universidad de Pamplona, 2010).

En la presente tesis relacionado a la Calidad del Agua de fuentes superficiales, surge por la preocupación del estado situacional del río Ichu, Opamayo, Escalera y Mantaro, que actualmente se ve influenciado por la actividad minera y urbana.

Es por ello que se realizó esta investigación con el fin de realizar la evaluación de la variación espacial y temporal del índice de calidad de agua de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo tomando como base los parámetros fisicoquímicos y microbiológico durante el periodo 2017-2019, para ello se recopiló información de la base de datos de los monitoreos de fuentes superficiales realizados por la Autoridad Local del Agua de Huancavelica, dichas características primero fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, categoría III riego de vegetales y Bebida de animales aprobado con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, para luego aplicara la metodología ICA PE y de esta manera observar cómo varía la calidad del agua en el transcurso del tiempo, así poder brindar esta información a la población y las autoridades competentes para que puedan tomar decisiones inmediatas ante esta problemática ambiental. Del modo que también servirá como antecedente para nuevas investigaciones.

La presente tesis consta de las siguientes partes: CAPÍTULO I: el problema. CAPÍTULO II: marco teórico. CAPÍTULO III: metodología de la investigación. CAPÍTULO IV: presentación de resultados y por último se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, anexos, matriz de consistencia, instrumento de recolección de datos y base de datos.

El autor

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de 6.000 millones de seres humanos, se enfrenta en este inicio del siglo veintiuno con una grave crisis del agua. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, sustancialmente causada por la utilización de métodos inadecuados, su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos, por solventar a sus necesidades básicas de alimentación (La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2003).

El agua abunda más en el continente americano, pero presenta debilidades institucionales en las acciones o diligencias de sus recursos hídricos. América latina cuenta con el 30% del agua, en la cual se puede considerarse como reserva de agua a nivel mundial, pero aún no se le ha reconocido la característica de recursos estratégico ni se ha posicionado como un elemento de seguridad (Autoridad Nacional del Agua, et al, 2011).

Ha estado primando intervenciones en temas de calidad de los recursos hídricos desde el año 2010, por medio del desarrollo de acciones de identificación de fuentes potenciales de deterioro de la calidad del recurso hídrico y los monitoreos de calidad de los cuerpos de agua naturales. Como producto de ello, se demostró que la principal presión en la calidad del recurso hídrico es la descarga de aguas residuales provenientes de los habitantes, de igual modo de los botaderos de residuos sólidos y pasivos ambientales mineros. (Autoridad Nacional del agua, s/f, párr. 1)

El Perú es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, uno de los principales impactos se manifiesta en la escasez del agua. Esto sumado al problema de la calidad del agua que enfrenta nuestro país, hace que el Estado se plantee una serie

de retos; al ser este recurso un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural indispensable en la configuración de los ecosistemas (Aquino & Pavel, 2017).

La Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH) de la ANA, a través de un diagnóstico elaborado el año 2012, muestra las principales fuentes de contaminación y origen, siendo uno de ellos el vertimiento de aguas residuales municipales propias de la influencia de las actividades humanas en las ciudades. Otra fuente importante está relacionada con las actividades mineras como la informal y los pasivos ambientales mineros. (Aquino y Pavel, 2017 p.29). En términos de sectores productivos, de acuerdo al registro 2009-2017 de la ANA, el sector minero vierte el mayor volumen de agua residual tratada en el país, con un total de 1835.87 hm³, representando el 59% del volumen total acumulado dentro de dicho periodo. Le siguen: el sector saneamiento con 960.89 hm³, equivalente al 31%; y la actividad energética con 224 hm³ correspondientes a un 7%. (Aquino y Pavel, 2017, p. 69)

La minería se viene desarrollando en latinoamericana desde siglos atrás que ineludiblemente generan residuos. Las viejas prácticas mineras y el manejo inadecuado de estos residuos como también la inexistencia de normas precisas ha devenido en la acumulación de pasivos ambientales mineros provocando contaminación de recursos naturales cuyo uso puede poner en riesgo la salud pública. (Yupari, s.f. p.5)

La producción y el potencial minero a colocado al Perú como uno de los países más importantes a nivel mundial. América latina se clasifica en primer lugar en la producción de plomo, plata, oro, plomo y zinc, además es el segundo en la producción de cobre. A nivel mundial ocupa el primer lugar en plata (16.48%) tercer lugar en zinc (12.15%), cobre (6.86%), y estaño; cuarto lugar en plomo (9.52%) y quinto lugar en oro (8.01%). (Dammert & Molinelli, 2007, p.10)

La minería en el Perú se desarrolla en Cuzco, Cajamarca, Moquegua, Tacna, Ica, Lima, Arequipa, Junín, Piura, Ancash, Huancavelica y Lambayeque.

En el reportaje Cuarto Poder, se visualizó que en el distrito de San Pedro de Coris (Huancavelica), más de 67 mil 400 metros cúbicos de relave se desprendieron de su zona de tratamiento y afectaron un área considerable hasta llegar el mismo río Mantaro (Cuarto Poder, 2019).

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), la acción alteró un total de 41 574 metros cuadrados, afectando la subestación eléctrica Cobriza II y el taller de mantenimiento de la unidad minera, hasta alcanzar a una de las corrientes naturales de agua más importante del centro del país. El hecho, ocurrido en la unidad minera Cobriza de la empresa Doe Run Perú, habría sucedido por la falta de mantenimiento de los pozos que contienen estos residuos mineros altamente contaminantes (Cuarto Poder, 2019).

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ordenó mediante una medida administrativa, dictada el 30 de abril del 2018, a la Compañía Minera Kolpa S.A. derivar, conducir y descargar las aguas del canal de coronación Comihuasa para evitar el arrastre de material de construcción de acceso hacia el río Escalera, en la unidad minera Huachacolpa Uno, ubicada en el distrito de Huachacolpa, provincia y departamento de Huancavelica (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2018).

La situación más grave de contaminación y la destrucción de la ecología de los últimos tiempos se vivió el último fin de semana en la provincia de Angaraes-Lircay a consecuencia de que los tristemente célebres relaves de la Compañía Minera Caudalosa se colaran nuevamente y en gran magnitud en las aguas de la cuenca del río Opamayo, poniendo en clara evidencia la falta de respeto a la naturaleza y la irresponsabilidad de las empresas (CORREO, 2010).

La desgracia del río Opamayo empezó a las 6:10 p.m. del día 25 de junio a consecuencia de la rotura del dique de contención de la presa de relaves "A" de la Cía. Minera Caudalosa que contenía aproximadamente 500 toneladas métricas de relaves mineros, deslizándose por el cauce de los ríos Escalera y Totorapampa hasta extender su contenido tóxico en el río Opamayo, matando a miles de truchas y otras especies fluviales, contaminando pastizales a lo largo de su recorrido en la provincia de Angaraes, región Huancavelica (CORREO, 2010).

El relave minero de la Cía Minera Caudalosa que contiene un concentrado de tóxicos químicos, como mercurio, arsénico, plomo, fue evidenciado por los pobladores lircayanos en horas de la mañana del sábado 26 de junio, quienes indignados señalaron que una vez se ha asesinado el medio ambiente propio del Opamayo y esto es sumamente grave, considerándolo como un acto criminal a la ecología de este río, por lo que alistan una serie de movilizaciones, paros y marchas para hacer escuchar su voz de protesta por el asesinato del río (CORREO, 2010).

El historial ambiental de la empresa minera Caudalosa es tan turbio como los 110 kilómetros del río Opamayo hoy contaminados por 25 mil metros cúbicos de relaves y que han colocado a esta zona de la región más pobre del país, Huancavelica, en emergencia (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina [OCMAL], 2010).

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) indica que el alto vertimiento de relaves ha perjudicado toda esa e ribereña. El río Opamayo cambia de nombres conforme recorre los pueblos de la zona: el tramo más cercano a los depósitos de relaves se denomina río Escalera, luego se convierte en río Huachocolpa, Lircay y otros. Varios nombres, pero una sola contaminación (OCMAL, 2010).

Quispe (2010), indico que el vertimiento de relaves mineros hacia el rio Escalera, Opamayo y Mantaro genero desequilibrio en la calidad del agua de estos ríos y en consecuencia a ello problemas en el factor abiótico y biótico del ecosistema.

Actualmente en el Perú, la Autoridad Nacional del Agua ha diseñado la metodología denominada ICA – Pe, con el fin de obtener el Índice de Calidad de Agua de las aguas superficiales, destinadas a los diferentes usos.

En mérito a toda la problemática que acarrea la afectación a la calidad de agua de los ríos Escalera, Ichu, Opamayo y Mantaro en la provincia y departamento de Huancavelica, se vio la necesidad de evaluar el Índice de Calidad de Agua aplicando la metodología ICA-Pe, como también identificar a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que estén persistiendo en contra de la calidad Escalera, Ichu, Mantaro. Y Opamayo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la variación especial y temporal del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación especial del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?
- ¿Cuál es la variación temporal del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar la variación de la evaluación espacial y temporal el índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la variación de la evaluación espacial del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.
- Caracterizar la variación de la evaluación temporal el índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.

1.4. Justificación

La presente investigación tiene como propósito contribuir con la gestión integral del recurso hídrico a través de la Evaluación del Índice de Calidad del Agua en el Río Escalera y su variación en el tiempo y hacer de conocimiento público los resultados del mismo y posteriormente poner el tema en la agenda pública regional como tema de atención prioritaria para tomar medidas correctivas inmediatas por parte de la máxima Autoridad Nacional del Agua del país y entidades competentes y así para evitar alteración de la calidad del agua del río Escalera en Huancavelica y preservar el ecosistema acuático.

De la misma forma se pretende aportar cognitivamente al repositorio de la Universidad Nacional de Huancavelica como antecedente para futuras investigaciones de nivel relacional, explicativo o predictivo, que puedan resolver o controlar los problemas de calidad de agua,

Ya que el consumo de este recurso aumenta rápidamente y sus fuentes de abastecimiento se encuentran en riesgo por los contaminantes generados por la humanidad. Se requiere entonces manejar adecuadamente este recurso y monitorear constantemente su calidad (Rojas *et al.* 2001).

Un ambiente acuático contaminado afecta la calidad del recurso hídrico y esto significa la entrada indirecta o directa de sustancias dañinas, por lo que resulta en problemas tales como: efectos en la salud de los humanos, daños a los organismos vivos, impedimento de actividades acuáticas e interferencia sobre actividades económicas como el abastecimiento de agua, el riego y para la industria. La calidad del agua de muchos ríos

de alrededor del mundo se ha degradado debido a actividades antropogénicas dado que el agua, tomada para algún propósito y luego retornada, estará contaminada de un modo u otro (Téves, 2016).

En estos tiempos, somos relativamente capaces de distinguir o identificar los impactos de la contaminación y el uso desmedido de las aguas subterráneas y superficiales sobre la cantidad y calidad del recurso. Ahora nos encontramos en el momento preciso para fundar programas específicos con la finalidad de reducir dichos impactos en los países en desarrollo. Mientras tanto, a nivel nacional y de cuenca fluvial, se reconoce, cada vez más, la necesidad de disponer de buena información sobre la calidad del agua, algo esencial para evaluar los impactos y elaborar estrategias de utilización y reutilización del agua que satisfagan las demandas de calidad y cantidad (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] 2006).

Los deterioros de las fuentes de abastecimiento de agua requieren una evaluación de su calidad lo que permitirá tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura. Una herramienta para conocer el estado de un cuerpo de agua son los Índices de Calidad de Agua – ICA (Torres *et al.* 2009).

Actualmente no se cuenta con información en cuanto a la metafísica del índice de calidad del agua bajo la óptica del método Ica Pe, del río Ichu y por todo lo mencionado, el desarrollo de la presente tesis se justifica en la necesidad de determinar la metafísica del índice de calidad del agua bajo la óptica del método Ica Pe, del río Ichu afectado por el vertimiento de aguas hervidas al río Ichu, aplicando la metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE), así mismo los parámetros que se evaluaron serán comparados con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3 – Riego de vegetales y bebida de animales.

Limitaciones del estudio

La presente tesis estuvo limitada en el aspecto bibliográfico debido a que las normas, leyes, protocolos, estándares de calidad ambiental, límites máximos permisibles y entre otros se encuentran fuera de los cinco años como lo indica la ficha de evaluación de la escuela de posgrado, de la misma forma hubo escases de artículos científicos actualizados en la base de datos de revistas indexadas y no indexadas.

De la misma forma hubo limitaciones en el ámbito de estudio, debido a que solo se tuvieron 2 a 3 muestras como puntos de monitoreo por cada cuerpo de agua.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Aveiga, et al (2019), realizaron la investigación: *Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí*, el objetivo fue determinar las variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal (Manabí) en 21 estaciones de muestreo, cubriendo una extensión de 51 km, Metodología la investigación fue de tipo aplicada, nivel explicativo, donde la población estuvo conformada por el río Carrizal y la muestra fue de 7, 5 y 9 puntos de monitoreo en la microcuenca, embalse y en la subcuenca respectivamente, tomaron muestras al azar empleando el sistema factorial, a partir de ello estableció una correlación de parámetros así como en las posiciones geográficas, luego calculo en índice de calidad de agua en donde encontró la concentración de minerales de magnesio, sulfatos, calcio y carbonatos, también el incremento de la conductividad eléctrica, sólidos totales, y potencial redox, finalmente concluyen que existe una correlación entre las diversas posiciones geográficas monitoreadas y los parámetros físicos del agua, que tienen como causa las actividades antropogénicas que se dan en los lugares evaluados.

Mora, et al (2018), investigaron: *Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano en Costa Rica (IRCACH)*, el objetivo fue facilitar la interpretación de los análisis del agua para consumo en los sistemas de abastecimiento en Costa Rica. Metodología, realizaron la clasificación de los parámetros determinantes que son los físicoquímicos y microbiológicos, y a partir de ello definieron 5 niveles de riesgo que van desde el riesgo muy bajo hasta el riesgo muy alto, a partir de ello obtuvieron los siguientes resultados: obtuvieron un nivel de riesgo bajo ya que la concentración de los parámetros no superan el 10%, en cuanto a los parámetros microbiológicos se realizó el recuento de los coliformes fecales que obtuvieron 25 puntos y se ubica por debajo del 95%, finalmente concluyen que la aplicación del índice de riesgo de la calidad de agua para consumo

humano establece o ayuda a indicar los niveles de riesgo que tiene el consumidor así como las condiciones organolépticas o estéticas.

Yáñez (2018), realizó la tesis *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*, 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 contaminantes determinados 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 posterior a ello se calculó 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 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, la vertiente Preñadilla y Desaguadero tienden a tener valores más mayores de índice de calidad, 59,16 y 55,67 respectivamente, 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 titulado: *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI* 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 espacio-temporal.

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 empleo fue un análisis de los parámetros físicos para la evaluación de los índices de contaminación por mineralización, que a partir de ello obtuvo y el mediante el análisis de las estaciones de muestreo tanto de río como de la bocatoma obtuvo que el índice de contaminación por mineralización es alto debido a que existen gran cantidad de puntos que tienen una alta concentración de mercurio, finalmente concluye el índice de contaminación es alto ya que existen sistemas de extracción de mineral alrededor de los recursos hídricos evaluados, a partir de ello se indica también los parámetros físicos aumentan sus niveles, pero la extracción es diaria teniendo un promedio de 13.4 Kg/día, y en la zona no hay un control ambiental adecuado.

Hernández, et al (2016), realizaron la investigación: *Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río Suquipata, Santa Ana, El Salvador*, el objetivo determinar haciendo uso de los parámetros: Potencial de Hidrógeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días, Nitratos, Fosfatos, Cambio de Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales, metodología se calculó el índice de calidad del agua propuesto por la NSF en la parte alta de la sub cuenca del Río Suquiapa, resultados obtenidos de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y del parámetro biótico, necesarios para el cálculo del índice de calidad, se determinaron las aptitudes de uso para los diferentes puntos evaluados en el tramo en estudio, haciendo una comparativa con los

límites establecidos en el Decreto 51 y parámetros adicionales establecidos de acuerdo al MARN en un estudio realizado en el año 2013. Conclusión de acuerdo al cálculo del índice de calidad del agua NSF, de los 18 puntos muestreados en la parte alta de la subcuenca del Río Suquiapa, el 11.11% poseen calidad mala, siendo estos puntos el A01SUQUI y el A03SUQUI y el 88.89% poseen calidad media. El NSF-WQI promedio para el Río Suquiapa posee un valor de 50.35, clasificándose su calidad como media.

Sarabia (2016), investigo la: *Determinación de los índices de calidad del agua (ICA-NSF E ISCA) para consumo humano de los ríos Teocinte y Acatán, que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa Zona 16, Guatemala*, objetivo fue determinar los Índice de Calidad del Agua ICA-NSF e Índice Simplificado de Calidad del Agua ISCA de los ríos Teocinte y Acatán que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa ubicada en la zona 16, Guatemala, metodología se realizarán 4 muestreos fisicoquímicos y bacteriológicos en los meses de agosto a noviembre de 2015 a los tres vertederos que conducen y abastecen la Planta Santa Luisa Teocinte 18”, Teocinte 20” y Acatan, así también para los datos históricos del periodo 2007- 2014. Resultados obtenidos en el periodo del 2007-2015 al ser comparados con los valores de la Norma de fuentes de agua de OMS, cumplen con los límites de la misma, por lo que dicha agua puede ser tratada para consumo humano. Conclusión los Índice de Calidad del Agua ICA-NSF e ISCA se encuentran entre los rangos de (26-70 para el ICA y 46-85 para el ISCA), establecidos para realizar el tratamiento para consumo humano, los Índices de Calidad del Agua ICA-NSF e ISCA para los muestreos realizado durante el periodo de agosto a noviembre 2015 oscilaron en el rango de 26-70 para el ICA y 46-85 para el ISCA.

Pauta y Chang (2014), realizaron la investigación: *Índices de calidad del agua de fuentes superficiales y aspectos toxicológicos, evaluación del Río Burgay*, determinar los índices de calidad del agua de fuentes superficiales y aspectos toxicológicos, evaluación del Río Burgay, metodología los modelos de calidad empleados se basan en ecuaciones y metodologías formuladas por organismos internacionales como la EPA (Agencia Internacional para la protección del Medio Ambiente), la OMS (Organización Mundial de la Salud), el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCMA), entre otros, resultados el máximo valor de ICA 71.4, se registra en la estación Cachi, en cambio el mínimo de 39.3 en la estación Burgay DJ. Déleg; los principales resultados de la investigación fueron que existe un aumento del caudal y se da de manera constante, pero existen indicadores como el uso de suelos, descargas de aguas residuales y demás que

generan la pérdida de calidad de agua, finalmente concluyen que al aplicar el modelo planteado se puede señalar que en la parte alta el río se encuentra como poco contaminada y en las partes medias y bajas se encuentra contaminado, así mismo la industrialización, el uso del suelo y la urbanización afectan de manera directa a la calidad del agua debido a su dispersión y su naturaleza.

Quispe (2016), en su trabajo de investigación titulado: *Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la Estación Experimental de Cota Cota*, de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del agua para riego de los cultivos agrícolas de la estación, calculando los parámetros físicos químicos de primer y segundo grado de los puntos de muestreo seleccionados (Manantial, tanque y río) el cual se ubicó en la época húmeda y época seca en la gestión agrícola 2013 -2014, según lo indicado en los resultados recopilados, se llega a la conclusión de que el potencial de hidrógeno, pH de las muestras tanto en época húmeda como seca evidencian datos dentro del rango de 7,5 y 8,3. Los aniones: Cl⁻¹, NO₃⁻¹, PO₄⁻², SO₄⁻² evidencian un variado comportamiento, sus concentraciones se encuentran por debajo de los límites permisibles. En general, confirman que las aguas analizadas no evidencian problemas de calidad en cuanto a su concentración física y química, los parámetros que se han analizados se encuentran dentro de los rangos o límites indicados en las Normas estudiadas para el efecto.

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 diferencias significativas 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.

Kieffer ,*et at.* (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.

Diaz (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, Oregon 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.

Rubio, et al (2014), investigaron: *Índices de calidad (ICA) en la presa la Boquilla en Chihuahua, México*, el objetivo fue determinar un ICA para la presa La Boquilla en Chihuahua, México, metodología seis puntos de muestreo fueron seleccionados aleatoriamente y muestras de agua se colectaron mensualmente, a cuatro profundidades: 0.30 m, 5.0 m, 10.0 m y 15.0 m. Se cuantificó el potencial hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), temperatura (T), cloruros (Cl⁻), dureza total (DT) y turbidez. Al realizar el análisis estadístico empleo un tratamiento factorial analizando los tiempos de muestreo y la profundidad, finalmente los resultados fueron: para el índice de calidad evaluado a 0.3 metros y a 15 metros se aplicó la evaluación universal, el pH varió del 7.6 a 9.1, la temperatura fue de 11.6°C a 25.5°, el oxígeno disuelto fue de 4.9 mg/L a 12.1 mg/L, la conductividad eléctrica estuvo entre 173 µS/cm a 210 µS/cm finalmente concluye que el agua es apta para la producción agrícola, producción piscícola y uso pecuario.

Gil (2014), en su investigación titulado: *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macro invertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa*; donde plantearon por objetivo Identificar la calidad del agua a través de variables físico químicas, y el grupo de macroinvertebrados que representaban a los bioindicadores en la cuenca del Río Garagoa como parte metodológica se acogieron a los puntos de muestreo establecidos por la red de monitoreo (Caracol, Puente Olaya, la Guaya, El Punteadero, Fusavita, Quinchatoque, inicio del Río Garagoa, Las Delicias, Quebrada La Únicay Puente Adriana). El mayor índice de calidad del agua se ha ubicado en la época de sequía y de valor menor en la época de lluvias. Ubicándose solo en la estación E7, perteneciente al

Río Fusavita, todo ello en el período de seguía viniendo a ser la única muestra en el intervalo mayor (81 a 100) el cual se refiere a que el cuerpo de agua se encuentra en niveles de calidad aceptable. El mayor número de estaciones se ubican en el intervalo de corrientes que tienen indicios de contaminación, (51 a 80), viniendo a ser ello fuera del período en el cual se llevó a cabo el muestreo, con excepción de la estación E9, La Frontera, en los dos períodos de muestreo y las estaciones E10, Quebrada la Quigua y E11, Puente Olaya, ya que, en el período de lluvias, se ubican en un rango de 21 a 50 e lo cual indica un estado de contaminación que busca una rápida atención.

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.

González, et al, (2013), en su tesis *Aplicación de los Índices de Calidad de Agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia*, planteó por objetivo evaluar la calidad de agua de la quebrada La Ayurá en Envigado- Antioquia Colombia, a través de la aplicación de los índices de Calidad de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF), de calidad de Dinius y el índice biótico BMWP. La metodología de la investigación consistió en la estimación de estos índices se aplicó con la recopilación de información en tres diferentes sitios a través de tres muestreos. Se calcularon variables fisicoquímicas y microbiológicas, también se ejecutaron muestreos cualitativos y cuantitativos de macroinvertebrados acuáticos. Como parte de la aplicación de esta metodología logró reconocer el comportamiento fisicoquímico y de la comunidad

biológica en los sitios distintos. Los resultados fisicoquímicos, microbiológicos, macroinvertebrados acuáticos y de los índices reflejaron que en la estación 1 se evidencia una calidad buena del agua y en las estaciones 2 y 3 un deterioro de magnitud media en cuanto a la calidad del agua. Finalmente se concluye en que respecto a los resultados emitidos por los 3 índices evaluados en la investigación se ubicó que en la quebrada La Ayura en la estación 1 se evidenció una calidad de agua buena, sin embargo, en las otras estaciones arrojaron un deterioro a causa de la actividad antrópica que existe en los alrededores de estos puntos de muestreo.

Chávez, *et al*, (2012) en su investigación titulado: *Evaluación del Índice de Calidad de Agua en la Bahía de Jiquilisco, definición de metodologías de muestreo, validación y cuantificaciones analíticas para agua salada* en El Salvador, planteo por objetivo indicar de manera general la calidad de agua de la Bahía de Jiquilisco. La metodología de la investigación fue en primer lugar biofísica y socioeconómica, el muestreo se realizó por 3 meses en el año 2012, se realizó el análisis fisicoquímico mediante el índice CCME-WQI, desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente para realizar la identificación de la calidad de agua y en cálculo del índice, se tuvo en cuenta la evaluación de los parámetros fitoquímicos y microbiológicos, se realizaron en 5 puntos. Los principales resultados fueron en cuanto a los rangos de salinidad se encuentran en promedios de 0.5 a 6 unidades, así mismo obtuvo rangos de salinidad superiores que variaron de 27 a 31 ups también la DBO influye significativamente en la calidad de agua, así como en la medición del índice de calidad. Finalmente, la presente investigación ha concluido en que los factores principales que varían en la calidad de las aguas evaluadas, así también los factores del entorno influyen en la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos las aguas marino-costeras de la Bahía de Jiquilisco.

Torres (2009), investigo: *Desarrollo y aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico*, el objetivo fue desarrollar un procedimiento para calcular un Índice de Calidad de Agua (ICA) para los ríos en Puerto Rico, la metodología el ICA desarrollado considera once constituyentes: coliformes fecales, pH, DBO₅, oxígeno disuelto, nitratos, fósforo total, nitrógeno de amonio, sedimentos suspendidos, mercurio, plomo y temperatura, los cuales fueron determinados mediante la evaluación de un grupo de expertos en la calidad de agua. Los principales resultados fueron que existe una afección en la variación de las condiciones del río en función al tiempo, tomando en cuenta el 2005 como año húmedo y el 1997 se tomó como año seco, y al realizar el análisis

se puede señalar que el índice de calidad del agua tiene un estado de alerta ya que la calidad de agua y las características físicas varían ampliamente de acuerdo a las estaciones evaluadas.

Naranjo et al. (2005) realizó: *Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua utilizando el índice BMWP-Cub para ríos cubanos*, el fin primordial fue determinar los niveles de tolerancia de las familias de macroinvertebrados, en una escala de 0-10, la metodología aplicada para las 29 localidades; 29 en época seca (noviembre-febrero) y 20 en lluvia (mayo-agosto). Se emplearon 3 métodos de recolección jameo contracorriente, en orilla y el levantamiento de piedras, obtuvo que 69 familias de macro-invertebrados obtuvieron una contaminación orgánica, en cuencas altas, de 22 muestreos realizados 20 poseen calidad del agua entre buena y aceptable, finalmente el 90.9% en zonas medias, de 16 muestreos solo 1 resultó ser el no esperado, de la misma manera el 95,9% tuvo una eficiencia general del índice, también obtuvieron valores del índice cubano que se agrupó en 5 clases de calidad y finalmente concluyen que los índices de la calidad del agua de los ríos se encuentran sometidos a contaminación orgánica.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Jimenez y Llico (2020), investigaron: *Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el índice de calidad ambiental para agua. Cajamarca 2019*, el objetivo evaluar la calidad de agua del río Muyoc según ICA – PE. Metodología el cual incorpora parámetros físicos, químicos y microbiológicos. En cada uno de los monitoreos, se calculó eficazmente teniendo como resultado del primer monitoreo lo siguiente puntos: P1 cabecera de cuenca, P2 parte media y P3 parte baja de la cuenca. Con la finalidad de evaluar si la calidad de agua es buena o mala para el riego de vegetales y bebida de animales. Los resultados de la evaluación nos indican que en el primer monitoreo cloruros M1= 9217.78; M2= 7090.6 y M3= 7799.6 y pH: M1=4.5; M2=4.03; M3= 4.3 son los parámetros que sobrepasan los valores establecidos por del ECA – Agua, en conclusión, se evaluó la calidad de agua del río Muyoc en dos épocas del año, en época de estiaje y en época de lluvia, en el primer monitoreo una calidad de agua BUENA de 79.040 y en segundo monitoreo una calidad de agua Excelente de 100.

Alarcón (2019), investigó la tesis: *Aplicación de métodos de índices de calidad de agua (ICA) en el río Rímac*, el objetivo fue evaluar la confiabilidad de los métodos existentes de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac. Existe una gran variedad

de métodos aplicados al cálculo del índice de calidad respecto a los parámetros de calidad de agua, así como su fórmula matemática, ponderación y calculo final, la metodología empleada en el proyecto fue análisis de diversos criterios tomando en cuenta cuatro puntos de muestreo y a partir de ello proponer un método específico para su aplicación, empleó siete métodos para evaluar los índices de calidad y su eficacia fue calculada mediante el software ICATest versión 1.0 así como también se emplearon hojas de cálculo para una mejor determinación. Luego, se clasificaron los métodos seleccionados en base a 3 criterios: análisis estadístico, accesibilidad a los parámetros requeridos y evaluación de parámetros utilizados en el ICA. Los principales resultados demuestran diferentes resultados tanto en el ICA – NSF, ICA – PE, ICA – Universal los cuales se evaluaron en un intervalo de “bueno” a “medio, finalmente entre los 7 métodos evaluados, en conclusión, del ICA – NSF como el método más adecuado para el río evaluado.

Delgado (2019), investigo: *Diagnóstico de la calidad del agua y diseño de propuesta de solución para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA) en el río Colca*, objetivo diagnosticar la calidad del agua, entre los años 2012 a 2017, y diseñar una propuesta de solución establecida en base al Índice de Calidad de Agua, en el río Colca dentro de la cuenca Camana, metodología es de tipo descriptiva se recopilaron información de monitoreos realizados por instituciones ligadas al recurso hídrico (Autoridad Nacional del Agua y otros). Los resultados fueron: el caudal evaluado presenta una gestión inadecuada de aguas residuales líquidas con alrededor de 125 contaminantes, los parámetros evaluados fueron los fisicoquímicos como pH, DBO, cloruros, metales, DQO, finalmente señala que el ICA indicó en algunos tramos del río Colca muestra una condición buena y regular así mismo existen 125 fuentes contaminantes en el trayecto del río Colca de los cuales el 71 % del total se encuentran activos, mientras que un 29% fueron eliminados.

Puerta (2019), realizo la investigación: *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA-PE*, con el objetivo de determinar la influencia de la descarga del río Mayo, en la calidad de agua del río Huallaga, metodología se aplicó los materiales indicados para el muestreo de agua, el cálculo del índice de calidad de agua fue realizado por Microsoft Excel en donde se concentró 5 parámetros que son conductividad, pH, OD, DBO y coliformes termotolerantes, los principales resultados fueron del pH que varía 6.6 y 7.88, la temperatura del agua que tuvo valores de 24.5°C a 26.4°C, así mismo la conductividad eléctrica fue de 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 312 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de la misma manera el Oxígeno Disuelto obtuvo

valores que varían de 6.28 mg/L y 7.04 mg/L, la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtuvo valores menores a 2.60 mg/l finalmente los coliformes termo tolerantes fueron de 130 NMP/100ml y 16000 NMP/100ml; finalmente para el cálculo el ICA-Pese obtuvo una calidad regular con un valor de 71.84 finalmente concluye que la metodología aplicada indico que el rio evaluado obtuvo una calidad regular en relación a los parámetros evaluados, pero en cada tiempo la calidad de agua es amenazada.

Uriburu (2018), realizo la investigación: *Determinación del índice de calidad de agua de consumo humano, del centro poblado de agua fresca, Distrito de Chontabamba-2018*, el objetivo fue determinar el índice de calidad del agua que consumo humano de la población de Agua Fresca, ubicado en el distrito de Chontabamba provincia de Oxapampa. Metodología para ello identifico el lugar de muestreo, siendo elegido la captación del sistema de tratamiento de agua, toda vez que dicha población consume agua sin desinfección, analizándose parámetros campo (Temperatura, pH y OD) fisicoquímico (Conductividad eléctrica, color verdadero, STD, turbidez, Cianuro, nitritos, nitrato, DBO5, fosfato, cloruros, dureza y flúor), los cuales se encuentran dentro del rango establecido por los LMP ECAs de la normativa nacional y parámetros bacteriológicos (coliformes totales, coliformes termotolerantes, echeria Coli y organismos de vida libre), los cuales superan los LMP de la normativa nacional. La recolección de la información se realizó mediante toma de muestras en campo, realizando el monitoreo con equipos multiparametro de agua, y para el análisis químico y bacteriológico se envió las muestras a la ciudad de Lima. Los resultados finales arroja que en el centro poblado de Agua Fresca tiene un ICA de 79,08 el cual fue determinado por el método NSF, donde considera 9 parámetros de mayor importancia como son: para el OD; coliformes fecales; pH; DBO5 ; NO3-N; fosfatos; desviación de temperatura; turbiedad y SDT (Ott, 1978); con una ponderación de para el 0,17; 0,15; 0,12; 0,10; 0,10; 0,10; 0,10 0,08 y 0,08 respectivamente.

Pari (2017), investigo la tesis titulado: *Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea- Puno*, para la obtención de título profesional de ingeniero agrícola, el objetivo de la investigación fue evaluar los efectos (de acuerdo a los ECAs para aguas) por derrame de relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea (micro cuenca Alto Azángaro) los cuales contienen metales pesados, metodología se aplicó técnicas como la toma de muestras de agua superficial en cinco puntos estratégicos, programando dos campañas de muestreo; una en épocas de avenida (Marzo) y otra en épocas de estiaje (Junio). los resultados principales indican que en la cuenca se tiene

presencia de Aluminio en 96.780 mg/l, también Hierro en 131.900 mg/l. la cuales superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas, finalmente concluye que la calidad de agua es mala ya que existe presencia de metales pesados los cuales generan efectos adversos en el agua, así como para la población que consume esta agua.

Velarde (2016), en su investigación titulado: *Índice de calidad de agua superficial del río Chili en el sector de Sachaca-Tiabaya-Huayco*, en Arequipa, tuvo como objetivo general evaluar el índice de calidad de agua superficial en el Río Chili- Sectores como Sachaca, Tiabaya y Huayco. En esta investigación la metodología que se ha empleado vino a ser el estudio comparativo de cuatro índices de calidad del agua (ICA): Índice de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (NSF WQI), ICA de México (del autor Luis F. León), Índices de Contaminación (ICOs) de Colombia y el ICA armonizado por 12 países de Latinoamérica y el Caribe, Índice de Calidad del Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI), como indicadores que son eficaces y vigentes lo cual brinda una adecuada clasificación de cursos de aguas superficiales en relación a su aptitud para sustentar comunidades acuáticas y actividades de riego. Los resultados logrados en los puntos más alterados vienen a ser el sector de Tiabaya y el sector del Huayco, es aquí donde se refleja a los valores de estos parámetros y de los cuales quienes sobrepasan por mucho los ECA, y los índices de calidad analizados, donde dan como resultado que el cuerpo de agua es de mala calidad. En el sector del puente de San Martín se posee un agua de buena calidad, y en el sector del puente de Tingo se refleja un agua de calidad regular, y que si no se le presta el cuidado debido ello podrá transformarse en un agua de mala calidad. Finalmente, la conclusión a la que llega el investigador luego de comparar los datos recopilados con los límites establecidos por los ECA se indica que las aguas del río Chili no podría ser adecuada para el riego de vegetales.

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 la concentración de los parámetros evaluados supera o no los estándares nacionales de calidad ambiental para agua. La metodología utiliza 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 investigación: *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 identificados fueron los fisicoquímicos. 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 titulado: *Calidad del recurso hídrico de la subcuenca del río Lampa – Huancayo*. Los objetivos planteados en la presente investigación fueron; analizar la calidad del agua de la sub cuenca del río Lampa; indicar las características físicas, bioquímicas y biológicas de la sub cuenca del río Lampa; ubicar y caracterizar las fuentes contaminantes que existen a nivel de la sub cuenca 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, en la mayoría de las localidades presenta ECA categoría 1, existe el parámetro coliformes fecales y solidos 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.

Sotil y Flores (2016), en su trabajo de investigación titulado: *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazan – Loreto, 2016*, establecen como objetivo, la identificación de parámetros, in situ, como en los laboratorios de la FIQ – UNAP, el cual refleja el actual estado de la corriente de agua de este río. La metodología que se ha usado para comprender en su totalidad lo que se interpreta a los valores de cada parámetro, para ello se usó el Decreto Supremo 002–2008–MINAN. Se tuvo en cuenta que el recurso hídrico encontrado en el río Mazan, no han presentado indicios de contaminación. Concluyeron que el río Mazan, está caracterizado por poseer aguas con déficit contenido de materiales en suspensión, el cual está constituido en su mayoría por material orgánico, con valores mínimos de conductividad, que refleja déficit en relación al contenido de electrolitos y nutrientes (Nitratos, Carbonatos, Sulfatos, Fosfatos), en donde abundan los ácidos húmicos, el cual esta generado por la desintegración de la materia orgánica.

Laurente (2015), investigo: *Variación del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ICA-NSF) en un tramo de la quebrada Cruz de Motupe*, el objetivo de la investigación fue determinar la variación de los valores del ICA-NSF en un tramo de la quebrada Cruz de Motupe, metodología se establecieron tres puntos de recolección de muestras de agua en la quebrada de Cruz de Motupe con respecto a los distintos usos que se le da durante su recorrido dentro del fundo Santa Lucia – IIAP, los puntos fueron geo referenciados con el uso de GPS; resultados los subíndices de calidad del agua en la parte alta, como el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) = 90 mgO₂/L con subíndice de 94; coliformes fecales = 6.3 NMP/100ml con un subíndice de 80; donde el pH = 7.9 cuyo subíndice de calidad es 88; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 2.8 mgO₂/L con subíndice de 73; Temperatura = 23.7 °C con

subíndice de 19; Fosfato = 0,80 mg/L con subíndice de 57; Nitrato = 0.5 mg/l con subíndice de 96; turbidez con 9 NTU con un subíndice de 82; Sólidos totales = 107.3 mg/L con índice de 84. En conclusión, el ICA-NSF en el primer punto (parte alta) es 76.13; en el segundo punto (parte media) es 71.05, clasificándose los dos puntos de estudio según ICANSF como aguas de calidad “buena”. 2. El ICA-NSF en la parte baja (tercer punto) calidad es 67.48, clasificándose los dos puntos de estudio según ICA-NSF como aguas de calidad “regular”.

Moreno (2015), realizó la investigación: *Índice de calidad de agua (ICA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural- Centro poblado de Paria Willcahuain- Independencia*, el objetivo determinar el índice de calidad del agua (ICA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural en el Centro Poblado de Paria Willcahuain - Independencia con el fin de disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad producidas por enfermedades de transmisión hídrica; metodología el tipo de estudio de acuerdo al fin es aplicada de nivel descriptivo, según el periodo que se capta la información es prospectivo y a la evolución del fenómeno en estudio es de corte transversal; las muestras seleccionadas fueron 35 grifos de los hogares y 4 captaciones; la obtención de las variables cuantitativas (parámetros microbiológicos y parasitológicos; la calidad organoléptica; y los químicos inorgánicos y orgánicos) se realizó siguiendo las Normas Internacionales (APHA- A WWA- WPCF, 1962), en el Laboratorio de Calidad Ambiental- UNASAM; para cuantificar el índice de la calidad del agua se aplicó los métodos: de Brown, Dinius, Landwer y Deninger, Tyson y House, Swamee y Tyagi y el índice del consejo canadiense CCME-WQI, desarrollados en USA, Inglaterra, India y Canadá respectivamente. Los resultados que se obtuvo para las captaciones: ICAsrown=74.26, ICADinius=62.41, ICALandwer y Deninger=67.27, ICATyson y House=55.39, ICAswamee y Tiagi=35.65 y el ICACCME=54.78. Para los grifos de los hogares: ICAsrown=75.31, ICAoinius=63.56, ICALandwer y Deninger=68.12, ICATyson y House=50.90, ICAswamee y Tiagi=33.28 y el ICACCME=65.07; se concluye que la calidad del agua del sistema de abastecimiento en las captaciones y en los puntos de entrega (35 grifos de hogares) no son aptas para el consumo humano requiriéndose tratamiento del tipo A-2.

Monteguardo (2015), investigó: *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua y los ríos Lampa y Cabanillas*, su objetivo fue estimar los Índices de Calidad de Agua, con la finalidad de comparar y obtener un instrumento de gestión para la planificación y conservación de ambos ríos. Metodología para la determinación de los

Índices de calidad de Agua se utilizó el método de Índices de Calidad de Agua (ICA) de la de la Fundación Nacional de Sanidad de Estados Unidos (NSF), para el análisis físico-químico y microbiológico se tomaron ocho muestras del río Lampa y siete muestras en el río Cabanillas, para evaluar de cada muestra los nueve parámetros como son pH, t°, turbidez, oxígeno disuelto, DBO5, fosfatos, nitratos, sólidos totales y coliformes fecales, los datos se utilizaron para determinar el Índice correspondiente. Los resultados obtenidos mostraron el Río Lampa presenta un valor de Índice de calidad de agua promedio de 70.16 y el Río Cabanillas 54.14, ambos valores se encuentran dentro de la clasificación de índice de calidad de agua media, cuyas características son muy similares a la clasificación de cuerpos de agua de la Autoridad Nacional del Agua; los parámetros evaluados de ambos ríos se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental para agua; excepto el DBO5 del río Cabanillas cuyos valores sobrepasan los 15mg/L, con un valor mínimo de 16.8 mg/L y máximo de 42.3 mg/L. Al comparar los resultados obtenidos entre ambos ríos, se concluye que los Índices de calidad de agua del río Lampa son estadísticamente significativos a los del río Cabanillas, el río Cabanillas presenta mayor impacto a nivel de contaminación.

Casilla (2014), en su investigación titulado: *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suhez*, en Puno, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua con el fin de aportar a la identificación y caracterización de zonas contaminadas del ecosistema con el objeto de mejorar la calidad del agua para consumo de los animales, uso de riego y consumo de los pobladores de la cuenca del río. La metodología de la investigación consistió en lo siguiente; el estudio abarcó aproximadamente de 35 km de tramo en el río Suhez al inicio de su desembocadura, con una jerarquía altitudinal entre los 3 904 y 3 844 m.s.n.m. Los resultados obtenidos arrojaron que los sólidos suspendidos son bajos (< a 5 mg/l), y que tienden a aumentar a medida que hay una pendiente más pequeña en la desembocadura; por otra parte, los sólidos totales lograron los valores superiores respecto a otras zona del sector 240 mg/l. Concluyendo se indica que el anión mucho más relevante son los sulfatos (32.0-24.0 mg/l) y el calcio es el catión más abundante (24.0-16.0 mg/l), otros iones calculados indicaron sodio (6.4-6.9 mg/l) y magnesio (5.1-3.4 mg/l). Se indica que Navarro y Maldonado (2004) las aguas reflejan niveles elevados contenidos de sulfatos y bicarbonatos, el calcio, sodio y sílice vienen a ser secundarios.

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-Canadá). Para el WQI NSF las condiciones más optimas 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 termo tolerantes, fosfato y nitrato se han registrado en esta estación son más elevados y el DBO por su lado tiene valores mínimos. Se concluyó en que el fosfato, nitrato, coliformes totales y termo tolerantes 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.

García, *et al*, (2011), en su trabajo de investigación titulado: *Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros Fisicoquímicos y Biológicos. Amazonas, Perú*, realizado en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas - Perú, plantearon como objetivo de la presente investigación la evaluación de la calidad ecológica del agua del río Utcubamba en biológicos en Amazonas, Perú; en el año 2009 con el fin de aportar a la conservación del cuerpo de agua. La metodología de la investigación tuvo en consideración la conformación de la muestra conformada por 21 muestras de agua del río Utcubamba recolectadas a través de tres muestreos (en los meses de mayo, agosto y noviembre), en siete estaciones de monitoreo de la Cuenca del Utcubamba. En los resultados recolectados se evidencia que los valores que superan los Límites Máximos Permisibles para parámetros químicos como pH, oxígeno disuelto, DB05, fosfatos, nitratos y nitritos, reflejan una actividad antropogénica que origina de forma negativa, ubicando en su estudio que en las diversas estaciones de muestreo los valores resultantes en cuanto a nitratos sobrepasan lo indicado en los límites permisibles. Concluyendo se menciona que de los parámetros químicos analizados pueden reflejarse en su gran cantidad presencia de actividad humana, no se

deja de lado tener el conocimiento de que ciertos parámetros como los nitratos y nitritos, pueden ser considerados e incorporados de forma natural en las fuentes de agua.

Bedregal et.al. (2010), investigaron: *Evaluación de las aguas del río Rímac en Lima, Perú, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA)*, determinar los índices de calidad de agua del río Rímac, metodología en este reporte se presentan los índices de calidad de agua de 09 estaciones ubicadas en la Cuenca Alta del río, donde existe actividad minera. Estos índices han sido calculados a partir de los resultados de los parámetros físico-químicos y químicos, tales como: pH, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, turbidez, nitratos, coliformes fecales, plomo, manganeso, cadmio, cromo, cobre y arsénico, obtenidos en el monitoreo de agosto a diciembre del año 2009, resultados obtenidos en el cálculo de los índices de calidad de agua en cada una de las estaciones y campañas de muestreo. Las estaciones de monitoreo: E-1, E-4, E-6A, E-6B, E-8 y E-9 en las 05 campañas, así como las estaciones E-2A, E-2B en las campañas de verano y E-2C en la campaña de invierno y verano, dan resultados de índices de calidad de agua entre 65 y 79, es decir la calidad del agua es de categoría *regular*, lo que significa que está siendo esporádicamente amenazada, Las estaciones de monitoreo E-02, E-03, E- 05 –en la campaña de invierno– E-07 –en la de verano– y E-4A dan valores de índices de calidad entre 80 y 94, con un valor mínimo de 80.7 y un valor máximo de 85.9, lo que indica una categoría de calidad de agua, *buena*, es decir la calidad está siendo protegida y el cuerpo de agua presenta menor grado de amenaza. Estas estaciones están ubicadas en ríos afluentes del río Rímac. En conclusión, la calidad del agua del río Rímac en la Cuenca Alta está siendo impactada por las actividades mineras desarrolladas en la zona, sobre todo en el tramo comprendido entre las estaciones de monitoreo E-1A, E-2A, E-2B y E-2C, donde la calidad del agua no está dentro de los niveles óptimos.

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 cuanto a la calidad del agua del río Rímac perteneciente al sector San Mateo. En su metodología, la investigación que empleo fue el nivel descriptivo y la recolección de datos se hizo en un periodo 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 con altas concentraciones de cadmio, manganeso, plomo, fierro y arsénico, por lo que se llegó a la conclusión 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.

2.1.3. Antecedentes Local

Hilario y Mamani (2021) en su investigación: 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, quienes plantearon como objetivo general 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 conformada por la red de puntos de muestreo a lo largo del río Escalera, y como muestra se tomaron dos puntos de monitoreo (REsca1 y REsca2) en el 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.

Chávez y Sánchez (2010), llevaron a cabo la investigación: *Evaluación técnico ambiental de los recursos hídricos e hidrobiológicos de las lagunas de Choclococha y Ccochapata, Huancavelica*, el objetivo del estudio fue realizar una evaluación técnicoambiental de los recursos hídricos e hidrobiológicos de las lagunas de Choclococha y Ccochapata de la región de Huancavelica, la metodología para los trabajos de campo se fijaron estaciones de muestreo tomando en cuenta los puntos cardinales de las lagunas, y además dichas estaciones de muestreo fueron ubicadas en lugares de fácil accesibilidad y se tomaron muestras de agua, sedimentos y peces (truchas), los ensayos se realizaron en el laboratorio y estas fueron comparadas con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua DS.002-2008- MINAM-categoría 4: conservación del ambiente acuático (Ley General de Aguas Decreto Ley 17752). En caso de aquellos metales no regulados por los estándares nacionales, se optó por lo estipulado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). Los resultados obtenidos los metales pesados en sedimento están sobre los límites permisibles y son arsénicos y cadmio tanto en la laguna de Choclococha y Ccochapata. Las concentraciones de coliformes totales y coliformes termotolerantes encontradas en el agua son semejantes a las de agua dulce con similares ecosistemas acuáticos y con vertimientos de residuales, como una manifestación natural de la actividad geológica y humana de la cuenca. La conclusión las lagunas estudiadas presentan posibilidades para el desarrollo de actividades acuícolas de repoblamiento y cultivo semi intensivo e intensivo de truchas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teoría de la metafísica del agua

Aristóteles (384-322 a. C. citado por Gomez, 1989) indico en su primera idea que la ciencia es todo aquello que se puede ver y termina en el conocimiento del universo, esta teoría onto-teológica de es la mejor obra de Aristóteles, ya que muestra los rasgos fundamentales del camino aristotélico a fin de dar una concepción precisa. (p.310)

En su *Metafísica*, Aristóteles describe así la teoría de Mileto sobre el agua como principio de la Naturaleza:

La mayoría de los primeros filósofos consideró que los principios de todas las cosas eran solo los que tienen aspecto material. Y es que aquello de lo que nacen es el principio de todas las cosas. Por eso concibió tal suposición, además de porque las semillas de todas las cosas tienen naturaleza húmeda y el agua es el principio de la naturaleza para las cosas húmedas. (Fuente, 2012, p. 401)

2.2.2. Teoría del agua como principio de todas las cosas

El agua es el principio de todas las cosas. El elemento primero. Todo es agua. Esa era la base de las teorías de Tales de Mileto, considerado como el primer filósofo de la Historia, puesto que introdujo la investigación racional sobre el origen del universo y la naturaleza que hasta entonces los griegos explicaban en un conjunto de mitos y leyendas (Fuente, 2012).

Tales de Mileto sostenía que la tierra sobre la que pisamos es una especie de isla que «flota» sobre el agua de forma parecida a un leño y por ello la tierra a veces tiembla. Al no estar sostenida sobre unas bases fijas si no que, como está flotando sobre el agua, ésta la hace tambalearse (Fuente, 2012).

Fuente (2012), menciona 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. En la actualidad el agua puede cambiar de fase como cuando se evapora de los océanos, o de sitio con los cambios climáticos, pero la cantidad total permanece prácticamente constante. (p. 414)

No han trascendido escritos de ninguna de las teorías de Tales de Mileto, pero filósofos como Aristóteles o Séneca se encargaron de promulgar sus teorías (Fuente, 2012).

2.2.3. Teoría de la filosofía del agua

En el marco de este estudio, tiene como tema principal la metafísica del agua bajo la óptica del ICA-Pe, se realizó reflexiones y un análisis general de las reflexiones filosóficas del agua ya que es un elemento indispensable para una persona debido a que de ello depende su alimentación, salud, y otros factores que engloban la salubridad ambiental, por ello se realiza los siguientes comentarios acerca de las aguas naturales y su relación con el individuo y medioambiente (Fuente, 2012).

La filosofía del agua se encuentra determinada por diversos aspectos, así como de su calidad y eficiencia, de acuerdo a ello y teniendo en cuenta la relación con la filosofía histórica del agua se señala a Tales de Mileto (623-540 a.C), quien señaló que el agua es un componente esencial en el cuerpo y fue conocido como Arje del cosmos, de la misma manera encontramos a Empédocles quien sostenía que el agua era un elemento esencial y se encontraba dentro de los 4 elementos vitales que fueron el fuego, la tierra y el aire (Fuente, 2012).

En la filosofía china el agua es uno de los 5 elementos cruciales para la vida junto con el metal, fuego, tierra, madera, de la misma manera en la filosofía romana y griega Peneo era el dios del Rio, y en la religión del islam el agua se considera como la fuente de vida conjuntamente con el ser viviente ya que este se encuentra compuesto por agua. Para el islam la fuente de vida no solo es el agua, sino también la vida del ser viviente porque está compuesto de agua. Y finalmente en Mesopotamia la primera civilización humana dependía del Nilo, y tomando en cuenta los territorios y las grandes ciudades se enriquecieron debido a la conexión de las vías de agua que traen prosperidad y desarrollo (Fuente, 2012).

2.2.4. Filosofía ecológica del Agua

El agua forma parte del ciclo hidrológico y por ende del medio ambiente ya que armoniza la calidad de vida, es necesario señalar que este recurso ambiental es fundamental para la ecología mundial y con ello forma parte de la existencia y trascendencia de la vida, y por ello se considera la variable ambiental debido a su amplitud ecológica se inserta como eje transversal del desarrollo socio-económico-cultural de las poblaciones humanas (Fuente, 2012).

La estabilidad del ciclo del agua ayuda en la recirculación de los diversos recursos naturales, pero se encuentra condicionado con los factores que impactan en el medio ambiente lo cual permite la estabilidad y disposición de los recursos naturales tanto para poblaciones presentes como para poblaciones futuras. a las poblaciones del presente y del futuro. Este componente es crucial para la adecuada aplicación de Políticas de Manejo y Conservación Ambiental a fin de garantizar el futuro de las poblaciones que dependen del suministro permanente de los recursos naturales necesarios para su existencia, supervivencia y trascendencia (Fuente, 2012).

En base a los conceptos mencionados, el agua se convierte en un recurso natural fundamental y es necesario crear conciencia mediante la educación ambiental ecológica para el adecuado manejo y conservación de los recursos naturales, en todas las ciudades,

pueblos o comunidades del planeta, ya que con su aplicación se contará con la participación activa de cada ciudadano para el mejoramiento de la realidad ambiental y la implementación de acciones ambientales adecuadas (Fuente, 2012).

2.2.5. Filosofía política y socio-económica-cultural del agua

El agua es un recurso estratégico para el mundo y un importante factor en muchos conflictos contemporáneos. Indudablemente, la escasez de agua tiene un impacto en la salud y la biodiversidad. Se cuenta con registros que desde el año 1990, existe un aproximando de 1.6 mil millones de personas que tienen acceso a una fuente de agua potable, y a partir de ello se cuenta con un pronóstico sobre la tendencia que seguirá subiendo en los próximos años, por ende, uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de los países miembros de las Naciones Unidas es reducir al 50% la proporción de personas sin acceso sostenible a fuentes de agua (Fuente, 2012).

Filosofía biológica del agua: el ser humano se encuentra compuesto por 60% a 78% de agua, ello va variar de acuerdo a su tamaño y complexión, y para su correcto funcionamiento el cuerpo humano requiere alrededor de 7 litros de agua lo cual ingiere básicamente en comidas o bebidas, aunque no se determinó la cantidad exacta que requiere cada individuo ya que varía en función a la temperatura, humedad y otros factores, pero es necesario tomar a diario de 6 a 7 litros de agua para mantener una adecuada hidratación (Fuente, 2012).

Filosofía estética del agua: El agua posee esencia, propiedades, causas y efectos en el medio ambiente, así como en las cosas naturales, y en relación del hombre con el agua, a partir de ello se concluye que el agua es un componente esencial de la naturaleza y de las diversas expresiones y formas de vida ya que es un elemento emocional que influye directamente en el ser humano, por ejemplo, los ríos llevan asociados kilómetros de costas, cercanas a nuestras vidas. El agua es el alma de los paisajes, y el paisaje es una de las riquezas naturales que tenemos, por todas estas razones estamos frente al valor estético del agua (Fuente, 2012).

Filosofía ética del agua: El recurso hídrico, el agua, es propiedad de todos los seres vivos del planeta, pues no sólo la bebemos nosotros, los humanos tenemos prestada el agua, sin intereses por supuesto. Sin embargo, el agua es también para los otros billones de habitantes animales y vegetales del planeta. El agua sigue un ciclo en la Naturaleza en el que, sin embargo, intervenimos constantemente. No se puede ir siempre contra natura. Nuestro país está sujeto a unas condiciones climáticas poco proclives al derroche. Las

especies y los hábitats mediterráneos están adaptados a esas premisas, forma parte de su singularidad (Fuente, 2012).

2.2.6. El simbolismo del elemento agua desde una óptica de la metafísica

El agua representa el elemento plástico de la naturaleza, permeable, fluido, magnético, reflector. Desde siempre se ha identificado con la psique en su amplio sentido, ese universo de vivencias interiores en el que se gesta sutilmente todo proceso de transformación y de crecimiento necesarios para el despliegue de la vida misma. Para comprender esto resulta necesaria una breve aproximación a cómo se ha considerado este elemento en sentido arquetípico y universal desde las tradiciones sagradas más importantes, en lo que sería el legado de una misma sabiduría perenne. Pues es el elemento generador de las imágenes por excelencia y nada mejor para su comprensión profunda que la visión milenaria de sus mitos (Fuente, 2012).

Lo que destaca de forma unánime es el símbolo universal de unas aguas primordiales, un estado amorfo, indiferenciado, caos metafísico en la noche de los tiempos que precede a todo acto “cósmico”, creativo, ordenador y discriminativo. Es así que estas aguas serían la verdadera materia prima, esa sustancia original de la que emergen todas las formas de vida en tanto fuente y origen. Ante todo, representan la matriz de todas posibilidades de existencia, la totalidad indefinida que gesta en su seno todas las formas en estado sutil de latencia, a modo de receptáculo de todos los posibles gérmenes y semillas. Por lo tanto, nos encontramos con el sustrato metafísico que permite toda physis, toda naturaleza y manifestación, es decir, el Ser indiferenciado del que están hechos todos los seres diferenciados, una misma sustancia que todo lo envuelve y penetra, y de la que necesariamente toda brota y es gestado. (Bachelard, 2019, párr. 4)

Es curioso que el considerado padre de la filosofía occidental, Tales de Mileto, escoja al agua para referirse a ese principio esencial y constitutivo (arkhé) que subyace a la naturaleza misma, llegando a afirmar que todo está vivo y animado. Seguramente se inspiró en mitos que le precedían, pues ya en Homero se habla de un misterioso océano original totalmente ilimitado y abierto (apeiron) como origen de todos los dioses. (Bachelard, 2019, párr. 4)

El agua puede considerarse como fuente de vida, fons vitae, es decir, elixir de vida que opera toda curación mágica, rejuvenece, regenera y otorga la inmortalidad, panacea universal de los alquimistas; pero también como poder purificador, ya que la reinmersión en dichas aguas originales rememora el contacto con nuestra

matriz amniótica y disuelve todo lo residual. Es así que apreciamos su uso y función ritual, que recrea a nivel humano el proceso mismo de la cosmogonía, pero en sentido inverso, en reversión. Lo vemos muy claro en los ejemplos de las abluciones en el islam, que recoge a su vez prácticas muy arcaicas y extendidas, el baño sagrado en el Ganges, o el agua bendita y bautismal en el cristianismo. Por lo tanto, se pueden establecer dos funciones esenciales para el papel ritual con el agua: la inmersión, iniciación o muerte simbólica a través de la disolución de las condiciones presentes; y la emersión, la salida de las aguas, el volver a nacer, cuando emerge una nueva forma vital. Pero esta dinámica no sólo es individual sino también cósmica, como muestran los mitos del diluvio universal, presentes en todas tradiciones sin excepción, en tanto clausura de un viejo ciclo ya corrupto para dar paso a uno totalmente renovado, tal y como ocurrió por ejemplo con la mítica Atlántida, gobernada por Poseidón según Platón, y engullida finalmente por las aguas. (Bachelard, 2019, párrs. 12-13)

No hay que olvidar tampoco la estrecha vinculación del agua con lo “femenino sagrado” en los arcaicos cultos a la gran madre, la mujer en sí, la noche o lo lunar mismo, siempre en referencia a la fuerza receptiva y pasiva de la existencia, el yin del taoísmo, pero con el máximo potencial creador y alumbrador de vida en su seno. Toda esta vibración original de esencia femenina no sería más que un agua radiante, que se desborda a sí misma en toda su potencia (la Shakti universal) hasta engendrar como gran matriz (maya) la multiplicidad de formas de vida. Las divinidades de las aguas siempre se han movido en una sutil ambigüedad de la que cabe no bajar la guardia, como las Ninfas de la mitología griega, vinculadas a la fertilidad y educadoras de los héroes solares junto con los centauros, pero no exentas de magias que pueden obnubilar. En un mismo sentido también los “cantos de sirenas” intentan desviar y tentar a Ulises en su travesía iniciática, forzándole a amarrarse al mástil, a un eje vertical que actúe de centro inmóvil, reminiscencia del Principio original. De hecho, la serpiente ha sido desde antaño otro símbolo lunar-acuoso por excelencia, asociado también a ritos de fertilidad, pero sobre todo a la temporalidad cíclica y el devenir, en su sinuoso despliegue dinámico de las fuerzas duales de la manifestación (Bachelard, 2019).

2.2.7. Teoría del índice de calidad del agua

El estudio de la medición del índice de la calidad del agua ha sido objeto de diversas discusiones en relación a su aplicación para el control del recurso hídrico a nivel mundial. A tal efecto, múltiples países han realizado indagaciones e

indicadores que tienden a ser aplicados teniendo los propios criterios para ser evaluados, y por lo cual la respectiva aplicación deba corresponder debidamente a sus requerimientos y necesidades. (Hernández, et al, 2016, p.12)

La evolución de los indicadores respecto a la calidad y contaminación buscan por finalidad el hecho de 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 periodo determinado (Yáñez, 2018).

2.2.7.1. *Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento:*

Hernández, et al (2016) indica 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, 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 (ICA-NSF), sin embargo, el hecho de haber sido desarrollado en los estados Unidos no ha sido impedimento para que se haya empleado a nivel mundial y haya sido aceptado y/o adaptado en diferentes estudios. El método consistió en la composición del punto de vista de un total de 142 profesionales expertos en gestión de la calidad del agua de diversos sitios de los Estados Unidos a través del desarrollo de tres estudios. El primer estudio consistió en un total de 35 variables de contaminación; los expertos brindaron su opinión respecto a ello y de esa manera dividieron los mismos en tres categorías según lo que debería ser el parámetro: “no incluido”, “indeciso” o “incluido” y seguido a ello, se tuvo que asignar una calificación de 1 a 5 de acuerdo a la

magnitud de su importancia ya venga a ser menor o mayor, siendo el número 1 la clasificación más relevante.

Para el segundo estudio se brindó la evaluación de comparación de las respuestas obtenidas por todo el conjunto de expertos. El resultado de este segundo estudio se reconocieron 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).

Por último, el tercer estudio, abarcó la tarea de ejecutar una curva de valoración para cada variable. Los niveles de calidad del agua obtuvieron un rango de 0 a 100 que fueron identificadas y ubicadas en las ordenadas y los diversos niveles de las variables en las abscisas. Cada participante tuvo el trabajo de realizar la curva que esta representaba la variabilidad de la calidad del agua provocada por el nivel de contaminación de las variables (Universidad Nacional de Pamplona 2010). Dichas curvas se conocieron como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función”. Para cuantificar el índice de calidad del agua se utilizó una suma lineal ponderada y el resultado de su aplicación tendrá que ser un número 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).

2.2.7.2. *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 hace la propuesta de evaluar de forma amplia la calidad del agua en un lapso 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, p.15)

2.2.7.3. *Índice de Calidad del Agua de Europa:*

En Europa, Boyacioglu ejecuto el Universal Water Quality Index constituido por 11 parámetros fisicoquímicos y uno microbiológico, con el objetivo de brindar un método más simplificado para describir 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, p.15)

2.2.7.4. *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 incremento de la complejidad de los contaminantes que se han vertido a cuerpos de agua; su cálculo se lleva a cabo a través del 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, p.15)

2.2.7.5. *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, presentó 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 la valoración simplificada de la calidad del agua, y que ello aportara a un mejor conocimiento de la gestión de calidad de los recursos hídricos. Los parámetros empleados vienen a ser: Oxígeno Disuelto, Clorofila A, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno

(DBO₅), Coliformes Termotolerantes (Fecales), Huevos y Larvas de Helminthos, Arsénico, Mercurio, Plomo, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeseo, Aluminio, Boro, Boro, Solidos suspendidos totales, Fósforo, Amoniac, Nitrógeno Total, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH); los parámetros de evaluación por consecuencia deberán ser usados por cada ECA- Agua según la “Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros”, esta metodología está basado en el ICA Canadiense ampliamente usada. (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2009, p.22)

En ese sentido, los ICA’s conforman 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 compara 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 mala calidad 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. Múltiples índices han sido desarrollados y empleados en diferentes investigaciones para realizar la clasificación de las aguas para disímiles usos, cada uno de ellos posee propiedades y características y que generalmente logran buenos resultados en las zonas en que se recopilaron. (MINAGRI-DCERH, 2018).

2.2.2. Bases conceptuales

2.2.3. Base legal en el Perú

Tabla 1

Breve resumen del marco legal aplicable a la gestión sostenible de las aguas

Norma			Descripción			Aplicación		
Constitución Política del Perú	Ley N° 30588		Ley de Reforma Constitucional	que reconoce el derecho al agua como derecho constitucional que incorpora el artículo 7°-A en la Constitución Política del Perú.	El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos.			
ANA	Resolución Jefatural		Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua,					

N° 068-2018-ANA	aplicado a los cuerpos de aguas continentales superficiales.	
Resolución Jefatural 036-2018-ANA	Identificación de fuentes contaminantes.	
Resolución Jefatural N° 058-2017-ANA	Regula forma y plazos para el pago de retribución económica por parte de los usuarios por el uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales	Usuarios con autorización de vertimiento de aguas residuales, el pago se efectúa en forma anual y por adelantado.
Resolución Jefatural N° 126-2017-ANA	Norma que promueve la Medición Voluntaria de la Huella Hídrica.	Normativa que implementa la Huella Hídrica a fin de reducir el consumo de agua en la cadena de producción de bienes y servicios, y la implementación de acciones de responsabilidad social en el uso del recurso hídrico que generen valor compartido.
Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial.	
Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA	Nueva Clasificación del cuerpo marino-costero.	Clasificación del cuerpo marino para su protección como cuerpo receptor marino de los efluentes tratados.
Resolución Jefatural N° 187-2016-ANA	Directiva General denominada Normas y procedimientos para la administración, seguimiento, control y conciliación de las recaudaciones por retribución económica por uso de agua y por vertimiento de aguas residuales	
Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA	Nuevo reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas.	Regulación sobre el vertimiento de las aguas residuales tratadas.

	Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA	Aprueban la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros	Ver lo de Cuerpos Marino Costeros. Nueva Clasificación.
	Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA	Dictan medidas que permitan la implementación de Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso de Agua Residual (PAVER).	
MINAGRI	Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídricos.	Vertimiento y Calidad. Aprovechamiento sostenible.
	Decreto Supremo N° 001-2010-AG	Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos y sus Modificaciones.	Vertimiento y Calidad. Aprovechamiento sostenible
	Resolución Ministerial N° 033-2008-AG	Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfagsetter, Memoria descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Geográficas del Perú.	Clasifica las regiones hidrográficas.
	Decreto Supremo N° 007-2010-AG	Protección de la Calidad de los Recursos Hídricos.	Declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenace a dichas fuentes y la salud de las actuales y futuras generaciones
	Resolución Ministerial N° 033-2008-AG	Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfagsetter, Memoria descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Geográficas del Perú.	Clasifica las regiones hidrográficas.
MINAM	Ley N° 28611	Ley General del Ambiente.	El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.

como premisa la obtención de la calidad necesaria de reúso sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan. Además, regula los vertimientos autorizándolas, siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente

Nota: la presente tabla muestra el marco legal aplicable a la gestión sostenible
Aquino y Pavel (2017).

2.2.4. Cuenca hidrográfica

Según Vásquez (2000), indica que la cuenca hidrográfica es el área natural o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica (divortium aquarum), que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un colector común, denominado río principal.

El área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, las cuales confluyen en un curso mayor, que, a su vez, puede desembocar a un río principal, en un depósito natural de agua, en un pantano o directamente al mar. (Moreno y Renner, 2007, p.24)

Es un área o espacio geográfico delineado por la cima de los cerros y la divisoria por el cual escurre el agua, proveniente principalmente de las precipitaciones, a un río, lago o mar; se constituye en un sistema en el que interactúan factores naturales, socioeconómicos y culturales. (Galarza, 2016, p.10)

2.2.5. Importancia del agua

El agua viene a ser una de las sustancias más divulgadas y abundantes en el planeta Tierra. Cabalmente se nombra al agua 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).

2.2.6. Calidad del agua

El término de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede cumplir con estándares y pueden ser usadas para diferentes propósitos como doméstico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza, citado por Monteguado, 2015).

Expresa la idoneidad del agua para sustentar diversos usos. Cualquier otra función particular tendrá ciertos requerimientos para las características biológicas, físicas o químicas del agua; sea el caso de los límites de la concentración de contaminantes para el consumo de agua potable, o límites de temperatura y rangos de potencial de hidrógeno (pH) para el ambiente acuático de las especies de invertebrados (Meybeck y Helmer, como se cito en Alarcón, 2019).

Según CEPIS (2007), menciona que el agua es una de las Sustancias más difundidas y abundantes en el planeta tierra. Correctamente se denomina al agua "el solvente universal" y es un raro caso de sustancia que está presente en nuestro entorno, en los tres estados físicos: gas, líquido y sólido. Es parte integrante de la mayoría de los seres vivientes, tanto animales como vegetales. (Laurente, 2015, p.4)

2.2.7. Calidad de agua superficial

La calidad de agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cursos y cuerpos de aguas superficiales y subterráneos. La alteración de estas características afecta la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como a la vida vegetal y animal (The Commission for Environmental Cooperation, 2008).

El agua cumple la función de transporte de nutrientes en la dinámica de los bosques amazónicos y la alteración de su calidad está referida principalmente a la potencial existencia de contaminantes en su composición y el aumento de la turbidez. Una acción determinada afecta la calidad del agua cuando modifica su composición incorporando elementos que resultan contaminantes, pudiendo perjudicar por tanto a otros componentes ambientales (como la biota acuática y las comunidades locales que la consumen) (Domus Consultoria Ambiental , s.f).

Las variaciones de sabor, color y olor en el agua superficial son a causa de modificaciones en el medio ambiente que son producidos por el deterioro y la modificación de las características naturales del agua, como puede ser concentraciones de mayor cantidad de ciertos parámetros, la eutrofización de embalses o la alteración de las aguas subterráneas. (Pérez, 2017 p.11)

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

2.2.8. Contaminación de las aguas superficiales

“La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua” (Galarza, 2016, p.23).

“Las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un curso de agua, al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente” (Galarza, 2016, p.16).

La contaminación del agua ha aumentado en los últimos años y también ha decrecido la calidad de muchos depósitos de agua que son ocasionados por las termoeléctricas. El aumento en la actividad industrial ha incrementado la polución de las aguas de la superficie terrestre y está contaminando cada día los depósitos de agua subterráneas. Para calcular la contaminación de las aguas se usa la medición de la demanda bioquímica de oxígeno o DBO, verificándose la cantidad de oxígeno en un volumen unitario de agua durante el proceso biológico de la degradación de la materia orgánica. La contaminación de las aguas provoca

efectos como la distorsión de los ecosistemas, las fuentes de alimento y la belleza natural. (Barba, citado por Aréstegui, 2019, p.16-17)

2.2.9. Identificación de fuentes contaminantes en los recursos hídricos

Las fuentes de contaminación, conocidas también como, efluentes contaminantes que van a ser usados como insumo el agua, y poseen elementos y sustancias con propiedades físicas, químicas y bacteriológicas que alteran las propiedades del cuerpo receptor o al componente ambiental donde son vertidos; como, por ejemplo:

- Vertimiento de aguas negras o servidas a los ríos, lagos o mar.
- Vertimiento de basuras y desmontes en las orillas del mar, ríos y lagos.
- Actividades informales y clandestinas 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, p.14).

Lo antes mencionado afectara y por ende alteran las propiedades naturales de los recursos hídricos, casualmente por actividades naturales, pero en su gran cantidad los impactos serán generados por la actividad humana (Meza, 2016).

Contaminación puntual: “Viene a ser aquella que vierte sus aguas en cuerpo natural. En este punto el agua podrá ser medida, tratada o controlada. Van a estar comúnmente relacionadas a las industrias y las aguas negras municipales” (Meza, 2016, p.17).

Contaminación difusa: “Vendrá a ser aquel tipo de contaminación generada 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, p.17).

2.2.9.1. Tipos de Contaminantes

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre (Aréstegui, 2019).

2.2.9.2. Contaminación Natural

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales, por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos

(Barba, 2002), contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos, normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy específicos. (Barba, citado por Aréstegui, 2019, p.18)

2.2.9.3. *Contaminación Antropogénica*

Se concentra en zonas concretas o puntual, por ejemplo, zonas de vertido de aguas residuales, industriales y domésticas, siendo muchas veces más peligrosa que la contaminación natural (Barba, citado por Aréstegui, 2019).

2.2.9.4. *Industria*

Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos, normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante. El sector industrial, construcción, minería, energía, las sustancias contaminantes principales son sólidos en suspensión, los radicales ácidos y alcalinos, metales pesados, materia orgánica, etc. (Barba, citado por Aréstegui, 2019 p.18)

2.2.9.5. *Vertidos Urbanos*

La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, sales, ácidos, etc.) (Barba, citado por Aréstegui, 2019).

2.2.9.6. *Navegación*

Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos. Convenios como el Marpol (Disminución de la polución marina procedente de tierra) de 1974 y actualizado en 1986 y otros, han impulsado una serie de medidas para frenar este tipo de contaminación (Barba, citado por Aréstegui, 2019).

Agricultura y Ganadería

Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas (Barba, citado por Aréstegui, 2019).

2.2.9.7. *Contaminantes Biológicos*

En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por microorganismos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. El agua de consumo humano según la OMS (Organización Mundial de la Salud) debe presentar cero colonias de coliformes por cada 100 ml de agua (Barba, citado por Aréstegui, 2019).

2.2.9.8. *Contaminantes Químicos*

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas, cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos (Aréstegui, 2019).

2.2.9.9. *Contaminantes Físicos*

Las sustancias radiactivas como isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando al largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua. La contaminación térmica en el agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. (Barba, citado por Aréstegui, 2019, p.20)

Tabla 2*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; clasificación de las 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 3*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. Agro industrial	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 papelerá, 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.
Residuos sólidos (R.S.)	A.R. Minero Metalúrgico	Aguas de mina, aguas residuales provenientes de operaciones de componentes mineros (tajo, relaveras, beneficio, depósito de relaves, etc.)
	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.
Sustancias descargadas in situ (I.S.)	R.S. 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.
		Debido a las actividades desarrolladas en las riveras 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.

Nota: Fuentes contaminantes de origen antrópico extraída de la Autoridad Nacional del Agua (2018)

2.2.10. Monitoreo de agua

“El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberá ser realizado por un equipo de persona con conocimiento sobre la toma de muestras, preservación, transporte” (ANA, 2016 p.18).

2.2.10.1. Tipos de muestras de agua

Las muestras de agua pueden clasificarse en los siguientes tipos:

➤ *Muestra simple o puntual*

Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancia particulares en el instante en el que se realizó su recolección. (ANA, 2016, p.29)

➤ *Muestra compuesta*

Es el resultado de la mezcla homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas, pueden ser de volumen fijo o de volumen proporcional, dependiendo del intervalo del muestreo y el volumen de cada muestra simple que lo conforma. Este tipo de muestras se emplea cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo. Son generalmente usadas para la caracterización de aguas residuales. (ANA, 2016, p. 29)

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

V_i : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V : Volumen total a componer

Q_i : Caudal instantáneo medido en el momento de toma de muestra

Q_p : Caudal promedio durante el muestreo

n : Número de muestras tomadas

➤ *Muestra integrada*

Consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos simultáneamente, con la finalidad conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua. Dentro de esta clasificación, se ubican las muestras integradas de área que comprenden varias muestras simples tomadas en varios puntos de una determinada área acuática y las muestras integradas

de profundidad que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua. (ANA, 2016, p. 30)

2.2.11. Calidad microbiológica del agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos.

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

2.2.12. Parámetros fisicoquímicos

El Ministerio del Ambiente (2017) refiere que “Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua” (p. 5).

Se consideran importantes las siguientes:

- turbiedad
- sólidos solubles e insolubles
- color
- olor y sabor
- temperatura
- pH.

2.2.13. Parámetros químicos

“Los análisis químicos constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua. Entre los contaminantes químicos,” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017, p. 5).

2.2.14. Índice de calidad del agua

Es un método bien conocido para expresar la calidad del agua que ofrece una unidad de medida estable y aplicable que responde a los cambios en las principales características del agua (Brown, McLelland, Deininger, & O'Connor, 1972). Se requiere de conocimientos sobre los principios y conceptos básicos del agua y cuestiones relacionadas como cualquier otra herramienta (Nikbakht, citado por Alarcón, 2019).

Brabander (1992) lo define como un mecanismo de expresión numérica derivada acumulativa que define un cierto nivel de calidad del agua. En otras palabras, resume gran número de información cuantitativa de calidad del agua en una terminología concreta (que va desde excelente a muy malo) para indicar al gobierno y al público en general de manera coherente (Bharti y Katyal, citado por Alarcón, 2019).

2.2.14.1. Ventajas y limitaciones del Índice de Calidad del Agua

La siguiente tabla , muestra las principales ventajas y limitaciones del índice de calidad del agua (Torres, *et al*, 2009).

Tabla 4

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

Ventajas	Limitaciones.
<ul style="list-style-type: none">- 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.	<ul style="list-style-type: none">- 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

-
- Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.
 - Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
-

Nota: Ventajas y limitaciones del Índice de Calidad del Agua extraída de Torres et al. (2009).

Horton (1965) citado por Rodríguez et al. (1997) proponen el uso de ICA para estimar patrones o condiciones de contaminación acuática y son pioneros en la generación de una metodología unificada para su cálculo; sin embargo, el desarrollo e implementación de un ICA de manera formal y demostrada lo hicieron Brown et al. (1970) con el apoyo de la National Sanitation Foundation (NSF), basándose en la estructura del índice de Horton y en el método Delphi para definir los parámetros, pesos ponderados, subíndices y clasificación a ser empleados en el cálculo. La clasificación consideró las características que debe presentar la fuente de captación para su destinación para consumo humano. A pesar de haber sido desarrollado en Estados Unidos, es ampliamente empleado en el mundo y ha sido validado y/o adaptado en diferentes estudios.

2.2.15. La calidad del agua de los recursos hídricos en el Perú

2.2.15.1. Estándares de calidad ambiental del agua

El Perú, con respecto a uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, estuvo enmarcado durante siete décadas en un Código de Agua, cuyos orígenes se remontan al siglo XIX, fue un instrumento que permitió la consolidación del control de la agricultura por los grandes hacendados, esta situación, cambiaría drásticamente en julio del año 1969, con la aplicación de la Ley General de Aguas, a través del D.L N° 17752, esta ley experimento algunas modificaciones respecto a la regulación en el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos hasta la creación del MINAM y la posterior aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. (ANA, 2018, p.13).

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. (ANA, 2018, p.14)

Estos estándares son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural. El MINAM, en diciembre de 2015, establece la modificación de los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado con el D.S N° 002-2008-MINAM. La modificación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, se encuentra clasificado en 4 Categorías y 16 sub categorías. (ANA, 2018, p.14)

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, el objeto de este decreto es compilar 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. (ANA, 2018, p.15)

El vigente 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 5

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
Mercurío	mg/l	0.001	0.01
Niquel	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
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	-

Nota: Se muestra los Estándares de Calidad Ambiental para el recurso hídrico de categoría 3 extraída del 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.

Los ECA - Agua 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 (ANA, 2018).

2.2.15.2. Clasificación de cuerpos de agua superficial

La clasificación de los cuerpos de agua aplicando el ECA - Agua, es 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 (ANA, 2018).

El artículo 73° de la Ley N° 29338, establece que: los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional del Agua, teniendo en cuenta la cantidad y la calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas. Asimismo, el numeral 4.1 del artículo 4° del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM señala que: La Autoridad Nacional del Agua, es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente (ANA, 2018).

2.2.16. Índice de calidad de agua en el Perú

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. (ANA, 2018, p.21)

Los Índices de Calidad de Agua (ICA), constituyen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua. De acuerdo con la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés), los indicadores ambientales tienen dos funciones principales:

Reducen el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requieran para hacer una representación exacta de una situación y simplifican el proceso de comunicación de los resultados de la medición.

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Consejo de Ministros de Medio Ambiente de Canadá, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés), el cual propone una evaluación más amplia de la calidad del agua en un período de tiempo determinado teniendo en cuenta el número de parámetros que superan un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001). Con la finalidad de integrar toda la información obtenida y evaluar el estado de la calidad del cuerpo de agua, con un valor único que califica el estado de la calidad del agua (ICA). (ANA, 2018, p.22)

Por su elaboración metodológica, la propuesta del ICA seleccionada de la evaluación de diferentes indicadores aplicados en otros países, es adoptada porque nos permite adaptar todo lo que requiere para su determinación y cálculo, como la información base necesaria (resultados de los monitoreos), la clasificación de los cuerpos de agua (la categoría a ser

evaluada según normativa) y los ECA - Agua, que como Autoridad competente en materia de agua en nuestro país se tiene: la base de datos, herramientas y normativas, sin la necesidad de requerir alguna referencia de otros países. Este ICA es denominado por la Autoridad como ICA - PE, durante el desarrollo del procedimiento y aplicación. (ANA, 2018, p.22)

2.2.17. Procedimiento para el cálculo de índice de calidad de agua (ICA-PE)

Para la determinación del índice de calidad de agua se aplica 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 (Ministerio de agricultura [MINAGRI], 2018)

La definición y determinación de estos tres factores se describen a continuación:

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 (MINAGRI, 2018)

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

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) (MINAGRI, 2018)

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

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

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 cc

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

En donde la Suma Normalizada de Excedentes (NSE):

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

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 (MINAGRI, 2018)

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:

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

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:

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

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:

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

Para el desarrollo del cálculo del índice de calidad del agua, se emplea una aplicación en Microsoft Excel (hoja de cálculo), un macro 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 (MINAGRI, 2018)

Tabla 6*Rango de evaluación del ICA Pe*

ICA-PE	Calificación	Interpretación
90 – 100	Excelente	El índice de calidad del agua es de una excelente calidad libre de microorganismos que dañen la salud de las personas. Las condiciones de salubridad son muy buenas.
75 – 89	Bueno	El índice de calidad de agua está un poco alejada de las condiciones naturales deseadas, por lo que hay posibles sospechas de que existen algunas amenazas que perjudiquen a la salud de las personas.
45 – 74	Regular	El índice de calidad de agua regularmente se encuentra amenazada debido a que se encuentra alejada de las condiciones naturales deseadas por lo que mucho de estos recursos requieren tratamiento.
30 – 44	Malo	El índice de calidad de agua no cumple con las condiciones deseadas por lo que se encuentran amenazadas por agentes patógenos que perjudican la salud de las personas debido a ello requieren tratamiento.
0 – 29	Pésimo	El índice de calidad de agua se aleja totalmente de las condiciones naturales deseadas debido a que se encuentra amenazada por diversos patógenos que dañan la salud de las personas lo que hace que requiera un tratamiento todas las fuentes de agua que se encuentren en esta categoría.

Nota: Se muestra la escala de categorización del Índice de Calidad de Agua establecida por la Autoridad Nacional del Agua (MINAGRI, 2018)

2.2.18. Índice de calidad de agua canadiense (Método CCME-WQI)

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés) que fue desarrollado para simplificar el reporte de los datos de calidad de las aguas. Es una herramienta para generar resúmenes de los datos de calidad útiles tanto para técnicos como para políticos, así como para el público en general interesado en ese conocimiento. No es un sustituto de los análisis detallados de la calidad de las aguas (Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente [CCME], citado por Balmaseda y García, 2014).

2.2.19. Procedimiento para el cálculo de índice de calidad de agua canadiense (Método CCME-WQI)

Este índice se basa en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud. El alcance (F1) define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando respecto al total de variables consideradas. La frecuencia (F2) se halla por la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas. Mientras la amplitud es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral (CCME, citado por Balmaseda y García, 2014).

Alcance:

$$F1 = \frac{\# \text{ de variables fuera del rango}}{\text{total de variables}} * 100$$

Frecuencia:

$$F2 = \frac{\# \text{ de datos fuera del rango}}{\text{total de variables}} * 100$$

Amplitud:

$$F3 = \left(\frac{nse}{0.01(nse) + 0.01} \right) * 100$$

$$F1 = \frac{\sum \text{Excursión}}{\text{total de datos}}$$

$$\text{Excursión} = \left(\frac{\text{valor excedido del rango}}{\text{rango}} \right) - 1$$

Índice canadiense de calidad de las aguas:

$$CCME - WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right)$$

Tabla 7

Criterios para la clasificación de las aguas

CCME_ WQI	Clasificación	Descripción
95-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia virtual de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.

80-94	Buena	La calidad del agua está protegida con algunas amenazas o daños de poca magnitud. Las condiciones raramente se apartan de los niveles naturales o deseados.
65-79	Regular	La calidad del agua es usualmente protegida pero ocasionalmente es amenazada o dañada. Las condiciones a veces se apartan de los niveles naturales o deseados.
45-64	Marginal	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o dañada. Las condiciones con frecuencia se apartan de los niveles naturales o deseados.
0-44	Pobre	La calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada. Las condiciones usualmente se apartan de los niveles naturales o deseados.

Fuente: Criterios de categorización del índice de calidad de agua según el método WQI. Fuente (Balmaseda & García, 2014).

2.2.20. Índice de Calidad del Agua de Europa (Método UWQI)

En Europa se desarrolló el Universal Water Quality Index –UWQI– conformado por 11 parámetros fisicoquímicos y uno microbiológico, con el objetivo de proporcionar un método más sencillo para describir la calidad de las aguas superficiales utilizadas para el abastecimiento de agua potable. El cálculo se basa en las directivas de la Unión Europea para aguas a ser destinadas al consumo humano previo tratamiento, con el fin de facilitar su uso en los diferentes países que la conforman. (Boyacioglu, citado por Monteguardo, 2015, p.12)

UWQI (Europa)

$$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i$$

Promedio aritmético ponderado:

W_i: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro

I_i: subíndice de i-ésimo parámetro

El UWQI de Europa emplea para una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada que es menos sensible a variaciones extremas en la calidad del agua, condición que limita su uso en la evaluación de la calidad del agua en fuentes superficiales sometidas a cambios súbitos y extremos en sus

características físicas, químicas y microbiológicas. (Monteguardo, 2015, p.15)

Tabla 8

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados por diferentes ICA

País	Estados Unidos		UNEP-GEMS		Unión Europea	España	Brasil		Colombia		Frec
	ICA NSF 1970	ICA Dinius 1987	DWQI HWQI 2007	AWQI 2007	UWQI 2007	ISQA 1982	IAP IQA 1975	ISTO 2002	ICA Rojas 1991	ICA UCA 2004	
OD	x	x			x	x	x		x	x	0.70
Ph	x	x		x	x		x		x	x	0.70
DBO	x	x			x		x		x	x	0.60
Nitratos	x	x	X		x				x		0.50
Coliformes fecales	x	x					x		x	x	0.50
Temperatura	x	x				x	x		x	x	0.40
Turbiedad	x						x		x	x	0.40
Solidos disueltos totales	x						x		x	x	0.40
Fosforo total					x		x			x	0.30
Cadmio			X		x			X			0.30
Mercurio			X		x			X			0.30
Conductividad		x				x					0.20
Solidos suspendidos						x				x	0.20
Color		x								x	0.20
Nitrógeno total							x			x	0.20
Cloruros		x		x							0.20
Plomo			X					X			0.20
Cromo total			X					X			0.20
Arsénico			X		x						0.20
Fluoruro			X		x	x					0.20
Manganeso			X					X			0.20
Zinc				x				X			0.20
Coliformes totales		x			x						0.20
DQO		x					x				0.10
Alcalinidad		x									0.10
Dureza		x									0.10
Nitritos			x								0.10
Amoniaco				x							0.10
Fosfatos	x			x							0.10
Sodio				x							0.10
Sulfatos				x							0.10
Hierro				x							0.10
Cobre			x								0.10
Boro			x								0.10
Níquel								X			0.10
Cianuro					x						0.10
Selenio					x						0.10
PETHM									x		0.10
Aluminio disuelto									x		0.10
Cobre disuelto									x		0.10
Hierro disuelto									x		0.10
COT								X			0.10
Total parámetros	9	12	18		12	5	20		6	10	

Nota: Muestra los parámetros evaluados según la metodología. Fuente Torres, et al (2009)

Los parámetros seleccionados en el UWQI son los representativos de la presencia de sustancias químicas en el agua y causantes de impactos sobre la salud y el ambiente, razón por la cual se incluyeron algunos

recomendados por las guías de OMS (1998) para monitoreo y evaluación de la calidad química del agua potable. (Monteguardo, 2015, p.18)

2.2.20.1. Asignación de pesos a cada parámetro

La asignación de pesos (ponderación) de cada parámetro tiene mucho que ver con la importancia de los usos pretendidos y la incidencia de cada variable en el índice (Fernández et al., 2008).

Tabla 9

Pesos relativos asignados a los parámetros que conforman los ICA

País	Estados Unidos		Unión Europea	Colombia	
Índice	ICA NSF 1970	ICA Dinius 1987	UWQI 2007	ICA Rojas 1991	ICA UCA 2004
Parámetro					
OD	0.17	0.109	0.114	0.25	0.21
Ph	0.11	0.077	0.029	0.17	0.08
DBO	0.11	0.097	0.057	0.15	0.15
Nitratos	0.10	0.090	0.086		
Coliformes fecales	0.16	0.116		0.21	0.16
Temperatura	0.10	0.077			
Turbiedad	0.08			0.11	0.07
Sólidos disueltos totales	0.07			0.11	0.07
Fosforo total			0.057		0.08
Cadmio			0.086		
Mercurio			0.186		
Conductividad		0.079			
Sólidos suspendidos					0.05
Color		0.063			0.05
Nitrógeno total					0.08
Cloruros		0.074			
Arsénico			0.113		
Fluoruro			0.086		
Coliformes totales		0.090	0.114		
DQO					
Alcalinidad		0.063			
Dureza		0.065			
Fosfatos	0.10				
Cianuro			0.086		
Selenio			0.086		

Nota. Pesos raritos asignados para cada metodología. Fuente Torres, Cruz, & Patiño (2009)

Los ICA mostrados en la tabla 8 son lo que emplean asignación de pesos (W) a cada uno de los parámetros que los conforman; los restantes emplean estructuras de cálculo que no requieren dicha asignación. Con relación al nivel de importancia de cada parámetro de acuerdo con el peso asignado, el oxígeno disuelto y los coliformes fecales tienen un alto grado de importancia, presentando en general los mayores pesos (Monteguardo, 2015).

2.2.20.2. Clasificación de los ICA

El valor del ICA permite clasificar el recurso a partir de rangos establecidos que son definidos considerando el o los usos a evaluar. Las categorías, esquemas o escalas de clasificación, son un punto de igual o mayor interés que el cálculo en sí del índice, pues es aquí donde finalmente el valor

obtenido es transformado en una característica que define la calidad final del agua (Fernández et al., 2008).

En la tabla 9 y figura 2 se presentan los rangos de clasificación para cada uno de los ICA presentados (Monteguardo, 2015).

Tabla 10

Clasificación de los ICA

Cod	ICA							
	ICA NSF	ICA Dinius	DWQI	UWQI	ISQA	IAP	ICA Rojas	ICAUC A
	Muy mala	Inaceptable su consumo	Pobre	Pobre	No puede usarse	Pésima	Muy mala	Pésima
1	Mala calidad	Dudoso para consumo	Marginal	Marginal	Recreación y refrigeración	Mala	Inadecuada	Inadecuada
2	Mediana calidad	Potabilización necesaria	Regular	Regular	Consumo humano con tratamiento especial, riego, industrial	Regular	Aceptable	Aceptable
3	Buena calidad	Dudoso consumo sin tto	Buena	Buena	Consumo humano con tratamiento convencional	Buena	Buena	Buena
4	Excelente calidad	Tto menor requerido	Excelente	Excelente	Todos los usos	Optima	Optima	Optima
5	-	No requiere tto para consumo	-	-	-	-	-	-

Fuente: Clasificación del índice de calidad de agua según metodología. Fuente Torres, et al (2009)

En la tabla 9 se observa que, con excepción del ICA Dinius, la generalidad de los ICA presenta 5 rangos de clasificación de calidad del agua los cuales varían de acuerdo con cada índice; sin embargo, los índices IAP, ICA e ICAUCA presentan rangos iguales (Rojas, 1991) citado por (Monteguardo, 2015).

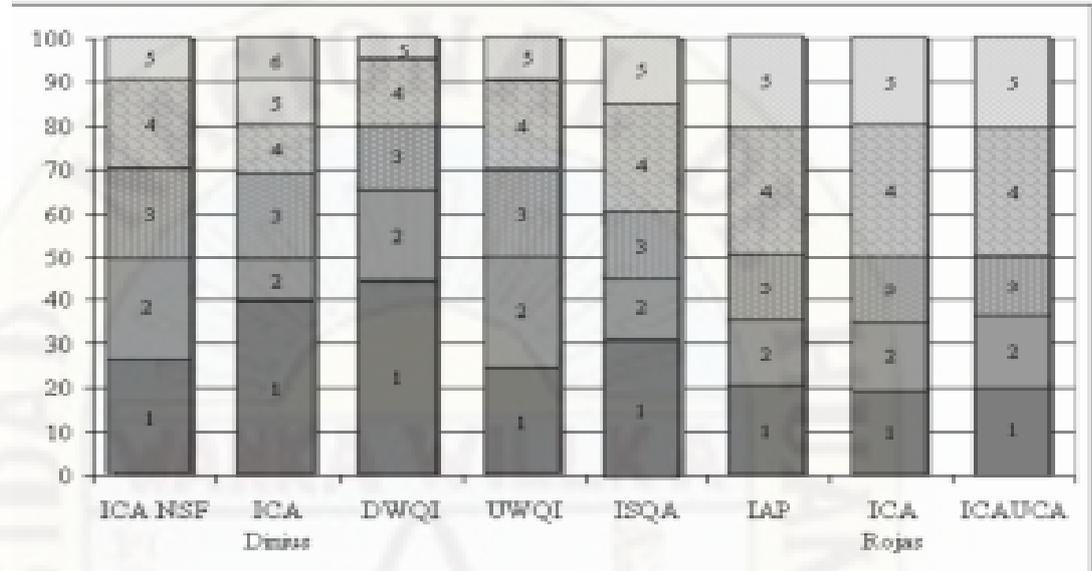
En cuanto a la clasificación de cada rango, ésta generalmente indica el nivel de calidad de la fuente o define los usos para los cuales es apto el recurso con base en la puntuación obtenida en cada ICA (Monteguardo, 2015).

En general se observa que los rangos codificados con los números 1 y 2 clasifican el agua como de mala calidad la cual, de acuerdo con los ICA que definen usos es inaceptable para consumo humano; a partir del rango 3 hasta el 5, las clasificaciones describen aguas de mediana a excelente calidad, que de acuerdo con las recomendaciones dadas por los ICA que definen usos,

requieren de tratamiento cuya complejidad depende del rango; así, a menor calidad mayores requerimientos en el tratamiento del agua (Monteguado, 2015).

Figura 1

Rangos de clasificación de los ICA



Fuente: Torres, et al (2009)

2.2.21. Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (Método NSF)

El índice de calidad de agua “Water Quality Index” (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de la investigación Delphi de la “Rand Corporation’s”(Ball y Church, 1980)

Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. El INSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro, y se basó en tres estudios (Universidad de Pamplona, 2017). El primero, se probaron 35 variables de contaminación incluidos en el índice; los expertos opinaron sobre ellos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser “no incluido”, “indeciso” o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una calificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo una calificación más significativa. Igualmente tuvieron la oportunidad de incluir más variables (Brown et al, 1970).

En un segundo estudio, se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por los expertos, de tal manera que se modificaran las respuestas si se

determinaba conveniente. Como resultados de este segundo estudio, nueve fueron variables identificados de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO5, nitratos, fosfatos, desviación de temperatura, turbidez y solidos totales (Universidad de Pamplona, 2017).

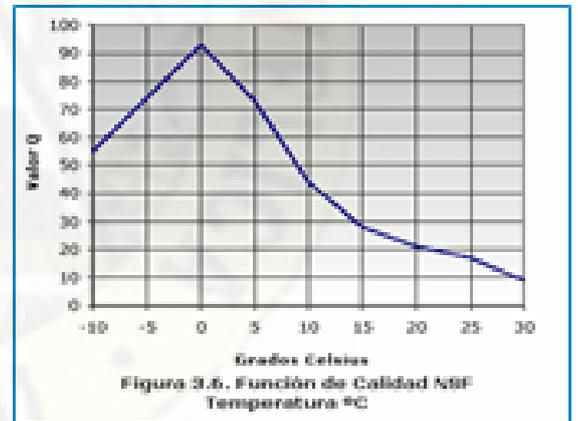
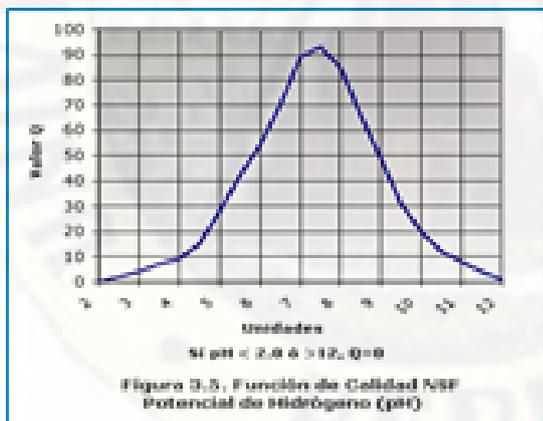
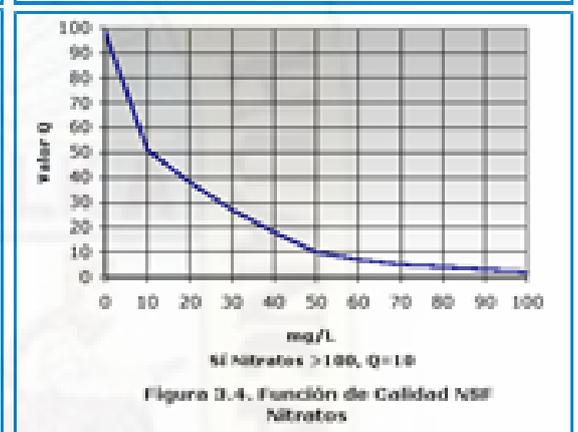
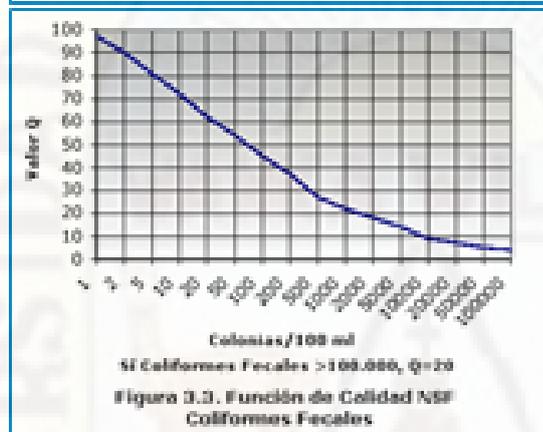
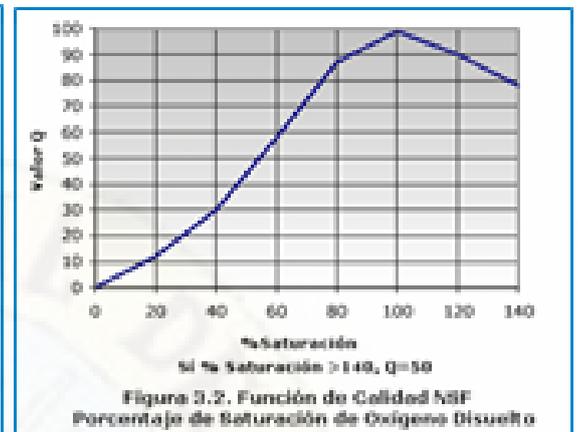
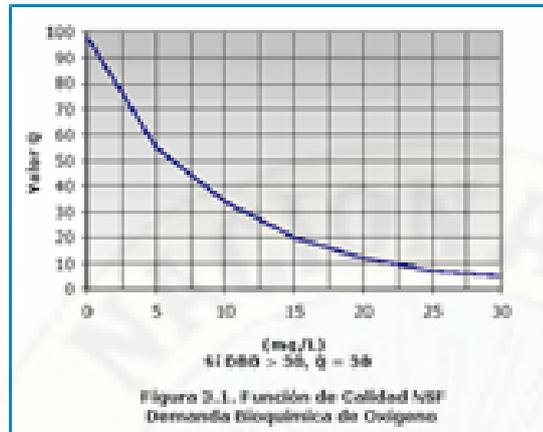
Finalmente, en el tercer estudio, los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de una curva de valoración para cada variable. Los niveles de calidad de agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Cada participante realizo la curva que pensó que representaba la variación de la calidad del agua, cauda por el nivel de contaminación de las variables. Estas curvas fueron conocidas como curvas de función (Brown et al., citado por Universidad de Pamplona, 2017).

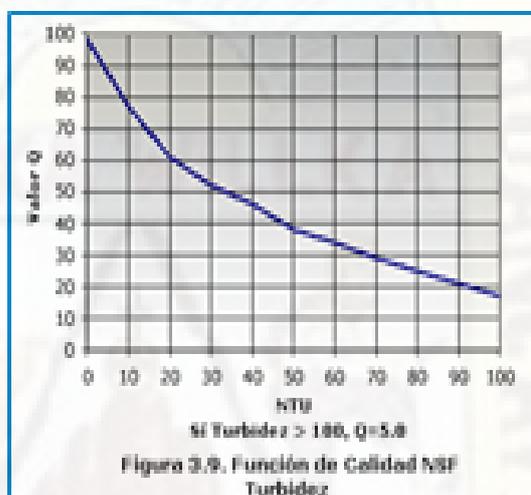
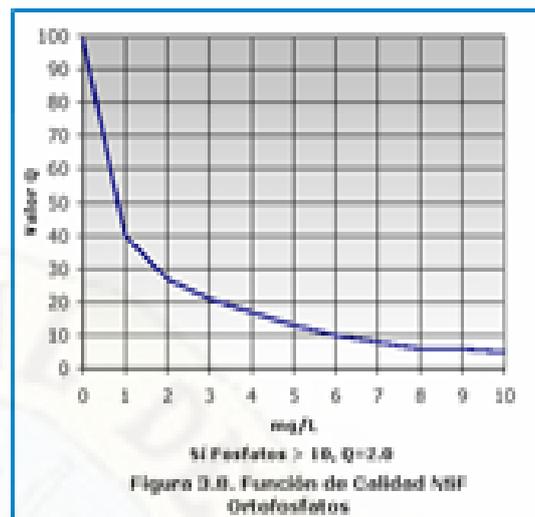
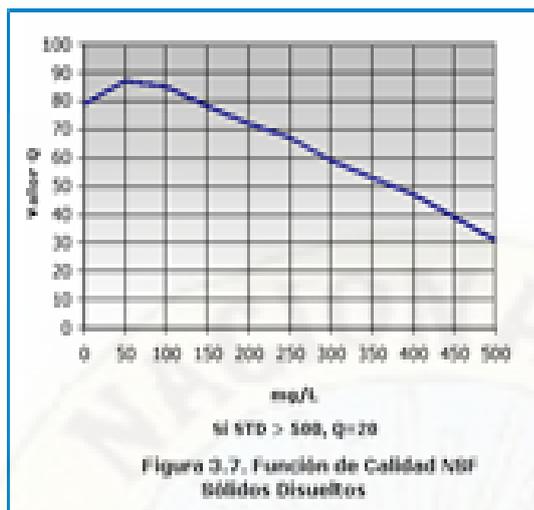
2.2.21.1. Curvas de función

Los investigadores promediaron todas las curvas para producir, de la misma manera, una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través del uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. Límites de confianza cercanos a la media representaba un contaminante variable, hecho que se verificaba en los estudios, mientras que límites de confianza amplios representaba desacuerdos entre las respuestas. Por ejemplo, el Oxígeno Disuelto tuvo una banda estrecha y la turbidez una gráfica mucho más amplia, como es observable a continuación en las figuras correspondientes a cada variable figura siguiente con su respectivo valor Q (Universidad de Pamplona, 2017).

Figura 2

Curvas de función





Fuente: Universidad de Pamplona (2017).

2.2.22. Cálculo Del Índice NSF

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

$$WQI = \left(\prod_{i=1}^n SI_i \right)^{w_i}$$

En la actualidad el índice usa un Promedio Aritmético Ponderado:

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

Dónde: WQI: índice de Calidad de Agua

SI_i: Subíndice del Parámetro i

W_i: Factor de Ponderación para el Subíndice i

Mientras la suma lineal ponderada se usa ampliamente, la agregación del producto ponderado, evita eclipsar el resultado, porque si un sub- índice es cero, entonces el índice es automáticamente cero (Universidad de Pamplona, 2017).

Se debe recordar que una vez obtenido el valor Q de la curva, se debe multiplicar por su factor de ponderación para obtener el subtotal, puntaje parcial o subíndice (Universidad de Pamplona, 2017).

El resultado final es interpretado de acuerdo con la siguiente escala de clasificación, en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango:

Tabla 11

Escala de clasificación

Excelente: 91-100
Buena: 71-90
Media: 51-70
Mala: 26-50
Muy Mala: 0-25

Nota: indica el rango del índice de calidad del agua con sus respectivas categorías extraído de la Universidad de Pamplona (2017).

2.2.23. Índice de Calidad del Agua de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental-Brasil (Método IAP)

El IAP es el producto resultante de dos índices (IQA e ISTO), y está conformado por diferentes funciones de agregación; el IQA, al ser una adaptación del ICA-NSF, emplea una ecuación basada en el promedio ponderado y en el caso del ISTO; la ecuación empleada es el producto de la ponderación de los dos subíndices mínimos más críticos del grupo de sustancias tóxicas (ST) por la ponderación obtenida a través de la media aritmética de los subíndices del grupo de sustancias organolépticas (SO) (Monteguardo, 2015).

$$\begin{aligned}
 IAP &= ISTO * IQA \\
 &= ST * SO
 \end{aligned}$$

$$ST = \text{Min} - 1(q_1, q_2, \dots, q_n) * \text{Min} - 2(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

$$SO = \text{Media Aritmetica} (q_a, q_b, \dots, q_n)$$

Dónde:

IQA: Índice de Calidad del Agua adaptado del ICA NSF para las condiciones de Brasil
ISTO: Índice de Sustancias Tóxicas y Organolépticas

ST: Ponderación de los dos subíndices mínimos más críticos del grupo de sustancias tóxicas

SO: Ponderación obtenida a través de la media aritmética de los subíndices del grupo de sustancias organolépticas

Otros parámetros como los metales pesados, los cuales están relacionados con el riesgo químico, son incluidos principalmente en los ICA desarrollados en los últimos años (DWQI, UWQI e IAP) y cuya evaluación se centra en la destinación del recurso para consumo humano previa potabilización (Monteguardo, 2015).

2.3. Definición de términos

- **Arsénico:** 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 (ANA, 2009).
- **Aluminio:** Es uno de los elementos que más abunda en la corteza terrestre, pero su presencia en las aguas naturales es ínfima.
- **Amoníaco:** Se forma por desaminación 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) (ANA, 2009).
- **Análisis:** Viene a ser el Examen minucioso de una cosa para conocer sus características o cualidades, o su estado, y extraer conclusiones, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen.
- **Boro:** 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 (ANA, 2009).

- **Cadmio:** 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 es debido a las actividades mineras y de fundición (ANA, 2009).
- **Cromo:** 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 (ANA, 2009).
- **Cobre:** El un elemento traza altamente distribuido en las cuencas hidrográficas, pero la mayoría de los minerales de cobre son relativamente insolubles y a que el cobre es absorbido en fase sólida, solo existe en bajas concentraciones en las aguas naturales (ANA, 2009).
- **Coliformes Termotolerantes (Fecales):** La presencia de este parámetro en los cuerpos de agua superficial se debe a la contaminación fecal, cuyo origen pueden ser por los vertidos domésticos sin tratamiento a los cuerpos receptores (ríos, quebradas) y otros de los factores, es por la inadecuada disposición de residuos sólidos que se depositan en los cauces de los ríos (ANA, 2009).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** La DBO5 es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas, su determinación es en base a la oxidación natural de degradación (ANA, 2009).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO se usa como una medida del oxígeno equivalente del contenido de materia orgánica (ANA, 2009).
- **Fósforo:** 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 (ANA, 2009).
- **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 (ANA, 2009).
- **Mercurio:** 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) (ANA, 2009).

- **Microbiológico:** Identifica los microorganismos dañinos, que pueden estropear diferentes espacios y/o medios, como también transmitirse mediante de ellos, y garantizar la inocuidad frente a las enfermedades transmitidas por estos (ANA, 2009).
- **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 (ANA, 2009).
- **Sólidos suspendidos totales:** Su presencia en los cuerpos de agua natural se relaciona con los factores estacionales y regímenes de caudal y es afectado por la precipitación (ANA, 2009).
- **Oxígeno Disuelto:** Es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua superficial, su presencia en el agua se debe al aporte del oxígeno de la atmosfera y de la actividad biológica (fotosíntesis) en la masa de agua (ANA, 2009).
- **Plomo:** 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 (ANA, 2009).
- **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 (ANA, 2009).

2.4. Formulación de hipótesis

La presente investigación es de nivel descriptivo por lo que no cuenta con una prueba de hipótesis.

2.5. Identificación de variables

Variable.

Índice de calidad de agua

- Índice de Calidad de Agua para los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (Método ICA-PE):
 - Parámetros microbiológicos
 - Parámetros físicos
 - Parámetros químicos

2.6. Definición operativa de variables e indicadores

Tabla 12

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	ESCALA		Instrumento
Variable <i>Índice de calidad del agua</i>	El término de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede cumplir con estándares y pueden ser usadas para diferentes propósitos como doméstico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua (Mendoza, 1996)	La medición de la variable se determinará teniendo en cuenta el grado de concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua y aplicando los cálculos según el procedimiento de cada método.	Evaluación espacial del índice de calidad de agua	Fisicoquímicos	Calificación	ICA PE	Ficha de recolección de datos el cual se determinará con el cálculo del Índice de Calidad del Agua Perú determinada por la siguiente fórmula:
				Cloruros Conductividad Demanda bioquímica de oxígeno Oxígeno disuelto Potencial de hidrogeno	EXCELENTE	90 – 100	
				Inorgánicos	BUENO	75 – 89	
				Aluminio Arsénico Boro Cadmio Cobre Hierro Manganeso Mercurio Plomo Zinc	REGULAR	45 – 74	
				Microbiológico	MALO	30 – 44	
				Coliformes termotolerantes Echerichia-Coli	PÉSIMO	0 – 29	

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

Fisicoquímicos

Cloruros
Conductividad
Demanda bioquímica de oxígeno
Oxígeno disuelto
Potencial de hidrogeno

Calificación	ICA PE
EXCELENTE	90 – 100
BUENO	75 – 89
REGULAR	45 – 74
MALO	30 – 44
PÉSIMO	0 – 29

Evaluación temporal del índice de calidad de agua

Inorgánicos

Aluminio
Arsénico
Boro
Cadmio
Cobre
Hierro
Manganeso
Mercurio
Plomo
Zinc

Microbiológico

Coliformes termotolerantes
Echerichia-Coli

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Se entiende por tipo de investigación a “las diferentes modalidades que podemos emplear para realizar una investigación con el fin principal de generar nuevos conocimientos” (Zita, 2017, p. 1).

Según Ccanto (2010), las investigaciones de tipo aplicada busco descubrir o validar métodos, técnicas, instrumentos o materiales que optimicen los procesos, y sus hipótesis se demuestren en términos de manera eficaz.

Asimismo, Tamayo (2003), señala que las investigaciones de tipo aplicada vienen a ser un proceso complejo. Su papel en las ciencias ambientales, en la naturaleza epistemológica del objeto de estudio, en los paradigmas descriptivos e interpretativos y su convergencia de metodologías para el abordaje de los temas principales dentro de las ciencias ambientales, generaron nuevos modos de producción de conocimientos en base a teorías ya existentes con la finalidad de contrastar la hipótesis y resolver el problema (p. 43).

Teniendo en consideración el aspecto metodológico de Ccanto y Tamayo esta tesis fue de tipo aplicada ya que se pretende determinar la variación del índice de calidad de agua aplicando métodos internacionales y nacionales en el río Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo. Dichos métodos pasaran por un proceso de validación como lo indican dichos autores.

3.2. Nivel de investigación

Se entiende por niveles de investigación “al grado de profundidad con la que se estudió ciertos fenómenos o hechos en la realidad social, y todo ello dentro de una investigación” (Sabino, 1992, p. 2).

La investigación de nivel descriptiva se emplea de manera sencilla ya que suele responder a preguntas envase al objeto de estudio: ¿Qué es?, ¿Qué características tiene?, ¿Qué nivel posee?, ¿Cuál es su forma?, ¿Cómo esta echo?, ¿Qué funciones cumple? (Niño, 2011).

De la misma forma Hernández et, al. (2010), en su libro “Metodología de la investigación” señalan que la investigación de nivel descriptiva utiliza el método de análisis, permitiendo determinar las características y propiedades de las variables, cuyo resultado permite ordenar, agrupar, sistematizar las unidades de análisis; que tiene como objetivo el trabajo indagatorio.

Teniendo en consideración lo mencionado por los autores, la presente tesis es de nivel descriptivo debido a que el propósito es describir la variación del índice de calidad de agua mediante la aplicación de métodos internacionales y nacionales, así como sus características, aplicaciones, partes, categorías, etcétera, de cada método.

3.3. Método de investigación

Método científico

El método científico es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales que tuvo como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento (hipótesis) y que permitirá la interpretación de la realidad; sin embargo, sus conclusiones no pueden tomarse como una verdad absoluta (Hernández et al, 2014).

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

Para la determinación del índice de calidad de agua se aplicó la fórmula ICA-Pe, 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 (MINAGRI 2018).

Método Canadiense (Método CCME-WQI)

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés) que fue desarrollado para simplificar el reporte de los datos de calidad de las aguas. Es una herramienta para generar resúmenes de los datos de calidad útiles tanto para técnicos como para políticos, así como para el público en general interesado en ese conocimiento. No es un sustituto de los análisis detallados de la calidad de las aguas (CCME, citado por Balmaseda & García, 2014).

Método Europa (Método UWQI)

En Europa se desarrolló el Universal Water Quality Index –UWQI– conformado por 11 parámetros fisicoquímicos y uno microbiológico, con el objetivo de proporcionar

un método más sencillo para describir la calidad de las aguas superficiales utilizadas para el abastecimiento de agua potable. El cálculo se basó en las directivas de la Unión Europea para aguas a ser destinadas al consumo humano previo tratamiento, con el fin de facilitar su uso en los diferentes países que la conformaron (Boyacioglu, citado Monteguardo, 2015).

Método NSF

El índice de calidad de agua (ICA) se desarrolló por la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) en 1970. La NSF ICA fue desarrollada para proporcionar un método estandarizado para comparar la calidad de las aguas de varios cuerpos de agua (Brown et al., citado por Monteguardo, 2015).

El NSF usó una suma lineal ponderada. El resultado de su aplicación, debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente (Universidad de Pamplona, 2017).

Método brasileño IAP

En Brasil, la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CESTESB, 2006) desarrolló e implementó el ICA de agua cruda para abastecimiento público – IAP como respuesta al aumento en la complejidad de los contaminantes vertidos a las fuentes de agua; su cálculo se realizó mediante el producto de la ponderación de los resultados del índice de calidad de agua (IQA) y el índice de sustancias tóxicas (ISTO), el primero adaptado a partir del ICA de NSF y el segundo que se desarrolló en el año 2002 (Monteguardo, 2015).

3.4. Diseño de investigación

3.4.1. Diseño no experimental

Según señalan Hernández, et al (2014), los diseños de investigación no experimental de corte longitudinal, son estudios que se realizan sin manipular las variables, en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos, en los que se recolectan datos en varios momentos, es decir en diferentes tiempos. Su propósito es describir variables en un momento dado. Los diseños longitudinales descriptivos indagan la incidencia de las categorías o niveles de una o más variables en una población, son estudios puramente descriptivos.

La investigación correspondió a un diseño no experimental de corte longitudinal, porque se observó los fenómenos tal como se encuentran en su contexto natural, se realizó la recolección de los datos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo mediante la base de datos de la autoridad Nacional del Agua.

O -----→ M

Donde:

M=Muestra del río Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo

O=Observación de variables índice de la calidad de agua.

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población es el conjunto o conglomerado de elementos, cosas o seres que compartían características ya sean infinitos o finitos, es así que este puede ser usado en el conjunto de familias objetos, empresas, personas, elementos etc. También fue denominado como todas las unidades de análisis en los que el trabajo de investigación tuvo intervención en un espacio temporal dado (Valderrama, 2002).

Está conformada por las redes de puntos de muestreo ubicado en el río Escalera, río Ichu, río Mantaro, río Opamayo de la provincia y departamento de Huancavelica.

3.5.2. Muestra

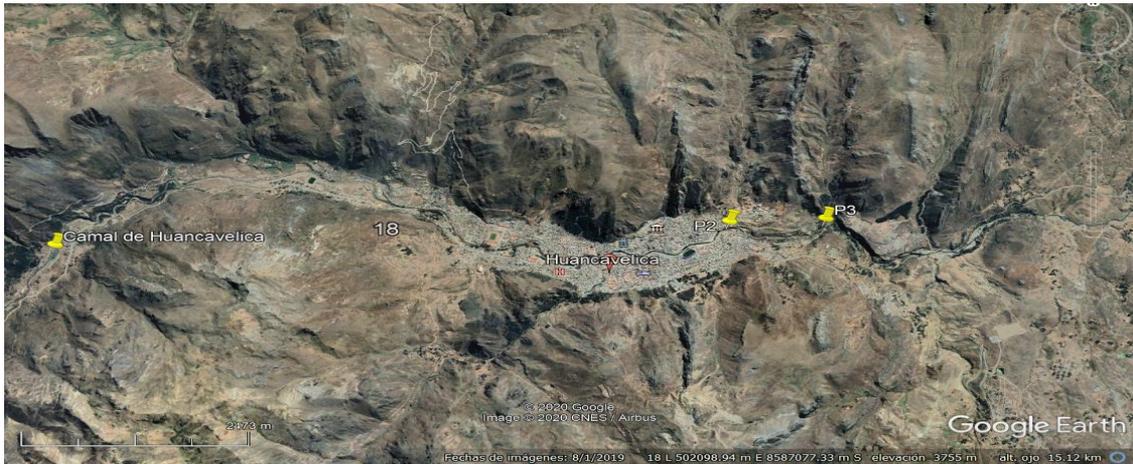
La muestra se conceptualizó por Hernández (2014) como:

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

Las muestras no probabilísticas, también conocidas como muestras dirigidas, en donde la selección de muestras es orientada por las características de la investigación más que teniendo en consideración un criterio estadístico.

Figura 3

Ubicación y localización del área de estudio zona urbana de Huancavelica



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2020)

Figura 4

Ubicación y localización del área de estudio zona de vertimiento de la mina Kolpa



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2019)

Figura 5

Ubicación y localización del área de estudio zona de vertimiento del río Opamayo



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2020)

Figura 6

Ubicación y localización del área de estudio zona de vertimiento del río Mantaro



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2020)

3.5.3. Muestreo

El muestreo que se aplicó en la presente investigación fue no probabilístico por criterio, esto debido a que dicho muestreo busca el criterio de especialistas y estos deben de estar basados en normas, leyes o protocolos establecidos por lo que para elegir los puntos de monitoreo se basó en función al protocolo de monitoreo de agua y a los puntos establecidos por la Autoridad Nacional del Agua

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

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó por medio de la plataforma virtual de la Autoridad Nacional del Agua, en donde se encuentra la base de datos de todos los monitoreos realizados por cada año en los diferentes ríos considerados en el presente estudio, para lo cual se siguió los siguientes pasos.

- Se solicitó a la Autoridad Nacional del Agua
- Se ingresó a la plataforma virtual de la Autoridad Nacional del Agua
- Se identificó los cuatro ríos (Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo)
- Se ingresó a los monitoreos del año (2017, 2018 y 2019)

- Se identificó los 17 parámetros a evaluar según el método ICA-Pe
- Se bajó la información a la cadena de custodia en Excel
- Se diseñó en el software Excel el método ICA-Pe insertando las diferentes fórmulas para determinar el F_1 , F_2 , F_3 y por último obtener el índice de calidad de agua de los diferentes ríos y en los diferentes periodos.

La recolección de datos de los parámetros fisicoquímicos, y microbiológicos de la tesis que se realizó 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 lo cual está avalado por Ortiz (2010), señala que las fuentes secundarias son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema por investigar, pero que no son las fuentes originales de los hechos o las situaciones, sino que solo los referentes, en donde los datos no son tomados directamente, sino que se aprovechan aquellos previamente recogidos por otras personas o instituciones.

El análisis documental fue utilizando en la recolección de datos de las fuentes documentales, fichas textuales y de resumen, recurriendo como fuentes a libros especializados, documentos oficiales e internet, que aplicamos para obtener los datos de los dominios de las variables: conceptos básicos, técnicas avanzadas, ratios, disposiciones presupuestales, disposiciones operativas y beneficios potenciales. (Bernal, 2006, p. 7)

La simulación matemática del método del índice de calidad del agua 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 lotico continental. Con ello se pretenden reconocer, de una forma ágil y fácil, problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas determinadas. Las bondades resultan mayores cuando se evalúa una cantidad amplia de cursos hídricos, o incluso, si solamente se estudia uno, pero en forma periódica (ANA, 2018).

“La ficha viene a ser un instrumento que permitió el registro e identificación de las fuentes de información, así como el acopio de datos o evidencias encontradas” (Robledo, 2016, p. 1).

“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, p. 1).

Tabla 13*Técnicas e instrumentos de recolección*

Técnica	Instrumento
Análisis documental (Fichaje) Cálculo matemático	Formato o ficha de registro ICA-PE Ficha de recolección de datos el cual se determinó con el cálculo del Índice de Calidad del Agua Perú determinada por la siguiente fórmula: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> $ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$ </div>

Nota: la tabla 13 muestra la técnica e instrumento de la presente tesis.

Asimismo, el instrumento fue elaborado teniendo en consideración la hoja de custodia del protocolo de monitoreo de agua, en donde fueron registrados los datos de los diferentes monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua. Dicho instrumento se presenta en el anexo de la presente tesis.

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 obtuvieron se analizaron a través del paquete estadístico SPSS versión 23 y el software Past para la generación de las tablas y figuras.

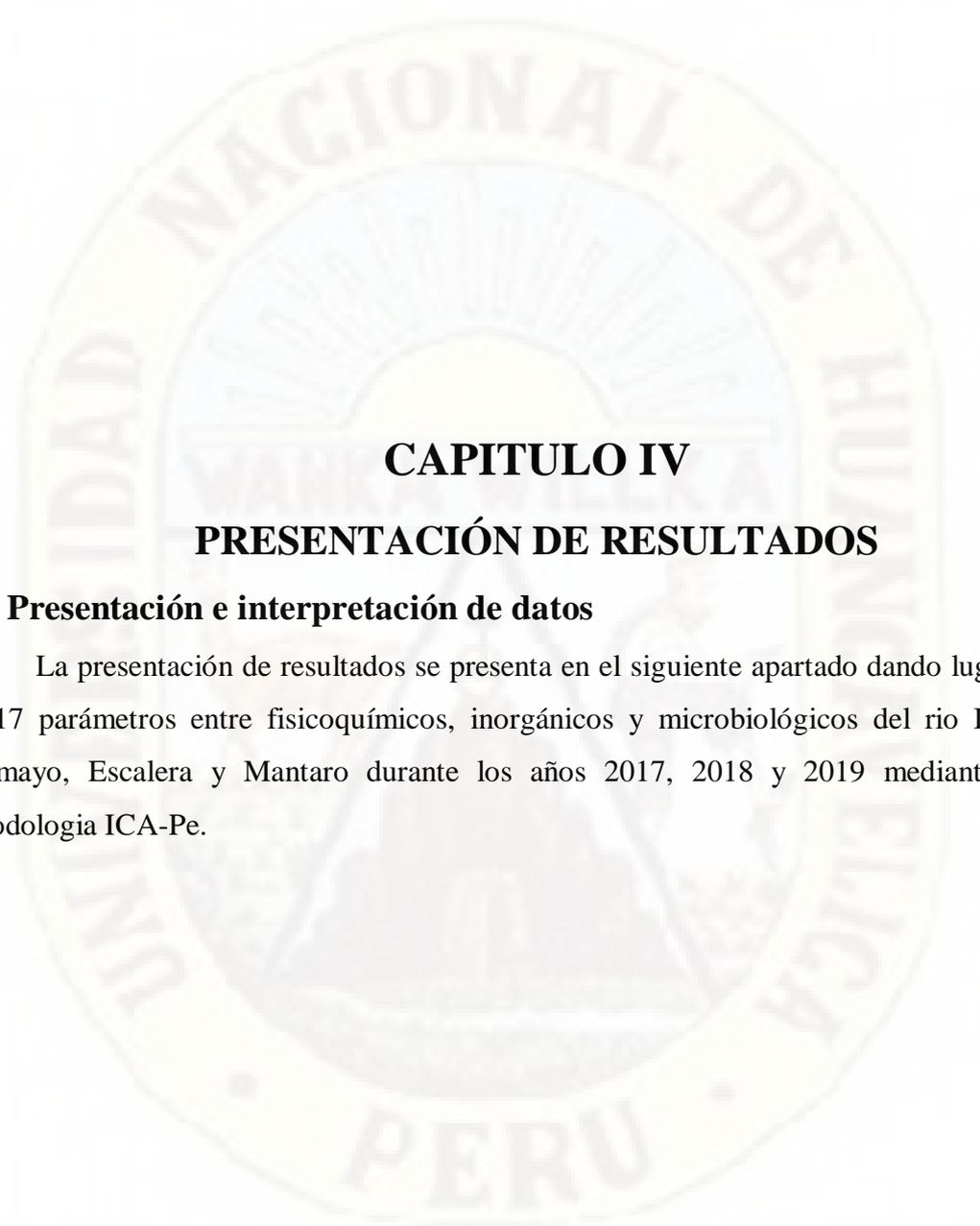
Las técnicas que se emplearon en la presente tesis fueron los diagramas multivariados en los diferentes softwares, de la misma forma se empleó la estadística descriptiva como valor mínimo, máximo, promedios y desviación estándar.

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.

3.7. Descripción de la prueba de hipótesis

En este apartado no se presenta la descripción de la prueba de hipótesis debido a que la tesis es de nivel descriptivo y la formulación del problema no es proposicional.



CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación de datos

La presentación de resultados se presenta en el siguiente apartado dando lugar a los 17 parámetros entre fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del río Ichu, Opamayo, Escalera y Mantaro durante los años 2017, 2018 y 2019 mediante la metodología ICA-Pe.

Tabla 14

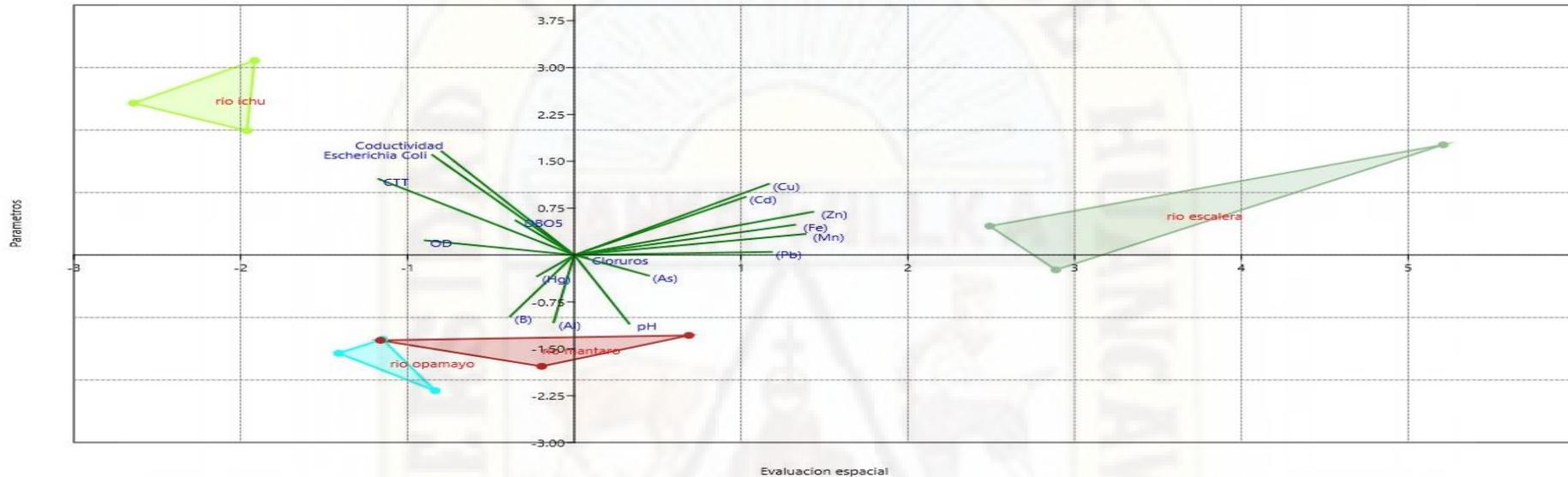
Parametros fisicoquímicos e inorgánicos de la evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua

PARAMETROS FISICO QUIMICOS						INORGÁNICOS										MICROBIOLÓGICOS Y PARASITÓLOGICOS	
Río Ichu																	
Año	Cloruros	Coductividad	DBO ₅	OD	pH	(Al)	(As)	(B)	(Cd)	(Cu)	(Fe)	(Mn)	(Hg)	(Pb)	(Zn)	CTT	Escherichia Coli
	mg/L	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	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL
ECA	500	2500	15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	1	0,01	0,2	5	0,2	0,001	0,05	2	1000	1000
	---	5000	15	≥ 5	6.5-8.4	5	0,2	5	0,05	0,5	---	0,2	0,01	0,05	24	2000	**
2017	6,16	4366,07	7,87	6,34	,27	,78	,05	,04	0,00	0,08	3,50	0,13	0,00	0,03	1,48	2145,38	2395,83
2018	8,86	4065,21	13,77	10,42	7,46	0,78	0,04	0,20	0,00	0,09	3,40	0,09	0,00	0,03	1,44	2589,75	2203,00
2019	1,55	4486,49	16,11	6,57	7,30	1,53	0,05	0,13	0,00	0,08	3,45	0,08	0,00	0,02	1,45	2307,17	2286,50
Río Opamayo																	
2017	-	728,49583	5,75833	7,20583	7,81958	0,52246	0,03260	1,33400	0,00217	0,01654	0,87640	1,18627	0,00002	0,01227	0,32861	728,49583	5,75833
2018	-	974,50000	4,92917	7,13375	7,98056	0,92892	0,03639	1,40013	0,00097	0,01356	1,15306	0,15121	0,00000	0,01389	0,17646	974,50000	4,92917
2019	-	359,16667	6,01667	7,20333	7,79750	2,49533	0,02405	0,40367	0,00244	0,02867	2,91203	0,27190	0,00050	0,05670	0,33468	359,16667	6,01667
Río Escalera																	
2017	15,95965	953,82083	16,91821	6,64250	7,09196	0,96595	0,07255	0,02313	0,03136	0,10101	13,60537	6,26341	0,00006	0,08842	8,38560	10,67400	3,23954
2018	5,31402	953,51583	7,13875	5,42958	7,60000	0,78033	0,04940	0,20402	0,07010	0,30351	11,63075	11,41537	0,00004	0,13824	15,90602	1,80000	1,80000
2019	1,54833	611,79167	3,22625	6,56792	7,06875	1,52686	0,07478	0,12914	0,01911	0,12122	15,00993	2,19953	0,00016	0,25303	9,46730	242,75000	64,37500
Río Mantaro																	
2017	-	565,95238	4,00000	6,73286	7,28667	1,87030	0,07138	-	0,00982	0,05563	6,85739	1,88282	0,00007	0,14300	1,71874	565,95238	4,00000
2018	-	627,50000	4,00000	6,62250	7,50563	1,67681	0,12649	-	0,00212	0,00942	1,59125	3,25038	0,00001	0,01369	0,15156	627,50000	4,00000
2019	-	662,00000	23,16513	6,82333	7,16000	2,25193	0,05725	-	0,00327	0,01239	1,95680	0,50211	0,00008	0,01595	0,08060	662,00000	23,16513

En el presente apartado se puede mostrar el promedio de los 12 monitoreos mensuales que se realizó en el río Ichu, Opamayo, Escalera y Mantaro cada una de estas en dos puntos de monitoreo ubicados antes de la zona urbana de Huancavelica (Camal municipal) y después de la zona urbana (puente de Santa rosa), para el río escalera fueron monitoreados antes y después del vertimiento de la Mina Kollpa, y de la misma forma para el río Opamayo fueron tomados antes y después de la zona urbana y para el río Mantaro se tomaron en dos puntos de monitoreo. Los datos en blanco muestran que en esos ríos dichos parámetros no fueron evaluados, así como el cloruro para el río Opamayo y río Mantaro, mientras que no se evaluó el boro en el río Mantaro. De igual forma se pueden observar datos (0.00) que representan concentraciones bajas en donde el límite de detección no llegó a leerlos.

Figura 7

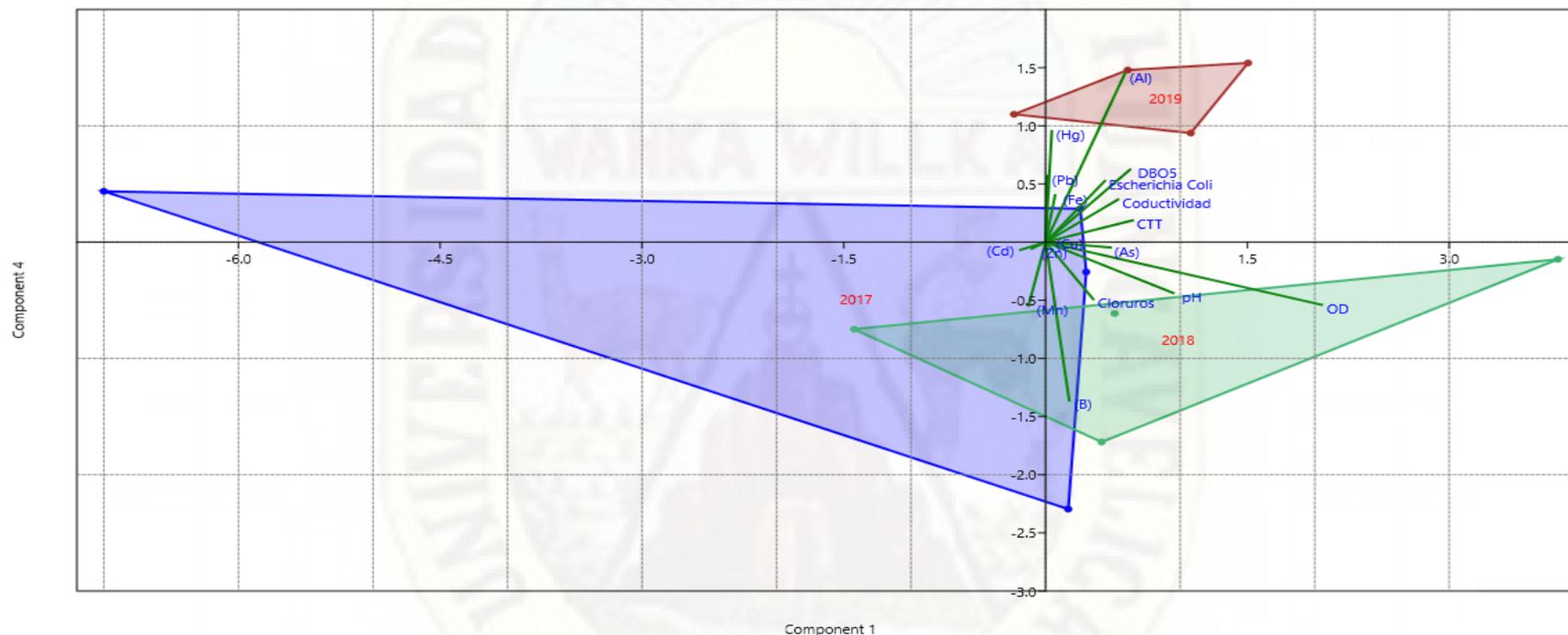
Evaluación especial de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del índice de calidad de agua



En el presente apartado se puede observar un análisis multivariado de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, en donde mediante una evaluación espacial se tuvo que en el río Ichu existe una alta concentración de parámetros microbiológicos y no hay mucha presencia de parámetros inorgánicos o metales correspondientes a una excelente calidad de agua en un rango de (83.9 a 89.4), a diferencia que en el río Escalera hay una alta concentración de metales ubicándolo en una regular calidad de agua (66.1 a 73.7), mientras que en río Opamayo presenta una excelente calidad (93.5 a 96.6 y el río Mantaro presenta una buena calidad de agua (75 a 80.7), así mismo puede observarse que en el río Mantaro y Opamayo hay presencia de B, Al y pH. Por lo que se deduce que existe diferencia en la calidad de agua teniendo en consideración la evaluación espacial.

Figura 8

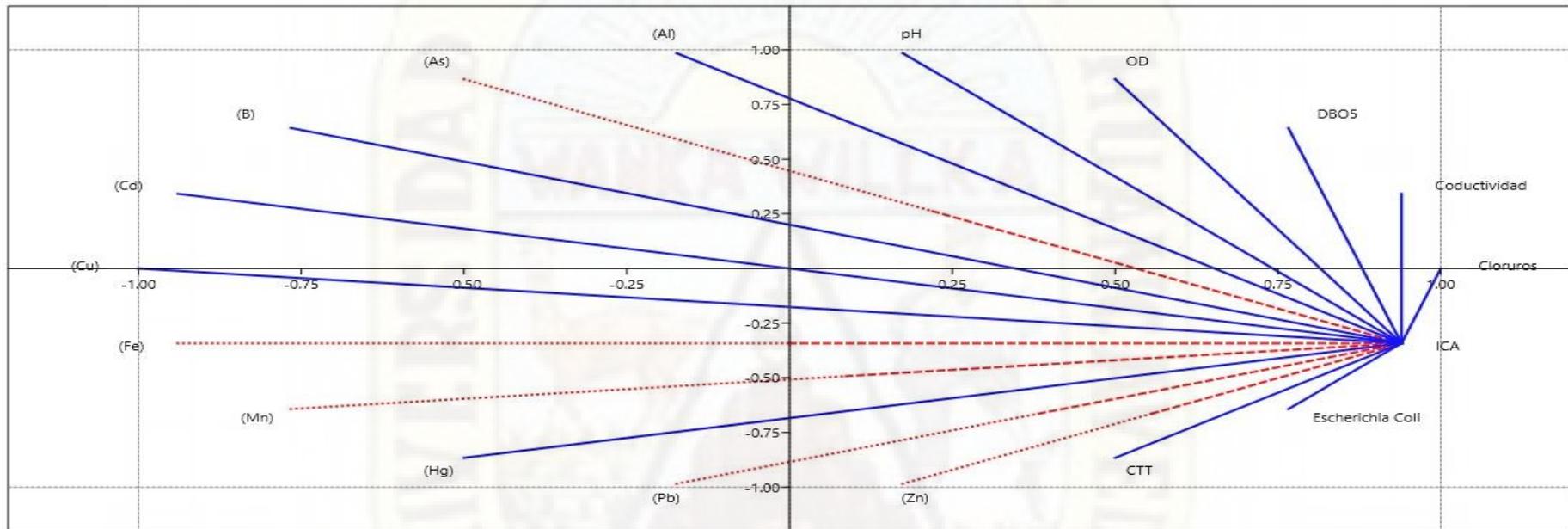
Evaluación temporal de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del índice de calidad de agua



En el presente apartado se pudo observar que existe variación de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, teniendo en consideración una evaluación temporal durante el 2017, 2018 y 2019. Por lo que el índice de calidad de agua varía al transcurrir los años de los ríos en estudio, de igual forma se puede señalar que el 2019 la calidad del agua fue mejor a diferencia del 2017 y 2018.

Figura 9

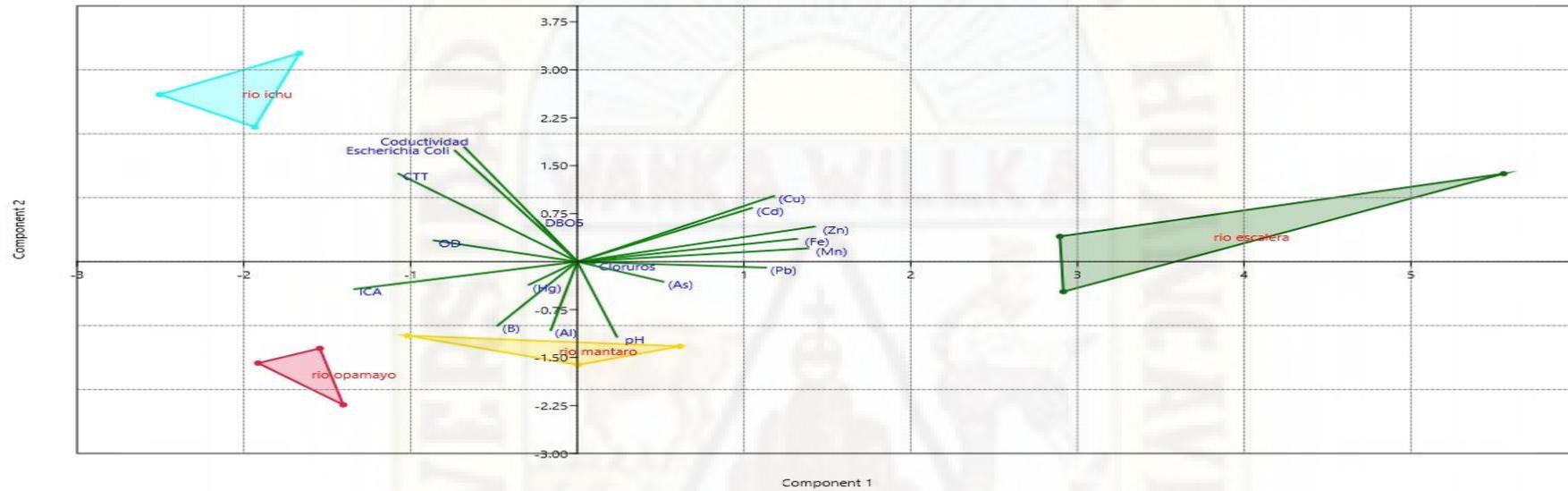
Evaluación de la influencia de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el índice de la calidad de agua de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera, Mantaro



En el presente apartado se puede observar que el índice de calidad de agua teniendo en consideración la evaluación temporal y espacial varía por el cloruro desde (1.55 a 15.9) mg/L, conductividad (359.2 a 974.5) us/cm, DBO (3.2 a 23.2) mg/L, OD (5.4 a 10.4) mg/L, pH (7.1 a 7.9), Al (0.5 a 2.4) mg/L, B (0.04 a 1.4) mg/L, Cd (0.001 < a 0.07) mg/L, Cu (0.009 a 0.03) mg/L, Hg (0.0001 < a 0.0005) mg/L, CTT (1.8 a 974.5) NMP y Echerichia Coli (1.8 a 2395.8) NMP, mientras que no está influenciada por el As (0.024 a 0.12) mg/L, Fe (0.8 a 15.0) mg/L, Mn (0.08 a 11.4) mg/L, Pb (0.012 a 0.14) mg/L y Zn (0.8 a 15.9) mg/L.

Figura 10

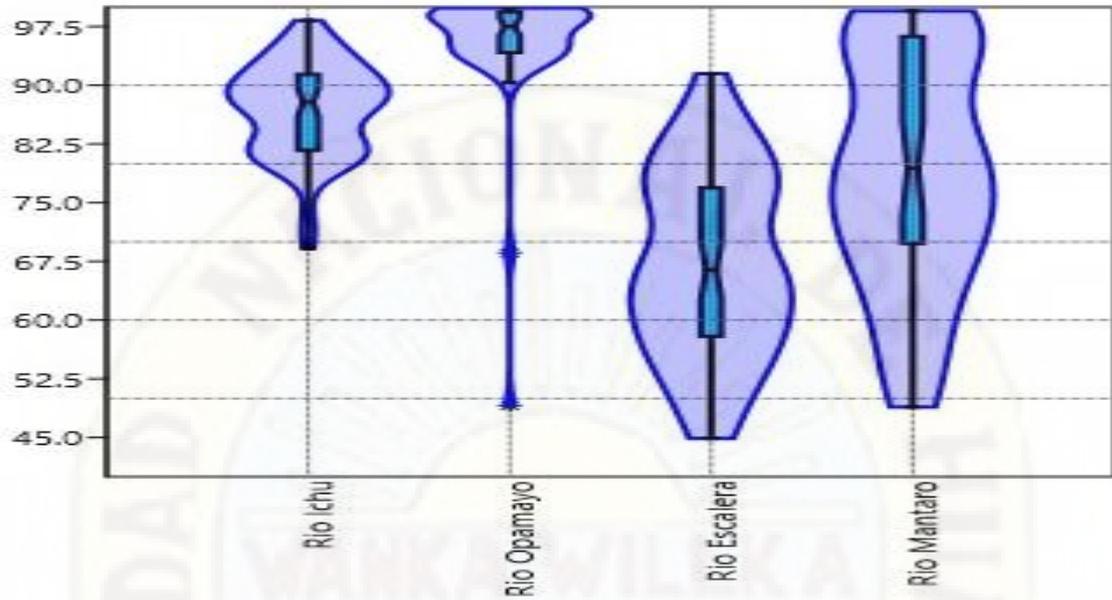
Evaluación espacial de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera, Mantaro



En la figura se muestra la evaluación espacial del índice de calidad de agua en donde, el río Opamayo y Mantaro tienden a tener una pequeña semejanza en la calidad de sus aguas y estas son de buena calidad, mientras que el río Ichu presenta una baja calidad de agua en los parámetros microbiológicos, y el río escalera tiende a tener una mala calidad del agua debido a que presenta altas concentraciones de metales.

Figura 11

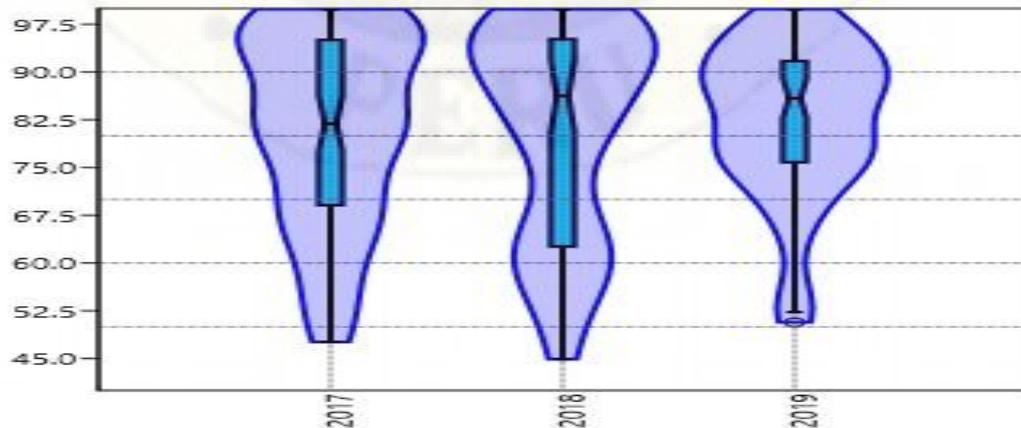
Diagrama de caja y bigotes del índice d calidad de agua mediante la evaluación espacial



En este apartado se observa los índices de calidad de agua de los cuatro ríos en estudio en donde realizando una evaluación espacial, en donde se obtuvo que el río escalera es quien presento una baja calidad de agua en un rango de (45.7 a 66.37) con respecto a los demás, y quien presento una mejor calidad de agua fue el río Opamayo con un puntaje entre (5.88 a 11.21), por lo que se deduce que teniendo en consideración una evaluación espacial existe diferencias entre estos cuatro ríos evaluados.

Figura 12

Diagrama de caja y bigotes del índice de calidad de agua mediante la evaluación temporal



En la presente figura se muestra la evaluación temporal de los índices de calidad de agua de los ríos en estudio en donde se pudo observar que; en el 2018. las calidades de las aguas fueron bajas a diferencia del resto de años y en el año 2019 se obtuvo una mejor calidad de agua. Asimismo, se puede mencionar que la variación temporal del índice de calidad de agua no es muy significativa.

Una vez obtenido los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del río Ichu, Opamayo, Escalera y Mantaro durante los años 2017, 2018 y 2019, se pasó a obtener el índice de calidad de agua mediante la metodología ICA-Pe, en donde se determinó F₁, F₂, F₃ y finalmente se determinó el ICA-Pe,

Tabla 15

Índice de calidad de agua de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera, Mantaro en los periodos 2017, 2018 y 2019

Año	Río Ichu				Río Opamayo				Río Escalera				Río Mantaro			
	F ₁	F ₂	F ₃	ICA	F ₁	F ₂	F ₃	ICA	F ₁	F ₂	F ₃	ICA	F ₁	F ₂	F ₃	ICA
2017	0,23	0,23	27,83	83.9	0.13	0.13	11.21	93.5	0.33	0.33	58.7	66.1	0.39	0.39	38.32	80.7
2018	0,19	0,19	21,84	87.4	0.12	0.12	5.12	97	0.34	0.34	66.37	61.7	0.18	0.18	43.29	75
2019	0,24	0,24	18,40	89.4	0.17	0.17	5.88	96.6	0.27	0.27	45.7	73.7	0.13	0.13	36.11	79.1

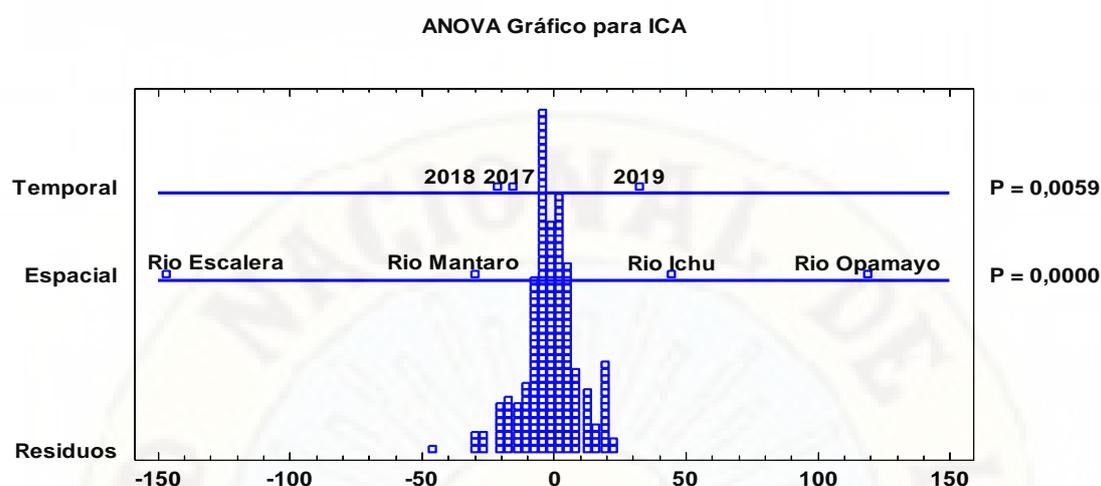
En la presente tabla se muestra los promedios del índice de calidad de agua a nivel espacial y temporal, en donde se puede mostrar que el río Ichu y el río Mantaro durante el tiempo se mantuvo en una buena calidad de agua, mientras que el río Opamayo alcanzó una excelente calidad, asimismo, a diferencia que el río Escalera tuvo una regular calidad de agua. Por lo que también se puede señalar que los promedios del índice de calidad de agua durante el tiempo no llegaron a una mala o pésima calidad de agua de los cuatro ríos en estudio.

Según la clasificación del índice de calidad de agua se puede señalar que el río Escalera alcanzó un regular índice de calidad lo que significa que la calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad de agua a menudo se aleja de los valores deseables por lo que requiere de tomarse medidas frente ya que requieren de un tratamiento.

El río Ichu y el río Mantaro según la clasificación del método ICA-Pe se encuentra categorizada en una buena calidad, por lo que indica que el 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.

Figura 13

Evaluación espacial temporal del índice de calidad de agua



En la presente figura se pudo observar la evaluación espacial y temporal, en donde el índice de calidad de agua del río Escalera fue menor al del río Mantaro, Ichu y Opamayo y de igual forma se pudo observar que la calidad de agua en el año 2018 fue menor al del año 2017 y 2019, pudiendo deducir que el índice de calidad de agua es influenciado por el tiempo y espacio siguiendo una metodología ICA-Pe.

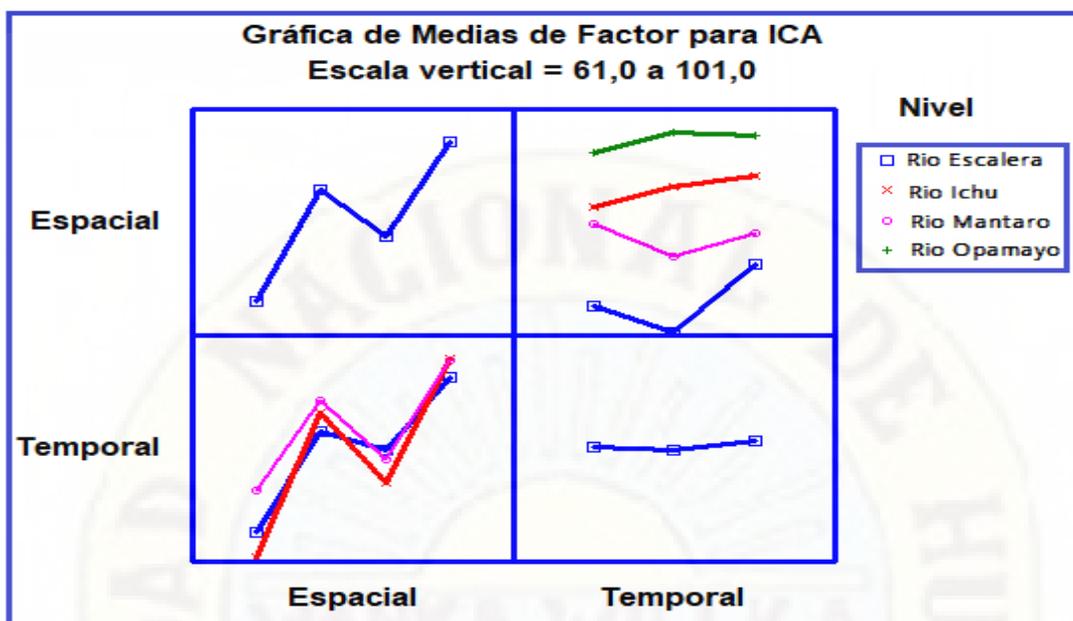
Tabla 16

Medias por mínimos cuadrados para índice de calidad de agua con intervalos de confianza del 95,0%

<i>Nivel</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	250	82,3062			
Espacial					
Rio Escalera	72	67,1472	1,22034	64,7435	69,551
Rio Ichu	72	86,9014	1,22034	84,4976	89,3051
Rio Mantaro	52	78,6974	1,43939	75,8622	81,5326
Rio Opamayo	54	96,4789	1,44774	93,6272	99,3306
Temporal					
2017	93	80,9761	1,07447	78,8596	83,0925
2018	88	80,4219	1,10934	78,2368	82,607
2019	69	85,5207	1,28087	82,9977	88,0437

Figura 14

Escala vertical de la evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua



En el presente apartado se realizó una evaluación temporal y espacial, en donde se puede observar que existe diferencia o variación en los cuatro ríos teniendo en consideración la evaluación espacial, en donde se observa que el río Opamayo es quien tiene mejor calidad de agua y quien tiene más bajo es el río Escalera. Mientras que al realizar la evaluación temporal no hay mucha variación ya que dicha variación es mínima.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Caracterizar la variación de la evaluación especial y temporal el índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.

En la presente tesis “Evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua de los ríos Ichu, escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019”. se realizó la evaluación de la variación temporal y espacial, donde se puede observar que existe variación en los cuatro ríos teniendo en consideración la evaluación espacial, en donde se observa que el río Opamayo es quien tiene mejor calidad de agua y quien tiene más bajo es el río Escalera. Mientras que al realizar la evaluación temporal no hay mucha variación ya que dicha variación es mínima. Realizando una evaluación especial temporal se obtuvo para el río Ichu en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (83.9, 87.4,89.4), para el río Opamayo en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (93.5,97,96.6), para el río Escalera en

los años (2017,2018 y 2019) un ICA (66.1,67.7,73.7) para el río Mantaro en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (80.7,75,79.1). Para 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, obtuvo 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 debido a ello es que la calidad de agua varía espacial y temporalmente, llegando a la conclusión de que la evaluación espacio temporal sí influyen en el índice de calidad de agua en todas las investigaciones. y para Chávez, et al, (2012) en su investigación titulado “Evaluación del Índice de Calidad de Agua en la Bahía de Jiquilisco, definición de metodologías de muestreo, validación y cuantificaciones analíticas para agua salada” en El Salvador, los resultados indican que la medición de salinidad muestra datos mínimos que se ubican en la estación de muestreo localizada en Puerto Avalos y Bocana del Río Grande de San Miguel, con rangos promedios entre 0.5 a 6 unidades prácticas de salinidad (ups-unidades prácticas de salinidad) y en las otras estaciones de muestreo (Vuelta Redonda, Puerto Parada y Puerto El Triunfo) se lograron rangos de salinidad superiores, entre 27 a 31 (ups). El parámetro que ha influido en mayor magnitud en la evaluación del índice de calidad de agua, viene a ser la DBO, motivo por el cual se validó esta variable para lograr resultados más verídicos. llegando a la conclusión de que la evaluación espacio temporal sí influyen en el índice de calidad de agua en todas las investigaciones. Para Hilario y Mamani (2021) en su investigación: 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, obtuvieron como resultados en 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, lo cual indica que ambas investigaciones llegan a la

misma conclusión. Asimismo, Guzman, *et.al.* (2011), en su investigación titulada “Evaluación espacio–temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México”, plantearon como principal objetivo evaluar la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes presentes en el agua del río San Pedro, en el Estado de Aguascalientes. El estudio propone además el empleo de un índice global de la calidad del agua (IGCA), basado en el índice desarrollado por el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) para el río Alberta (Alberta Environment 1995). Dicho índice se calculó a partir de la determinación de subíndices independientes que agrupan a contaminantes relacionados. El IGCA propuesto es el resultado del promedio de seis subíndices, los cuales incluyeron los 23 parámetros evaluados en el presente estudio. Llegando a la conclusión de que la evaluación espacio temporal si influyen en el índice de calidad de agua en todas las investigaciones.

4.2.2. Caracterizar de manera especial el índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.

En la tesis “Evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua de los ríos Ichu, escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019”. En donde se realizó una evaluación espacial se obtuvo que; el rio escalera presento una baja calidad de agua con respecto a los demás, y quien presento una mejor calidad de agua fue el rio Opamayo, por lo que se deduce que teniendo en consideración una evaluación espacial existe diferencias entre estos cuatro ríos evaluados. también que en el rio Ichu existe una alta concentración para metros microbiológicos y no hay mucha presencia de parámetros inorgánicos o metales, a diferencia que en el rio Escalera hay una alta concentración de metales, mientras que en rio Opamayo y Mantaro coinciden en su calidad y en dichos ríos hay presencia de B, Al y pH. Por lo que se deduce que existe diferencia en la calidad de agua teniendo en consideración la evaluación espacial. Realizando una evaluación especial para el año 2017 se obtuvo un ICA para el rio Ichu de 83.9, rio Opamayo de 93.5, rio Escalera de 66.1 y rio para el rio Mantaro de 80.7 ,para el año 2018 se obtuvo un ICA para el rio Ichu de 87.4, rio Opamayo de 97, rio Escalera un ICA de 61.7 y rio Mantaro de 75 y para el año 2019 se obtuvo un ICA para el rio Ichu de 89.4, rio Opamayo de 96,6 rio Escalera un ica de 73.7 y rio Mantaro de 79.1. Para Mora, et al (2018), investigaron “Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano en Costa Rica (IRCACH)”,

el objetivo fue facilitar la interpretación de los análisis del agua para consumo en los sistemas de abastecimiento en Costa Rica. Metodología, realizaron la clasificación de los parámetros determinantes que son los fisicoquímicos y microbiológicos, y a partir de ello definieron 5 niveles de riesgo que van desde el riesgo muy bajo hasta el riesgo muy alto, a partir de ello obtuvieron los siguientes resultados: obtuvieron un nivel de riesgo bajo ya que la concentración de los parámetros no superan el 10%, en cuanto a los parámetros microbiológicos se realizó el recuento de los coliformes fecales que obtuvieron 25 puntos y se ubica por debajo del 95%, finalmente concluyen que la aplicación del índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano establece o ayuda a indicar los niveles de riesgo que tiene el consumidor así como las condiciones organolépticas o estéticas. Como conclusión el presente estudio nos da evidencia de que existe una correlación entre parámetros físico-químicos del agua y las diferentes posiciones geográficas monitoreadas, estos cambios son probablemente influenciados por actividades antropogénicas. Llegando a la conclusión de que la evaluación espacio si influyen en el índice de calidad de agua en todas las investigaciones.

4.2.3. Caracterizar de manera especial el índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.

En el presente tesis “Evaluación espacial y temporal del índice de calidad de agua de los ríos Ichu, escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019”.. En donde se observó que existe variación de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, teniendo en consideración una evaluación temporal durante el 2017, 2018 y 2019. Por lo que el índice de calidad de agua varía al transcurrir los años de los ríos en estudio, de igual forma se puede señalar que el 2019 la calidad del agua fue mejor a diferencia del 2017 y 2018. También observar que; en el 2018. las calidades de las aguas fueron bajas a diferencia del resto de años y en el año 2019 se obtuvo una mejor calidad de agua. Asimismo, se puede mencionar que la variación temporal del índice de calidad de agua no es muy significativa. Realizando una evaluación especial temporal se obtuvo para el río Ichu en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (83.9, 87.4,89.4), para el río Opamayo en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (93.5,97,96.6), para el río Escalera en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (66.1,67.7,73.7) para el río Mantaro en los años (2017,2018 y 2019) un ICA (80.7,75,79.1). Para Mora, et al (2018), investigaron “Índice

de riesgo de calidad del agua para consumo humano en Costa Rica (IRCACH)”, el objetivo fue facilitar la interpretación de los análisis del agua para consumo en los sistemas de abastecimiento en Costa Rica. Metodología, realizaron la clasificación de los parámetros determinantes que son los fisicoquímicos y microbiológicos, y a partir de ello definieron 5 niveles de riesgo que van desde el riesgo muy bajo hasta el riesgo muy alto, a partir de ello obtuvieron los siguientes resultados: obtuvieron un nivel de riesgo bajo ya que la concentración de los parámetros no superan el 10%, en cuanto a los parámetros microbiológicos se realizó el recuento de los coliformes fecales que obtuvieron 25 puntos y se ubica por debajo del 95%, finalmente concluyen que la aplicación del índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano establece o ayuda a indicar los niveles de riesgo que tiene el consumidor así como las condiciones organolépticas o estéticas. En la presente figura se muestra la evaluación temporal de los índices de calidad de agua de los ríos en estudio en donde se pudo observar que; en el 2018. las calidades de las aguas fueron bajas a diferencia del resto de años y en el año 2019 se obtuvo una mejor calidad de agua. Asimismo, se puede mencionar que la variación temporal del índice de calidad de agua no es muy significativa. Llegando a la conclusión de que la evaluación temporal si influyen en el índice de calidad de agua en todas las investigaciones.

4.3. Proceso de prueba de hipótesis

La presente tesis no aplica una prueba de hipótesis debido a que es de nivel descriptivo y la formulación del problema no es proposicional

Conclusiones

- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados reflejan el índice de calidad de agua del río Ichu (83.9, 87.4 y 89.4) ubicado en una excelente calidad de agua, río Opamayo (93.5, 97 y 96.6) corresponde a una calidad de agua excelente, río Escalera (66.1, 61.7 y 73.7) refleja una regular calidad de agua y el río Mantaro (80.7, 75 y 79.1) presenta una buena calidad de agua. Asimismo, se mostraron variaciones en la evaluación espacial y temporal, obteniendo índices altos en el río Ichu e índices bajos en el río Escalera.
- La evaluación espacial varía el índice de calidad del agua de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo en torno a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el periodo 2017-2019, obteniendo que el río más contaminado es Escalera y el de excelente calidad el río Ichu.
- La evaluación temporal varía el índice de calidad del agua de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo tomando en función a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el periodo 2017-2019. Obteniendo el índice de calidad de agua más bajo el año 2018 y más alto en el año 2019. Los parámetros con mayor influencia en el índice de calidad del agua de los ríos son: Cloruros, conductividad, DBO5, OD, pH; y de los parámetros inorgánicos: Aluminio, boro, cadmio, cobre, mercurio; e influenciada por los parámetros microbiológicos (CTT y Escherichia Coli). Sin embargo, el ICA-Pe no está siendo influenciada por los parámetros: As, Fe, Mn, Pb y Zn.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio espacio temporal de la calidad de agua de los ríos Ichu, Opamayo, Escalera y Mantaro más amplio en cuanto a área y tiempo, es decir que abarque más estaciones de monitoreo y el registro de los tres años de monitoreo de la red planteada por el estudio de monitoreo de la DIGESA y ALA a lo largo del río. Usando el método de la determinación de la calidad de agua del ICA-Pe
- Se recomienda que en futuras investigaciones se emplee otras metodologías como el NSF, CCME-WQI, UWQI e IAP para evaluar el índice de calidad de agua según las actividades que influyen en la contaminación del agua de los ríos evaluados.
- Se debe incluir en la evaluación de instrumentos de gestión ambiental herramientas que sustenten la interpretación de la calidad de las aguas de cuerpos naturales dentro de sus líneas bases y monitoreo futuros como compromisos ambientales según el sector correspondiente. De la misma forma se recomienda que se realicen evaluaciones de la calidad del agua para actividades de riego en virtud de la composición iónica de la fuente, propiedades del suelo, tolerancia de cultivos a diferentes concentraciones de sales, clima, prácticas agronómicas y de riego, entre otros. En tal sentido las autoridades entendidas en el tema deben considerar el monitoreo y la evaluación de la calidad de las fuentes hídricas de forma permanente asegurando el adecuado uso del recurso.

Referencias bibliográficas

- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima.
- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay , provincia de Abancay 2017*. Tesis , Universidad Tecnológica de los Andes , Facultad de ingeniería , Abancay .
- 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.
- Alarcón, J. (2019). *Aplicación de métodos de índices de calidad de agua (ICA) en el río Rímac* . Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Lima .
- Amat, J. (2017). *Análisis de componentes principales (Principal component analysis,PCA) y t-SNE*. *cienciadedatos.net*.
- ANA. (s.f.). Recuperado el 24 de octubre de 2019, de Autoridad Nacional del Agua: <https://www.ana.gob.pe/gestion-agua/calidad/pagina/2>
- ANA. (2009). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA.PE)*.
- ANA, MINAGRI, CONAGUA, RACSA, MINAET, Global Water Parthership, el colegio de méxico, UNESCO, CANAL DE PANAMA, OCDE, Banco Mundial, Confederación Latinoamerica de OCSAS, CORANTIOQUIA. (2011). *Hacia una buena gobernanza para la gestión integrada de los recursos hídricos* .
- Aquino, & Pavel. (2017). *Calidad del agua en el Perú Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales* (Villena, Doménica; Cueto, Vanessa ed.). (A. y. Derecho, Ed.) Lima.
- Aréstegui, Y. (2019). *Determinación del índice de calidad de agua en cinco cochas del Parque Nacional del Manu*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

- 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.
- Aveiga, A., Noles, P., De la Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (Septiembre de 2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrzal en Manabí. *scielo*, 10(3).
- Bachelard, G. (7 de Julio de 2019). *El simbolismo del elemento agua*. Obtenido de Una breve aproximación a cómo se ha considerado este elemento en sentido arquetípico y universal desde las tradiciones sagradas más importantes: La mayoría de los primeros filósofos consideró que los principios de todas las cosas eran solo los que tienen aspecto material. En cuanto al número y a la forma de tal principio, no todos dicen lo mismo, sino que Tales, el iniciador de este tipo de filoso
- Balmaseda, C., & Garcia, Y. (2014). *Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba*. Cuba.
- Balmaseda, C., & García, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia las Tunas, Cuba. *scielo*, 11-16.
- Balmaseda, C., & García, Y. (Septiembre de 2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* .
- Bedregal, P., Mendoza, P., Ubillus, M., Montoya, E., Airas, R., Baca, L., & Fajardo, W. (2010). Evaluación de las aguas del río Rimac en Lima, Perú, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA). *IPEN*.
- 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.
- Casilla, S. (2014). *Evaluación de la Calidad de Agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suhez*. Puno.
- 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.

- Ccanto, G. (2010). *Metodología de la investigación científica en contabilidad*. Huancayo: Versión peruana.
- 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.
- Chávez, E., & Sánchez, V. (2010). Evaluación técnico ambiental de los recursos hídricos e hidrobiológicos de las lagunas de Choclococha y Ccochapa, Huancavelica. *Quintaescencia*, 33-40.
- Chávez, L., Mejía, M., & Reyes, O. (2012). *Evaluación del índice de Calidad de agua en la bahía de Jiquilisco, definición de metodologías de muestreo, validación y cuantificaciones analíticas para agua salada*. El Salvador .
- CORREO. (Junio de 2010). Relaves mineros matan ríos Sicra y Opamayo. *Relaves mineros matan ríos Sicra y Opamayo*.
- Cuarto Poder. (2019). *Desastre ambiental: 67 mil metros cúbicos de relave minero afectaron al río mantaro*. Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de Desastre ambiental: 67 mil metros cúbicos de relave minero afectaron al río mantaro: <https://www.actualidadambiental.pe/desastre-ambiental-67-mil-metros-cubicos-de-relave-minero-afectaron-al-rio-mantaro/>
- Dammert, A., & Molinelli, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Lima.
- Delgado, F. (2019). *Diagnóstico de la calidad del agua y diseño de propuesta de solución para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA) en el río Colca*. Tesis para obtención de grado académico de Maestro, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Unidad de posgrado de la facultad de ciencias naturales y formales , Arequipa.
- Díaz, M. (2015). *Análisis de la calidad de agua en la cuenca media del río Motagua, 2002-2013*. Guatemala.
- Domus Consultoria Ambiental . (s.f). *Descripción y evaluación de impactos* .
- Fallas, J. (2012). *Análisis de varianza. Comparando tres o más medias*.
- 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.
- Galarza, E. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio Modulo 3: Agua y Alimento* . Lima: Ministerio del Ambiente.

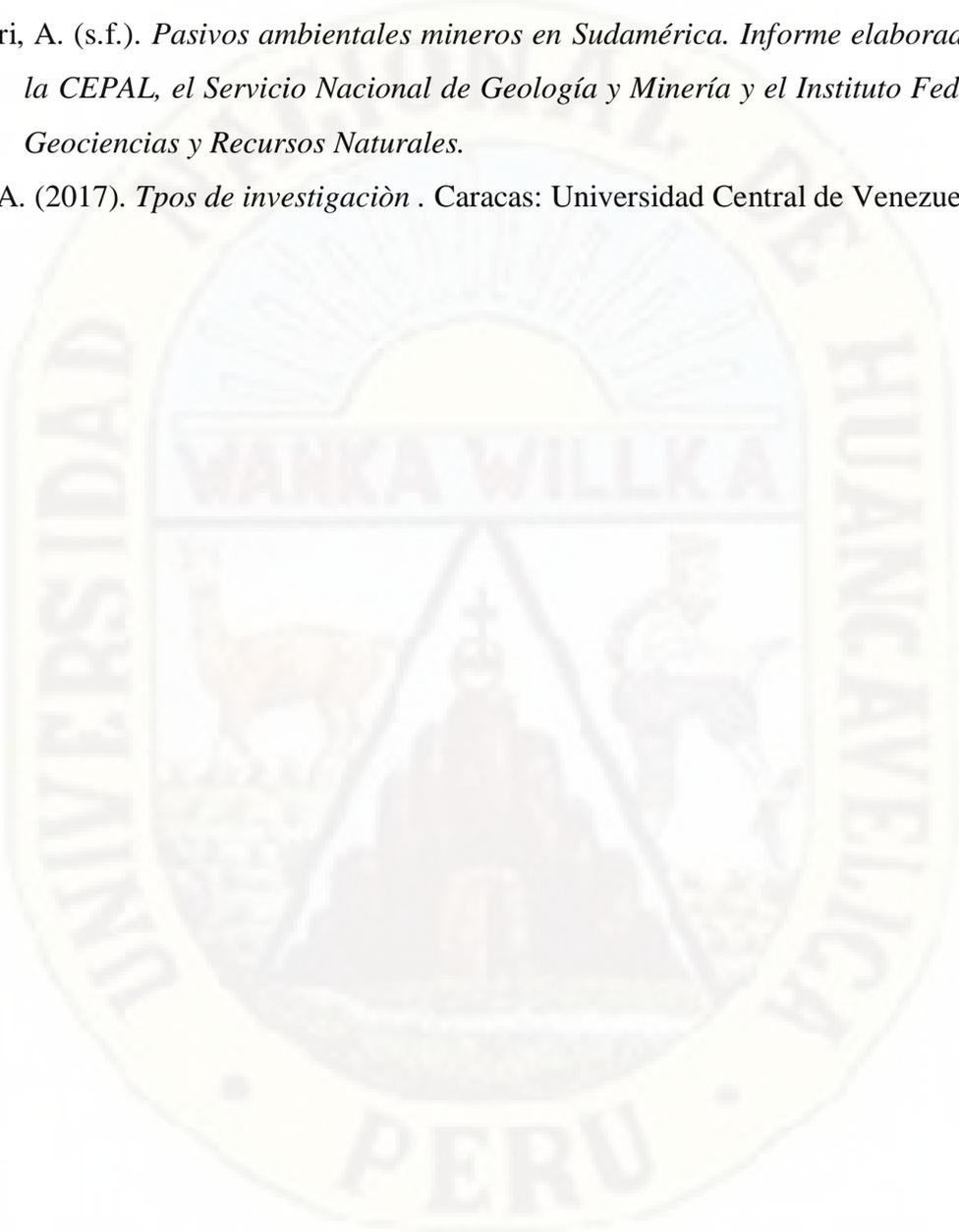
- García, F., Torres, J., & Vergara, S. (2011). Calidad Ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros físicoquímico y biológicos, Amazonas, Perú. *Sciencia*.
- Gil, J. (2014). *Determinación de la Calidad del agua mediante variables física químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa*. Manizales.
- Gomez, A. (1989). *La metafísica de aristoteles*. Ciudad de Mexico: Universidad de Munich.
- González, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP.
- Grupo de Innovación Educativa . (s.f.). *SPSS. ANOVA de un factor* .
- Gutiérrez, H. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico.
- Hernández, 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 Suquipata, Santa Ana, El Salvador* . Tesis , Universidad de el Salvador , Facultad de ingeniería química e ingeniería de alimentos , Salvador .
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Investigación en H2O calidad de agua . (s.f.). *Índices de calidad (ICAs) Y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*.
- Jimenez, J., & Llico, M. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el indice de calidad ambiental para agua. Cajamarca 2019*. Tesis , Universidad Privada del Norte , Facultad de ingeniería , Cajamarca .
- 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.
- Laurente, J. (2015). *Variación del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ICA-NSF) en un tramo de la quebrada Cruz de Motupe*. tesis , Universidad Nacional Agraria de la Selva , Departamento académico de ciencias ambientales, Tingo María .
- Liebman, H. (1969). *Atlas of water quality: methods and practical conditions*. Munich. Idenborough.
- Mendoza, M. (1996). Impacto de la tierra, en la calidad del agua en la cuenca del río San Juan Turrialba. 81.

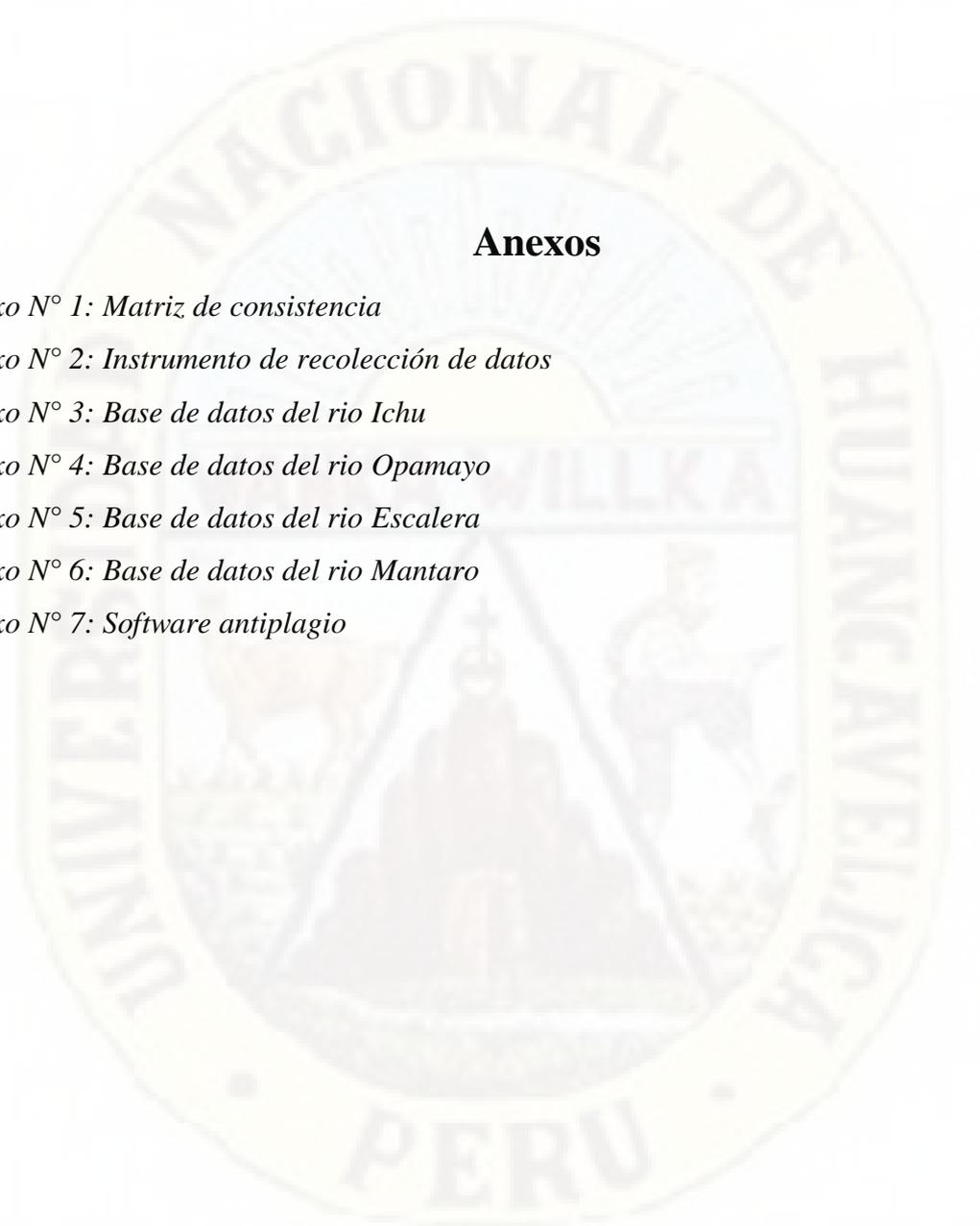
- Meybeck, M., & Helmer, R. (1996). *Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman & Hall.
- Meza, V. (2016). *Calidad del Recurso Hídrico de la Subcuenca del río Lampa - Huancayo*. Huancayo.
- Ministerio de agricultura. (2018). *Índice de calidad de calidad de agua mediante el metodo ICA Pe*. Obtenido de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Ministerio del Ambiente. (07 de Junio de 2017). *Normas legales*. Obtenido de Estandares de Calidad Ambiental: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/ds-004-2017-minam.pdf>
- Monteguado, M. (2015). *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua y los ríos Lampa y Cabanillas*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Puno.
- Montero, R. (2016). *Modelos de regresión lineal múltiple*. España: Modelos de regresión lineal múltiple.
- Mora, D., Orozco, J., Solis, Y., Rivera, P., Cambronero, D., Zuñiga, L., & García, J. (2018). Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano en Costa Rica (IRCACH). 3-14.
- Moreno, D., & Renner, I. (2007). *Gestión integral de cuencas: la experiencia del proyecto regional cuencas andinas*. Lima.
- Moreno, R. (2015). *Índice de calidad de agua (ICA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural- Centro poblado de Paria Willcahuain- Independencia*. Tesis, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de ciencias agrarias, Huaraz.
- 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.
- Naranjo, C., Gonzalez, D., Garcés, G., Brandimarte, A., Muñoz, S., & Musle, Y. (2005). Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua utilizando el índice BMWP-Cub para ríos cubanos. *Tecnura*, 9(17).
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U.
- Niño, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- OCMAL. (2010). Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de Caudalosa: un derrame de infracciones ambientales : <https://www.ocmal.org/denuncia-penalmente-al-gerente-de-minera-caudalosa/#>

- OEFA. (2018). Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de Organismo de evaluación de fiscalización ambiental: <https://www.oefa.gob.pe/oefa-ordeno-a-compania-minera-kolpa-s-a-tomar-medidas-inmediatas-para-evitar-alteracion-de-la-calidad-del-agua-del-rio-escalera-en-huancavelica/ocac07/>
- Organización Mundial de la Salud . (2006). *Guías para la calidad del agua potable* . Tercera Edición.
- Ortiz, C. (8 de Julio de 2010). *Metodlogia de la investigacion*. Obtenido de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/fuentes-primarias-y-secundarias.html>
- Pari, D. (2017). *Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea-Puno*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola , Puno.
- Pauta, G., & Chang, J. (Octubre de 2014). Índices de calidad del agua de fuentes superficiales y aspectos toxicológicos, evaluación del Río Burgay. *Facultad de Ingeniería Marítima* .
- Pérez, J., Nardini, A., & Galindo, A. (Junio de 2018). Análisis comparativo de índice de calidad del agua aplicados al río Ranchería, La Guajira-Colombia. *Scielo*, 29(3).
- 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.
- Puerta, C. (2019). *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA-PE*. Tesis , Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto, Facultad de ecología , Moyobamba.
- Quispe, E. (12 de Setiembre de 2010). Evauación del Impacto Ambiental Derrame de relave en río Escalera Minera Caudalosa (Huancavelca). *Alerta Plomo*, pág. 1.
- Quispe, J. (2016). *Evaluación de la calidad fisico quimica y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de Cota Cota*. La Paz .
- Ramirez, 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 Martin.
- Ramón, G. (s.f.). *Diseños experimentales* . Colombia .
- Rodriguez, J., Serna, J., & Sánchez, J. (Diciembre de 2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Logos Ciencia & Tecnología* , 8(1).

- Rodríguez, J., Serna, J., & Sánchez, J. (Diciembre de 2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos . *Logos Ciencia & Tecnología* , 8(1).
- Rubio, H., Ortiz, R., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J., & Rey, N. (Enero de 2014). Índices de calidad (ICA) en la presa la Boquilla en Chihuahua, México. *Ecosistema y recursos agropecuarios* .
- Saravia, P. (2016). *Determinación de los índices de calidad del agua (ICA-NSF E ISCA) para consumo humano de los ríos Teocinte y Acatán, que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa Zona 16, Guatemala*. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería , Guatemala.
- Sotil, L., & Flores, H. (2016). *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazan - Loreto 2016*. Iquitos.
- Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. México: Limusa S.A.
- Teves, B. (2016). *Estudio Físicoquímico de la Calidad del Agua del río Cakra, región Lima*. San Miguel.
- Torres, F. (2009). *Desarrollo y aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico* . Universidad de Puerto Rico .
- Torres, P., Cruz, 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.*, 8(15).
- Trujillo, L. (2018). *Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista - Huancavelica*. Arequipa.
- UNESCO. (2003). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Paris .
- Uriburu, L. (2018). *Determinación del índice de calidad de agua de consumo humano, del centro poblado de agua fresca, Distrito de Chontabamba-2018*. Tesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion , Facultad de ingeniería , Cerro de Pasco.
- Valderrama, S. (2002). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima, Perú: San Marcos.
- Vásquez, A. (2000). *Manejo de cuencas alto andinas. Escuela superior e administración de aguas "Charles Sutton"*. Lima.

- Velarde, B. (2016). *Índice de Calidad de Agua Superficial del río Chili en el sector de Sachaca Tiabaya - Huayco*. Arequipa.
- 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*. Quito.
- Yupari, A. (s.f.). *Pasivos ambientales mineros en Sudamérica. Informe elaborado para la CEPAL, el Servicio Nacional de Geología y Minería y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales*.
- Zita, A. (2017). *Tpos de investigación*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.





Anexos

Anexo N° 1: Matriz de consistencia

Anexo N° 2: Instrumento de recolección de datos

Anexo N° 3: Base de datos del rio Ichu

Anexo N° 4: Base de datos del rio Opamayo

Anexo N° 5: Base de datos del rio Escalera

Anexo N° 6: Base de datos del rio Mantaro

Anexo N° 7: Software antiplagio

Anexo N° 1: Matriz de consistencia

Tabla 17

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problemas general	Objetivos general	Variable extraídas de la Universidad de Pamplona (2017).	<p>Tipo de Investigación: - Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación - Descriptivo</p> <p>Método de investigación - Método científico - Método ICA-Pe</p> <p>Técnica e instrumento de recolección Análisis de información y simulación Ficha de registro de datos, fórmula matemática</p> <p>Población: Desde su inicio hasta su desembocadura del río: - Ichu - Escalera - Mantaro - Opamayo</p> <p>Muestra:</p>
<p>¿Cuál es la variación de la evaluación especial y temporal del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es la variación de la evaluación especial del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu,</p>	<p>Caracterizar la variación de la evaluación especial y temporal el índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Caracterizar la variación de la evaluación del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos</p>	Índice de calidad del agua	

<p>Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?</p> <p>¿Cuál es la variación de la evaluación temporal del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019?</p>	<p>Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.</p> <p>Caracterizar la variación de la evaluación del índice de calidad de agua teniendo en consideración los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los ríos Ichu, Escalera, Mantaro y Opamayo, periodo 2017-2019.</p>		<p>Zona urbana de Huancavelica Zona de vertimiento de la mina Kollpa Zona urbana de Lircay Zona de vertimiento de la mina Cobriza</p> <p>Muestreo: Muestreo no probabilístico por conveniencia.</p> <p>Recolección de datos: -Análisis documental. -Simulación mediante fórmula matemática de los diferentes métodos del ICA</p> <p>Procesamiento: M. Excel, Past, R Studio, Stat Graphic, SPSS.</p>
--	---	--	---

Anexo N° 3: Base de datos del rio Ichu

CATE 3	Demanda	PARAMETROS FISICO QUIMICOS										INORGANICOS						MICROBIOLÓGICOS Y		DATOS		
		Cloruros		Conductividad		Bioquímica de Oxígeno Disuelto		Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Boro (B)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Coliformes Termostolantes	Num. Escherichia Coli	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto
		mg/L	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	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL			
2017	Richu1	89,00	3456,00	27,00	4,34	6,54	0,57	0,07	0,01	0,01	0,14	3,20	0,20	0,00	0,04	2,00	1,234,00	1000,00	4	17		
2017	Richu1	56,00	3245,00	6,78	3,40	6,71	0,56	0,08	0,01	0,00	0,12	4,30	0,18	0,00	0,04	1,00	2345,00	1200,00	2	17		
2017	Richu1	67,00	3768,00	5,45	7,41	7,56	0,57	0,00	0,01	0,00	0,03	0,11	0,17	0,00	0,01	1,80	2346,00	1087,00	3	17		
2017	Richu1	89,00	3456,00	29,09	5,10	7,43	0,57	0,04	0,30	0,00	0,14	3,50	0,12	0,00	0,02	1,20	2347,00	2768,00	5	17		
2017	Richu1	45,00	3456,00	28,96	25,00	7,45	0,56	0,07	0,03	0,00	0,12	4,30	0,20	0,00	0,04	1,34	2568,00	2543,00	5	17		
2017	Richu1	60,00	3456,00	4,50	21,00	7,34	0,56	0,06	0,01	0,01	0,10	4,35	0,18	0,00	0,05	1,45	2456,00	2879,00	4	17		
2017	Richu1	34,00	3780,00	28,79	20,40	7,12	0,58	0,05	0,02	0,01	0,09	1,20	0,12	0,00	0,01	1,34	2350,00	2456,00	5	17		
2017	Richu1	90,00	3245,00	28,81	20,67	7,34	0,54	0,04	0,02	0,00	0,14	2,00	0,17	0,00	0,02	1,45	2351,00	2987,00	4	17		
2017	Richu1	97,00	3768,00	29,15	21,45	7,28	1,05	0,05	0,08	0,01	0,12	2,30	0,19	0,00	0,04	1,45	2352,00	2345,00	4	17		
2017	Richu1	95,00	3569,00	29,00	21,67	7,67	1,43	0,05	0,03	0,00	0,16	4,50	0,20	0,00	0,05	1,32	1023,00	2134,00	4	17		
2017	Richu1	92,00	2345,00	29,03	21,78	6,90	1,86	0,04	0,03	0,00	0,13	3,40	0,15	0,00	0,01	1,23	1056,00	2675,00	4	17		
2017	Richu1	93,00	2890,00	28,98	21,45	7,45	0,57	0,05	0,01	0,01	0,09	2,90	0,12	0,00	0,02	1,98	1034,00	2456,00	4	17		
2017	Richu2	76,00	32145,00	5,00	7,05	7,54	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05	4,67	0,16	0,00	0,04	1,76	1023,00	2678,00	3	17		
2017	Richu2	84,00	3567,00	4,00	6,48	7,35	0,57	0,04	0,02	0,00	0,05	4,67	0,09	0,00	0,05	1,34	2345,00	2345,00	3	17		
2017	Richu2	83,00	3421,00	6,78	25,00	7,67	0,57	0,04	0,02	0,00	0,05	4,89	0,09	0,00	0,01	1,23	2678,00	2678,00	4	17		
2017	Richu2	23,58	2645,00	7,30	21,00	7,67	0,56	0,03	0,02	0,00	0,05	4,56	0,13	0,00	0,02	1,65	2347,00	2347,00	4	17		
2017	Richu2	12,34	2543,00	34,00	20,40	6,90	0,56	0,04	0,02	0,01	0,05	2,98	0,08	0,00	0,04	1,45	2453,00	2453,00	5	17		
2017	Richu2	22,96	2567,80	23,45	20,67	7,45	0,58	0,06	0,02	0,00	0,05	3,45	0,13	0,00	0,05	1,23	2657,00	2657,00	5	17		
2017	Richu2	23,01	2647,88	21,78	21,45	7,54	0,58	0,06	0,03	0,01	0,06	3,45	0,09	0,00	0,01	1,67	2350,00	2789,00	4	17		
2017	Richu2	22,78	890,00	34,78	21,67	7,35	0,59	0,06	0,03	0,00	0,06	4,56	0,05	0,00	0,02	1,45	2351,00	2975,00	4	17		
2017	Richu2	22,96	3245,00	4,10	21,78	7,67	0,59	0,06	0,03	0,00	0,06	2,30	0,00	0,00	0,04	1,32	2345,00	2678,00	3	17		
2017	Richu2	23,19	3768,00	3,00	21,45	6,85	0,58	0,06	0,03	0,00	0,05	4,89	0,01	0,00	0,05	1,45	2678,00	2345,00	3	17		
2017	Richu2	23,37	3456,00	5,26	5,12	6,79	0,59	0,06	0,03	0,00	0,06	4,56	0,13	0,00	0,01	1,67	2347,00	2678,00	3	17		
2017	Richu2	23,60	3456,00	3,89	6,49	6,90	0,59	0,06	0,03	0,00	0,06	2,98	0,08	0,00	0,02	1,84	2453,00	2453,00	4	17		
2018	Richu1	2,49	3456,00	18,00	8,00	7,54	1,34	0,05	0,01	0,00	0,03	3,45	0,09	0,00	0,04	1,74	2657,00	2453,00	5	17		
2018	Richu1	1,98	3780,00	20,00	7,12	7,05	1,18	0,09	0,01	0,00	0,14	3,45	0,09	0,00	0,05	1,45	1023,00	2657,00	5	17		
2018	Richu1	4,35	3245,00	25,00	8,10	7,39	0,00	0,05	0,00	0,00	0,12	4,56	0,13	0,00	0,01	1,34	1234,00	2789,00	5	17		
2018	Richu1	2,17	3768,00	20,30	7,89	7,99	1,17	0,05	0,01	0,00	0,10	2,40	0,08	0,00	0,02	1,23	1045,00	2678,00	3	17		
2018	Richu1	1,70	3569,00	30,00	3,50	7,00	3,48	0,04	0,00	0,00	0,09	4,89	0,13	0,00	0,04	1,65	1056,00	1100,00	3	17		
2018	Richu1	2,20	2345,00	5,00	25,00	7,02	0,88	0,05	0,02	0,00	0,14	4,56	0,09	0,00	0,05	1,45	2657,00	1123,00	3	17		
2018	Richu1	34,23	2890,00	8,00	21,00	7,78	0,80	0,05	0,02	0,00	0,12	2,98	0,05	0,00	0,01	1,23	2435,00	1034,00	3	17		
2018	Richu1	1,77	32145,00	5,00	20,40	7,45	1,01	0,04	0,05	0,00	0,16	3,45	0,00	0,00	0,03	1,67	2789,00	2678,00	3	17		
2018	Richu1	1,34	3567,00	5,00	20,67	7,45	0,54	0,05	0,04	0,00	0,13	3,45	0,01	0,00	0,01	1,45	3654,00	2345,00	3	17		
2018	Richu1	2,09	3421,00	8,00	21,45	7,33	1,16	0,07	0,02	0,00	0,09	4,56	0,13	0,00	0,02	1,32	2453,00	2678,00	3	17		
2018	Richu1	1,16	2645,00	5,00	21,67	7,08	0,40	0,02	0,02	0,00	0,05	2,30	0,18	0,00	0,01	1,45	3067,00	2347,00	3	17		
2018	Richu1	4,23	2543,00	23,45	21,78	8,10	1,09	0,06	0,02	0,00	0,05	2,45	0,09	0,00	0,02	1,34	3245,00	2453,00	4	17		
2018	Richu2	8,26	2567,80	26,45	21,45	7,12	0,43	0,03	0,27	0,00	0,05	3,26	0,09	0,00	0,02	1,23	3124,00	2657,00	4	17		
2018	Richu2	8,19	2647,88	2,00	4,78	6,89	0,44	0,03	0,28	0,00	0,05	3,26	0,13	0,00	0,04	1,65	3567,00	2789,00	3	17		
2018	Richu2	56,34	890,00	2,80	4,20	7,58	0,45	0,03	0,28	0,00	0,05	3,25	0,08	0,00	0,05	1,45	2345,00	2678,00	3	17		
2018	Richu2	8,66	2543,00	15,60	3,80	7,29	0,44	0,03	0,29	0,00	0,05	3,24	0,13	0,00	0,05	1,23	2613,00	2345,00	3	17		
2018	Richu2	8,52	2567,80	15,70	3,20	7,90	0,55	0,04	0,27	0,00	0,06	4,48	0,09	0,00	0,01	1,67	2890,00	2678,00	3	17		
2018	Richu2	8,77	2647,88	15,46	3,19	7,33	0,47	0,03	0,31	0,00	0,06	3,29	0,05	0,00	0,02	1,45	2657,00	2347,00	3	17		
2018	Richu2	8,80	2678,00	15,34	3,90	7,44	0,50	0,04	0,53	0,00	0,06	3,31	0,00	0,00	0,04	1,32	2435,00	2453,00	3	17		
2018	Richu2	8,90	2645,00	17,89	3,70	6,74	0,51	0,04	0,62	0,00	0,05	3,30	0,01	0,00	0,05	1,45	2789,00	2657,00	3	17		
2018	Richu2	9,20	2543,00	2,22	3,96	8,10	0,49	0,04	0,45	0,00	0,03	3,20	0,13	0,00	0,01	1,34	3654,00	2789,00	2	17		
2018	Richu2	9,17	2567,80	13,00	4,01	7,75	0,53	0,04	0,53	0,00	0,14	3,32	0,18	0,00	0,03	1,23	2453,00	1065,00	3	17		
2018	Richu2	9,03	2647,88	15,80	3,54	7,89	0,38	0,02	0,34	0,00	0,12	2,09	0,09	0,00	0,01	1,65	3067,00	1056,00	3	17		
2018	Richu2	9,08	3245,00	15,46	3,66	7,90	0,48	0,04	0,51	0,00	0,10	3,32	0,09	0,00	0,02	1,45	3245,00	2678,00	3	17		
2019	Richu1	0,20	3768,00	12,34	5,95	7,73	1,49	0,04	0,02	0,00	0,09	4,73	0,13	0,00	0,01	1,23	3124,00	2345,00	3	17		
2019	Richu1	0,60	3456,00	12,56	6,30	6,70	1,44	0,05	0,01	0,00	0,14	2,34	0,08	0,00	0,05	1,67	3567,00	2678,00	3	17		
2019	Richu1	0,42	3456,00	17,89	6,78	6,66	1,26	0,05	0,01	0,00	0,12	3,26	0,13	0,00	0,01	1,45	2345,00	2347,00	5	17		
2019	Richu1	0,38	3456,00	15,67	7,22	7,40	1,35	0,04	0,02	0,00	0,16	3,25	0,09	0,00	0,02	1,32	2613,00	2453,00	4	17		
2019	Richu1	0,30	3780,00	15,98	7,58	7,23	1,21	0,05	0,01	0,00	0,13	3,24	0,05	0,00	0,04	1,45	2890,00	2657,00	4	17		
2019	Richu1	0,50	3245,00	13,45	6,68																	

Anexo N° 4: Base de datos del rio Opamayo

		RÍO OPAMAYO															DATOS			
		PARAMETROS FISICO QUIMICOS					INORGANICOS					MICROBIOLÓGICOS Y					DATOS			
28,94300		Cloruros	Conductividad	Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Boro (B)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Coliformes Termotoler antes	Num. Escherichia Coli	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto
	ECA CATE 3	mg/L	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	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL		
D1: Riego de veetales		500	2500	15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	1	0,01	0,2	5	0,2	0,001	0,05	2	1000	1000		
D2: Bebida de animales		---	5000	15	≥5	6.5-8.4	5	0,2	5	0,05	0,5	---	0,2	0,01	0,05	2	2000	2000	**	
2017	ROpm1-Ene	275,00000	6,60000	7,55000	6,95000	2,82100	0,10778	0,19800	0,00235	0,03623	0,32945	3,53130	0,00050	0,00500	0,41690			2	14	
2017	ROpm1-Ene	264,00000	6,60000	7,27000	7,12000	2,32500	0,02730	0,19000	0,00230	0,00189	3,10070	0,28709	0,00000	0,04420	0,41690			2	14	
2017	ROpm1-Feb	325,00000	5,10000	7,52000	7,10000	0,46700	0,01791	0,27300	0,00208	0,02368	1,37320	0,21563	0,00000	0,01030	0,42530			2	14	
2017	ROpm1-Mar	213,00000	8,40000	8,46000	6,85000	1,76200	0,01999	0,09400	0,00204	0,02619	1,36200	0,19909	0,00000	0,03800	0,35010			1	14	
2017	ROpm1-Abril	273,00000	6,20000	6,87000	6,90000	0,53200	0,03076	0,48500	0,00466	0,04303	1,54050	0,30735	0,00000	0,03220	0,81720			2	14	
2017	ROpm1-May	518,00000	7,00000	7,11000	7,14000	0,27900	0,01732	0,58100	0,00439	0,03960	1,11860	0,31946	0,00000	0,01420	1,09350			2	14	
2017	ROpm1-Jun	278,00000	9,50000	6,70000	8,50000	1,02500	0,03406	0,77800	0,00131	0,01998	1,67350	0,32955	0,00000	0,02590	0,26360			2	14	
2017	ROpm1-Jul	1084,00000	5,80000	7,15000	8,34000	0,93000	0,03115	1,44100	0,00300	0,00389	0,17920	0,12992	0,00000	0,00120	0,04930			2	14	
2017	ROpm1-Ago	1236,00000	4,50000	7,52000	8,51000	0,09500	0,03378	2,48200	0,00300	0,00490	0,21750	0,15346	0,00000	0,00310	0,02720			3	14	
2017	ROpm1-Sep	1110,00000	4,50000	6,04000	8,67000	0,02700	0,03650	2,11600	0,00300	0,00322	0,13150	0,13055	0,00000	0,00060	0,01970			3	14	
2017	ROpm1-Oct	1373,00000	4,50000	7,28000	8,57000	0,06400	0,04141	3,47700	0,00300	0,00225	0,15050	0,12135	0,00000	0,00160	0,01200			3	14	
2017	ROpm1-Nov	672,00000	4,50000	8,35000	8,59000	0,21600	0,02920	2,21100	0,00099	0,01826	0,70320	0,24582	0,00000	0,00720	0,44650			3	14	
2017	ROpm1-Dic	1379,00000	4,50000	7,55000	8,52000	0,03100	0,04139	2,70300	0,00300	0,00241	0,19780	0,10506	0,00000	0,00070	0,01420			2	14	
2017	ROpm2-Feb	344,00000	5,10000	7,67000	7,10000	0,42400	0,01778	0,25800	0,00185	0,02431	1,14580	0,13293	0,00000	0,01230	0,41170			1	14	
2017	ROpm2-Mar	205,90000	7,00000	8,26000	7,27000	0,20200	0,00588	0,42100	0,00326	0,00672	0,27800	0,094670	0,00000	0,00360	0,15260			2	14	
2017	ROpm2-Abril	286,00000	7,10000	6,92000	7,12000	0,46500	0,02792	0,48900	0,00387	0,04179	1,29710	0,21583	0,00000	0,03210	0,77390			2	14	
2017	ROpm2-May	524,00000	7,00000	7,26000	8,36000	0,32800	0,01702	0,57800	0,00498	0,04014	1,04610	0,24335	0,00000	0,01400	1,14940			2	14	
2017	ROpm2-Jun	315,00000	6,20000	6,80000	7,10000	0,78300	0,03269	0,73100	0,00128	0,01821	1,52470	0,18361	0,00000	0,02610	0,25710			1	14	
2017	ROpm2-Jul	1124,00000	5,60000	7,29000	8,35000	0,03200	0,03196	1,35000	0,00001	0,00262	0,15790	0,08704	0,00000	0,00100	0,04980			1	14	
2017	ROpm2-Ago	1247,00000	4,50000	7,74000	8,47000	0,06300	0,03062	2,50200	0,00001	0,00447	0,17750	0,08418	0,00000	0,00260	0,01750			1	14	
2017	ROpm2-Sep	1040,00000	4,50000	6,49000	8,68000	0,02000	0,03369	2,06100	0,00001	0,00322	0,12450	0,06086	0,00000	0,00060	0,01770			2	14	
2017	ROpm2-Oct	1380,00000	4,50000	5,61000	8,04000	0,34200	0,03691	1,55700	0,00073	0,01018	0,68200	0,16750	0,00000	0,01040	0,12350			1	14	
2017	ROpm2-Nov	683,00000	4,50000	8,14000	8,53000	0,20300	0,02943	1,92200	0,00097	0,01703	0,62380	0,19446	0,00000	0,00700	0,56000			2	14	
2017	ROpm2-Dic	1334,00000	4,50000	6,42000	7,91000	0,00300	0,05003	3,11800	0,00001	0,00270	0,09860	0,07843	0,00000	0,00060	0,02100			1	14	
2018	ROpm1-Ene	1569,00000	6,20000	6,51000	7,99000	2,82100	0,02860	0,19800	0,00107	0,00877	0,12007	0,12007	0,00000	0,00640	0,12730			1	14	
2018	ROpm1-Mar	280,00000	4,50000	7,39000	7,32000	0,98400	0,02145	0,19800	0,00207	0,03005	1,86480	0,18301	0,00000	0,02910	0,44180			1	14	
2018	ROpm1-Ene	1582,00000	4,50000	6,55000	7,80000	0,35200	0,02837	1,34800	0,00108	0,00972	0,82290	0,15968	0,00000	0,00760	0,14070			2	14	
2018	ROpm1-Feb	205,00000	6,90000	7,66000	8,15000	2,82000	0,01933	0,13500	0,00164	0,02084	2,88240	0,18548	0,00000	0,03960	0,23220			1	14	
2018	ROpm1-Mar	276,00000	4,50000	7,30000	7,56000	0,92100	0,02052	0,19200	0,00214	0,02974	1,71140	0,22954	0,00000	0,02930	0,43410			2	14	
2018	ROpm1-Abril	457,00000	4,50000	7,57000	8,01674	0,21600	0,01674	0,53900	0,00111	0,01729	0,69880	0,15617	0,00000	0,00600	0,19750			1	13	
2018	ROpm1-May	629,00000	4,50000	7,57000	0,21100	0,02250	0,02250	1,10500	0,00101	0,01112	0,65300	0,20289	0,00000	0,00510	0,18120			3	13	
2018	ROpm1-Jun	1352,00000	4,50000	7,21000	0,09200	0,03186	1,60400	0,00050	0,00670	0,30200	0,31116	0,00000	0,00220	0,06210			2	13		
2018	ROpm1-Jul	1133,00000	6,60000	5,92000	0,05200	0,04334	2,58600	0,00001	0,00166	0,13840	0,11283	0,00000	0,00060	0,01570			1	13		
2018	ROpm1-Ago	1331,00000	4,50000	8,36000	0,00300	0,04300	2,37400	0,00001	0,00128	0,08250	0,07962	0,00000	0,00060	0,01110			1	13		
2018	ROpm1-Sep	1390,00000	4,50000	6,57000	0,04600	0,05016	3,20600	0,00001	0,00208	0,15960	0,10959	0,00000	0,00170	0,01900			1	13		
2018	ROpm1-Oct	1475,00000	4,50000	5,97000	0,00300	0,04394	2,07500	0,00001	0,00153	0,05060	0,10685	0,00000	0,00070	0,00680			1	14		
2018	ROpm1-Nov	1033,00000	4,50000	7,17000	8,64000	4,31500	0,08060	1,83000	0,00074	0,01187	5,46850	0,27931	0,00000	0,02410	0,19020			4	14	
2018	ROpm1-Dic	370,00000	4,50000	8,44000	8,44000	1,10900	0,04071	0,44100	0,00350	0,03588	1,47780	0,22506	0,00000	0,05320	0,64620			3	14	
2018	ROpm1-Feb	215,00000	5,90000	7,66000	8,00000	2,72600	0,02008	0,11500	0,00182	0,01917	3,15050	0,18751	0,00000	0,03870	0,23580			1	14	
2018	ROpm1-Abril	466,00000	5,80000	7,90000	7,84000	0,19400	0,01624	0,54800	0,00111	0,01577	0,63490	0,12265	0,00000	0,00480	0,19080			1	14	
2018	ROpm1-May	615,00000	4,50000	7,61000	8,63000	0,21000	0,02488	1,16500	0,00095	0,01030	0,66160	0,13395	0,00000	0,00500	0,19250			2	14	
2018	ROpm1-Jun	1366,00000	4,50000	7,15000	8,76000	0,04500	0,03284	1,57100	0,00037	0,00327	0,17770	0,08922	0,00000	0,00060	0,03950			2	14	
2018	ROpm1-Jul	1122,00000	5,90000	4,62000	8,48000	0,02600	0,03884	2,25000	0,00001	0,00266	0,11530	0,05038	0,00000	0,00060	0,01560			1	14	
2018	ROpm1-Ago	1323,00000	4,50000	8,24000	8,70000	0,00300	0,03320	2,51400	0,00001	0,00125	0,07520	0,02463	0,00000	0,01120			2	14		
2018	ROpm1-Sep	1344,00000	4,50000	6,35000	8,40000	0,04500	0,05065	3,01700	0,00001	0,00162	0,13830	0,03421	0,00000	0,00120	0,01440			1	14	
2018	ROpm1-Oct	1507,00000	4,50000	6,86000	8,35000	0,00300	0,04076	2,14100	0,00001	0,03601	0,04150	0,03421	0,00000	0,00120	0,00530			1	14	
2018	ROpm1-Nov	1031,00000	4,50000	7,18000	6,86000	4,03700	0,08262	1,78100	0,00073	0,01080	4,71020	0,26943	0,00000	0,02290	0,18190			2	14	
2018	ROpm1-Dic	1317,00000	4,50000	7,45000	7,18000	1,06000	0,04218	4,07000	0,00337	0,03601	1,53540	0,22160	0,00000	0,05160	0,64220			3	14	
2019	ROpm1-Ene	496,00000	4,50000	6,88000	7,45000	0,45500	0,03067	0,88800	0,00266	0,03344	1,28650	0,45750	0,00050	0,01600	0,38640			2	14	
2019	ROpm1-Feb	214,00000	5,60000	7,34000	3,96500	0,02054	0,00117	0,04500	0,00117	0,02205	4,40410	0,27418	0,00050	0,03720	0,19770			2	13	
2019	ROpm1-Mar	347,00000	6,80000	7,27000	0,55200	0,01605	0,26900	0,00313	0,02816	1,37900	0,24615	0,00050	0,06050	0,35620			3	13		
2019	ROpm2-Ene	514,00000	4,50000	7,08000	7,50000	0,47900	0,02943	0,88700	0,00230	0,02486	1,28670	0,17998	0,00050	0,02050	0,33750			1	14	
2019	ROpm2-Feb	217,00000	6,20000	7,33000	8,25000	8,96900	0,02947	0,04500	0,00124	0,02104	7,49550	0,30638	0,00050	0,03880	0,20250			4	14	
2019	ROpm2-Mar	367,00000	8,50000	7,32000	7,990															

Anexo N° 5: Base de datos del río Escalera

Año	Muestreo	Punto	PARAMETROS FISICO QUIMICOS												INORGANICOS					MICROBIOLÓGICOS Y			DATOS	
			Cloruros	Conductividad	Demaa Bioquímica de Oxígeno Disuelto (DBOS)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	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	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto			
			mg/L	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	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL					
U.I. Riego de animales	---	---	500	2500	15	≥4	6.5-8.5	5	0,1	1	0,01	0,2	5	0,01	0,05	0,05	2	1000	1000					
D2: Bebida de animales	---	---	5000	5000	15	≥5	6.5-8.4	5	0,2	5	0,05	0,5	---	0,2	0,01	0,05	2	2000	1000	**				
2017	RÉSCA1	8,71900	85,70000	28,94300	7,04000	7,64000	2,02000	0,06791	0,00800	0,02167	0,21000	6,20000	0,91200	0,00007	0,13080	4,66000	7,80000	2,00000	7	17				
2017	RÉSCA1	8,72610	294,00000	28,95600	6,02000	7,71000	1,55000	0,07602	0,00800	0,02198	0,20880	6,00000	1,05000	0,00007	0,04066	4,22000	7,80000	2,00000	6	17				
2017	RÉSCA1	8,59790	248,00000	28,88800	7,41000	7,60000	0,04600	0,00350	0,00600	0,01271	0,03070	0,11000	0,52509	0,00043	0,01282	2,26000	7,80000	2,00000	4	17				
2017	RÉSCA1	8,66200	2630,00000	29,08800	8,19000	7,26000	1,01000	0,04462	0,00200	0,01312	0,13970	3,50000	0,73048	0,00007	0,08663	3,16000	11,00000	2,00000	6	17				
2017	RÉSCA1	8,71060	745,00000	28,96200	6,85000	6,88000	1,13000	0,07341	0,00300	0,01825	0,12130	7,10000	1,35070	0,00007	0,09211	3,62000	8,20000	2,00000	6	17				
2017	RÉSCA1	8,71970	230,00000	28,90200	5,74000	7,01000	1,03000	0,06401	0,00900	0,01731	0,10150	5,90000	1,18780	0,00007	0,04831	4,01000	11,00000	2,00000	5	17				
2017	RÉSCA1	8,68630	1245,00000	28,78800	6,75000	7,28000	1,64000	0,11869	0,02400	0,00001	0,08810	22,00000	4,50360	0,00007	0,07136	8,78000	7,80000	2,00000	6	17				
2017	RÉSCA1	8,81100	1271,00000	28,90500	5,15000	7,45000	2,94000	0,24852	0,02200	0,07526	0,13810	36,00000	8,24750	0,00007	0,10911	50,00000	7,95000	2,00000	7	17				
2017	RÉSCA1	8,74100	2250,00000	29,14500	6,77000	7,28000	1,05000	0,11876	0,07600	0,05148	0,12250	23,00000	6,79690	0,00007	0,04147	9,34000	7,65000	2,00000	6	17				
2017	RÉSCA1	8,77600	988,00000	29,00000	6,72000	7,20700	1,43400	0,15782	0,03000	0,06518	0,16364	44,33000	7,41000	0,00003	0,05660	16,50000	7,80000	2,00000	7	17				
2017	RÉSCA1	8,77900	1228,00000	29,02500	6,55000	6,77000	1,86000	0,13099	0,02800	0,04829	0,08990	14,00000	3,25450	0,00007	0,13701	7,78000	11,00000	2,00000	8	17				
2017	RÉSCA1	8,70300	946,00000	28,97500	7,40000	6,57100	0,03734	0,01000	0,01170	0,08880	2,90000	9,52000	0,00007	0,06031	2,00000	4,60000	2,00000	4	17					
2017	RÉSCA2	22,51000	927,00000	5,00000	7,05000	7,59000	0,55910	0,03794	0,02270	0,03018	0,05234	7,01540	3,64890	0,00003	0,10333	7,08699	12,96700	4,48900	5	17				
2017	RÉSCA2	22,80000	916,00000	4,00000	6,48000	7,38000	0,56710	0,04024	0,02280	0,03038	0,05184	18,04000	8,71000	0,00003	0,10337	7,05689	12,96700	4,45000	5	17				
2017	RÉSCA2	23,87000	894,00000	6,78000	6,52000	7,22000	0,56510	0,03994	0,02300	0,03018	0,05304	16,40000	9,12000	0,00003	0,09889	7,06889	12,97300	4,47900	5	17				
2017	RÉSCA2	23,58000	900,00000	7,30000	6,42000	7,46000	0,56110	0,03194	0,02380	0,03078	0,05294	17,01000	25,30000	0,00003	0,09449	7,07189	12,98100	4,48300	5	17				
2017	RÉSCA2	23,77000	873,00000	4,89000	6,56000	7,16000	0,55710	0,03694	0,02360	0,03088	0,05284	7,01520	3,64840	0,00003	0,10229	7,04889	12,97600	4,42000	5	17				
2017	RÉSCA2	23,96000	860,00000	5,89000	6,58310	7,89000	0,58310	0,02498	0,02328	0,03228	0,05394	9,40000	3,64890	0,00003	0,10338	7,08889	12,96700	4,46700	6	17				
2017	RÉSCA2	23,01000	875,00000	5,66000	6,74000	6,13000	0,58480	0,05984	0,02640	0,03408	0,05984	7,01850	6,65160	0,00003	0,10509	7,09109	12,98900	4,48800	6	17				
2017	RÉSCA2	22,78000	890,00000	6,55000	6,49000	6,58000	0,60624	0,02660	0,02660	0,03368	0,05504	7,01910	32,50000	0,00003	0,10489	7,09149	12,98900	4,49400	6	17				
2017	RÉSCA2	22,96000	875,00000	4,10000	6,33000	6,80000	0,58620	0,05954	0,02700	0,03438	0,05564	7,01860	3,65088	0,00003	0,10449	7,09259	12,98900	4,49800	5	17				
2017	RÉSCA2	23,19000	845,00000	7,41000	6,85000	6,85000	0,58484	0,02500	0,02328	0,03238	0,05404	7,01700	3,65040	0,00003	0,10350	7,09000	13,00000	4,48900	5	17				
2017	RÉSCA2	23,37000	943,00000	5,26000	6,33000	6,79000	0,58540	0,05904	0,02720	0,03398	0,05704	7,01820	3,65150	0,00003	0,10599	7,09279	12,98900	4,47800	5	17				
2017	RÉSCA2	23,60000	933,00000	6,89000	6,49000	6,90000	0,58580	0,05924	0,02650	0,03648	0,05664	47,90000	3,65180	0,00003	0,10529	7,09289	12,98900	4,50300	5	17				
2018	RÉSCA1	2,49000	2980,00000	18,00000	8,00000	9,38900	1,34000	0,05000	0,00600	0,03624	0,29530	21,00000	0,84775	0,00007	0,35603	5,71000	1,80000	1,80000	9	17				
2018	RÉSCA1	1,98000	202,00000	20,00000	7,12000	7,05000	1,18000	0,08599	0,00200	0,01742	0,02027	9,40000	0,70007	0,00007	0,25449	4,56000	1,80000	1,80000	7	17				
2018	RÉSCA1	1,67000	203,70000	25,00000	8,10000	7,39000	0,00200	0,04857	0,00200	0,01742	0,15830	7,30000	0,71833	0,00007	0,17589	3,95000	1,80000	1,80000	6	17				
2018	RÉSCA1	2,17000	200,60000	15,00000	7,89000	7,99000	1,17000	0,01781	0,01200	0,00891	0,09620	24,00000	0,60731	0,00007	0,05127	1,97000	1,80000	1,80000	3	17				
2018	RÉSCA1	1,65,30000	165,30000	30,00000	7,00000	7,00000	3,48300	0,00200	0,00000	0,00000	0,00000	4,24500	0,00000	0,00000	0,47944	9,27000	1,80000	1,80000	9	17				
2018	RÉSCA1	2,20000	339,00000	5,00000	6,90000	7,02000	0,00000	0,03181	0,01500	0,01675	0,09090	19,00000	0,91111	0,00007	0,13209	2,87000	1,80000	1,80000	5	17				
2018	RÉSCA1	1,45000	1971,00000	8,00000	8,05000	7,80000	0,80400	0,05753	0,03300	0,02903	0,75620	27,60000	3,36010	0,00007	0,03053	5,75000	1,80000	1,80000	5	17				
2018	RÉSCA1	1,77000	2120,00000	2,00000	7,41000	7,45000	1,01000	0,10085	0,05200	0,03370	1,77690	29,00000	5,57350	0,00007	0,11295	6,85000	1,80000	1,80000	7	17				
2018	RÉSCA1	1,34000	1543,00000	2,00000	6,31000	6,39000	0,54400	0,08559	0,04300	0,02608	0,19280	11,40000	6,51880	0,00007	0,04896	4,12000	1,80000	1,80000	5	17				
2018	RÉSCA1	2,08900	550,00000	2,00000	5,80000	7,33000	1,15744	0,06985	0,02138	0,02648	0,38883	17,80000	67,00000	0,00003	0,18296	5,00556	1,80000	1,80000	6	17				
2018	RÉSCA1	1,15700	670,00000	2,00000	6,60000	7,08000	0,40300	0,01601	0,01600	0,01347	0,11324	34,54000	71,00000	0,00003	0,04810	3,10600	1,80000	1,80000	4	17				
2018	RÉSCA1	2,06300	459,00000	2,00000	6,89000	8,10000	1,08886	0,06496	0,02084	0,02530	0,36378	16,40000	58,00000	0,00003	0,17070	4,83287	1,80000	1,80000	6	17				
2018	RÉSCA2	8,26000	928,65000	4,00000	5,80000	7,12000	0,42550	0,02843	0,27350	0,01092	0,41000	3,25800	5,81000	0,00003	0,11000	26,33000	1,80000	1,80000	5	17				
2018	RÉSCA2	8,19000	987,50000	2,00000	4,78000	6,89000	0,43550	0,02903	0,27750	0,01022	0,22000	3,26300	4,80000	0,00003	0,20100	26,61000	1,80000	1,80000	5	17				
2018	RÉSCA2	8,88000	879,50000	2,80000	4,20000	7,58000	0,44800	0,03003	0,28350	0,01242	0,21826	3,25200	3,80000	0,00003	0,20800	26,56000	1,80000	1,80000	5	17				
2018	RÉSCA2	8,66000	800,00000	5,48000	3,80000	7,28000	0,43800	0,03103	0,28950	0,01202	0,22926	3,24000	3,79000	0,00003	0,12858	26,54000	1,80000	1,80000	6	17				
2018	RÉSCA2	8,52000	924,60000	6,00000	3,20000	7,90000	0,55400	0,04318	0,27100	0,01941	0,21800	4,47600	2,14900	0,00003	0,13640	36,68000	1,80000	1,80000	6	17				
2018	RÉSCA2	8,77250	909,65000	6,23000	3,19000	7,33000	0,46650	0,03363	0,30550	0,01432	0,21703	3,28500	3,83000	0,00003	0,13870	26,94000	1,80000	1,80000	6	17				
2018	RÉSCA2	8,80000	1025,89000	2,20000	3,90000	7,44000	0,50250	0,03583	0,32550	0,02432	0,27476	3,30700	4,86000	0,00003	0,1028									

Anexo N° 6: Base de datos del rio Mantaro

	ECA CATE 3	Cloruros	Conductividad	Demaa Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Oxígeno Disuelto	Potencial de Hidrogeno (pH)	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Boro (B)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Coliformes Termotoler antes	Num. Escherichia Coli	Numero de parámetros que no cumplen	Numero total de parámetros por punto
		mg/L	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	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL		
		500 ---	2500 5000	15 15	≥4 ≥5	6.5-8.5 6.5-8.4	5 5	0,1 0,2	1 5	0,01 0,05	0,2 0,5	5 ---	0,2 0,2	0,001 0,01	0,05 0,05	2 24	1000 2000	1000 **		
2017	RMAN1-Feb.		516,00000	4,00000	7,87	7,78	10,7	0,06249		0,00349	0,065	8,6	1,0719	0,00025	0,10813	0,645			5	13
2017	RMAN2-May.		535,00000	4,00000	6,62	7,72	0,72	0,01083		0,005	0,0098	1,2	0,13119	0,0000005	0,01127	0,185			1	13
2017	RMAN3-Jul		613,00000	4,00000	6,44	7,64	0,086	0,03016		0,005	0,0013	0,1	0,01403	0,0000005	0,00064	0,027			1	13
2017	RMAN4-SEP		592,00000	4,00000	6,7	7,58	0,555	0,03126		0,005	0,0063	0,71	0,07298	0,000012	0,00371	0,127			3	13
2017	RMAN7-Feb.		860,00000	4,00000	7,24000	7,32	1,27860	0,1397		0,005	0,0014	0,3	3,86310	0,0000005	0,00056	0,016			2	13
2017	RMAN8-May		887,00000	4,00000	6,30000	8,11	1,13260	0,06996		0,005	0,0015	0,3	2,33000	0,0000005	0,01081	0,677			2	13
2017	RMAN9-Jul		825,00000	4,00000	6,80000	7,6	1,23260	0,07541		0,005	0,0012	0,3	12,19550	0,0000005	0,001	0,043			3	13
2017	RMAN10-Oct.		274,00000	4,00000	6,90000	7,15	1,13400	0,16304		0,005	0,0003	0,3	0,66600	0,0000005	0,00005	0,104			2	13
2017	RMAN11-Feb.		825,00000	4,00000	6,80000	7,80000	1,23260	0,17570		0,09920	0,50300	73,33520	12,19550	0,00010	0,23650	24,46050			8	13
2017	RMAN12-Feb.		514,00000	4,00000	8,1	7,96	9,55	0,04532		0,00181	0,0385	6,3	0,65908	0,000013	0,05514	0,322			3	13
2017	RMAN13-May		516,00000	4,00000	6,83	7,93	0,985	0,02736		0,005	0,0132	1,6	0,16942	0,0000005	0,02609	0,154			1	13
2017	RMAN14-Jul		636,00000	4,00000	6,67	7,87	0,096	0,02956		0,005	0,0015	0,17	0,03937	0,0000005	0,00069	0,022			1	13
2017	RMAN15-Oct		620,00000	4,00000	6,8	7,68	0,488	0,03052		0,005	0,0058	0,64	0,08576	0,0000005	0,00309	0,039			1	13
2017	RMAN16-Jul		617,00000	4,00000	6,19	7,28	0,131	0,02593		0,005	0,0018	0,15	0,01602	0,0000005	0,00144	0,086			1	13
2017	RMAN15-Oct		519,00000	4,00000	6,6	7,5	0,726	0,02611		0,0001	0,007	0,87	0,08423	0,0000005	0,00582	0,212			1	13
2017	RMAN13-May		305,00000	4,00000	6,70000	6,20000	1,57800	0,03010		0,00790	0,07590	8,23000	0,99560	0,00011	0,37000	1,52600			4	13
2017	RMAN13-May		412,00000	4,00000	7,55000	6,08000	1,56900	0,04750		0,00780	0,09440	7,88000	0,99350	0,00015	0,50000	1,48600			4	13
2017	RMAN14-Jul		204,00000	4,00000	6,24000	5,60000	1,84100	0,13900		0,00760	0,07390	7,40000	0,98990	0,00015	0,39000	1,47900			5	13
2017	RMAN15-Oct		930,00000	4,00000	6,78000	6,79000	1,15900	0,14000		0,00810	0,09570	8,59000	0,97980	0,00017	0,40800	1,47500			5	13
2017	RMAN13-May		250,00000	4,00000	5,46000	7,22000	1,46200	0,09900		0,00740	0,08690	9,02000	0,99660	0,00015	0,39000	1,49600			4	13
2017	RMAN14-Jul		435,00000	4,00000	5,80000	6,21000	1,62000	0,10000		0,00780	0,08380	8,01000	0,98970	0,00011	0,48000	1,51200			4	13
2018	RMAN1-Ene		590,00000	4,00000	6,96000	7,83000	9,17000	0,05958		0,00125	0,03720	11,00000	0,94784	0,00013	0,07393	0,49000			5	13
2018	RMAN2-Abril		370,00000	4,00000	7,12000	7,60000	0,87300	0,01980		0,00011	0,00620	0,68000	0,08818	0,00010	0,00562	0,04500			1	13
2018	RMAN3-SEP		660,00000	4,00000	4,48000	7,30000	0,05900	0,06123		0,005	0,00120	0,13000	0,05198	0,0000005	0,00024	0,007			1	13
2018	RMAN4-Noviem		580,00000	4,00000	6,70000	7,60000	1,03000	0,02674		0,00012	0,00820	1,00000	0,14241	0,0000005	0,01049	0,06100			1	13
2018	RMAN6-Ene		530,00000	4,00000	8,53000	8	1,23400	0,19253		0,00012	0,0067	0,3	2,52000	0,0000005	0,00366	0,112			3	13
2018	RMAN7-May.		390,00000	4,00000	7,10000	6,6	2,19100	0,55754		5,00E-05	0,0059	0,3	4,30300	0,0000005	0,01216	0,048			3	13
2018	RMAN8-Set		1996,00000	4,00000	6,49000	6,8	1,90000	0,67607		0,005	0,0005	0,3	4,26200	0,0000005	0,00036	0,057			3	13
2018	RMAN9-Ene		539,00000	4,00000	5,33000	6,8	0,03500	0,19037		0,005	0,019	0,03000	5,58260	0,0000005	0,00133	0,011			2	13
2018	RMAN10-Ene		581,00000	4,00000	6,85	7,96	6,3	0,0518		0,00124	0,0299	7,8	15,20000	0,0000005	0,06577	1,01			5	13
2018	RMAN11-May		400,00000	4,00000	8,04	8,3	0,754	0,02235		0,0001	0,0055	0,62	4,86800	0,0000005	0,00513	0,035			2	13
2018	RMAN12-Set		660,00000	4,00000	4,2	7,5	0,075	0,05549		0,005	0,0015	0,13	3,63726	0,0000005	0,00065	0,031			2	13
2018	RMAN13-Nov		610,00000	4,00000	6,3	7,2	0,769	0,02493		0,005	0,0068	0,78	6,11776	0,0000005	0,00863	0,048			2	13
2018	RMAN14-Ene		624,00000	4,00000	6,98	7,8	1,28	0,0173		0,00027	0,0065	1,3	1,37200	0,0000005	0,01036	0,375			2	13
2018	RMAN15-May		300,00000	4,00000	8,26	7,9	0,315	0,01927		4,00E-05	0,0043	0,24	0,97100	0,0000005	0,00243	0,018			2	13
2018	RMAN16-Set		650,00000	4,00000	5,22	7,2	0,086	0,02838		0,005	0,0024	0,08	0,87100	0,0000005	0,00124	0,019			2	13
2018	RMAN17-Nov		560,00000	4,00000	7,4	7,7	0,758	0,02051		0,00057	0,0089	0,77	1,07100	0,0000005	0,01701	0,058			2	13
2019	RMAN1-Ene		360,00000	28,94300	5,70000	7,90000	10,20000	0,04977		0,00127	0,03430	7,70000	1,38460	0,0000005	0,05104	0,19900			6	13
2019	RMAN2-Abril		610,00000	28,95600	7,80000	8,10000	0,75800	0,02022		0,00019	0,00620	0,90000	0,09745	0,00012	0,00483	0,10200			2	13
2019	RMAN3-Agost		660,00000	28,88800	6,80000	0,00000	0,09700	0,04740		0,005	0,00170	0,15000	0,06542	0,0000005	0,00064	0,07800			2	13
2019	RMAN4-Nov		760,00000	29,08800	7,48000	6,50000	0,15000	0,04393		0,005	0,00340	0,013	0,04285	0,0000005	0,00089	0,002			2	13
2019	RMAN5-Ene		745,00000	28,96200	6,85000	6,50000	1,13000	0,0016		0,005	0,013	0,013	1,35070	0,0000005	0,013	0,063			3	13
2019	RMAN6-Abr.		230,00000	28,90200	5,74000	6,70000	1,03000	0,2482		0,005	0,013	0,013	1,18780	0,000005	0,068	0,05			5	13
2019	RMAN8-Ago		1245,00000	28,78800	6,75000	6,70000	1,64000	0,0945		0,005	0,013	0,013	0,013	0,0000005	0,013	0,153			3	13
2019	RMAN9-Ene		360,00000	28,80500	6,20000	8,00000	9,65	0,07161		0,00165	0,0556	7,9	1,6304	0,0000005	0,04548	0,239			5	13
2019	RMAN10-Abr		620,00000	29,14500	7,90000	8,30000	0,541	0,02694		0,005	0,0048	0,67	0,08427	0,0000005	0,00416	0,052			2	13
2019	RMAN11-Ago		710,00000	29,00000	6,70000	8,10000	0,09	0,05437		2,00E-05	0,0018	0,22	0,09245	0,0000005	0,00042	0,025			2	13
2019	RMAN12-Nov		920,00000	29,02500	6,75000	8,20000	0,162	0,05499		0,005	0,004	0,34	0,06793	0,0000005	0,00102	0,011			2	13
2019	RMAN13-Ene		370,00000	28,97500	6,20000	7,90000	6,99000	0,05662		0,00075	0,02580	10,00000	1,34180	0,00015	0,03027	0,15200			5	13
2019	RMAN14-Abr		680,00000	0,00000	7,60000	8,10000	0,98000	0,01951		0,00011	0,00580	1,20000	0,10862	0,0000005	0,00561	0,04900			1	13
2019	RMAN15-Ago		690,00000	0,00000	6,90000	8,20000	0,20300	0,03412		0,005	0,00230	0,08000	0,03537	0,0000005	0,00032	0,01800			1	13
2019	RMAN16-Nov		970,00000	0,00000	6,98000	8,20000	0,15800	0,03504		0,005	0,00110	0,14000	0,02899	0,0000005	0,00057	0,01600			1	13

Anexo N° 7: Software antiplagio

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(Creada por ley N°25265)
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



REPOSITORIO INSTITUCIONAL

turnitin

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Por medio de este documento de Originalidad el área de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica, certifica que el trabajo de investigación titulado: "EVALUACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ICHU, ESCALERA, MANTARO Y OPAMAYO DURANTE EL PERIODO 2017 - 2019" presentado por el autor: SILVESTRES SOTO, Nelson, cuyo docente asesor es: Dr. SANCHEZ ARAUJO, Víctor Guillermo, con la finalidad de obtener el GRADO DE MAESTRO en la mención: ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL el Repositorio Institucional hace saber que es un trabajo de investigación original y no ha sido presentado ni publicado en otras revistas científicas nacionales e internacionales ni en sitio o portal electrónico.

Por tanto, basándonos en el cumplimiento del Art.4 del Reglamento del Software Antiplagio de la UNH, el área de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica dictamina que este trabajo de investigación fue analizado por el software antiplagio TURNITIN y al estar dentro de los parámetros establecidos, esta investigación es **aceptado como original**.

ORIGINALIDAD	SIMILITUD
82.0 %	18.0 %

ADJUNTO:

- ✓ Captura de pantalla de la revisión del trabajo de investigación en el software antiplagio - TURNITIN.

El presente Certificado se expide el 31 de julio del año 2021.


VICERRECTORADO DE HUANCVELICA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL
Dra. HENRY MENDOZA VILCAHUAMAN
Cofe de la Oficina de Repositorio Institucional

N° 087-2021