



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL RÍO TOROCOCHA  
APLICANDO LA METODOLOGÍA ICARHS EN EL  
DISTRITO DE JULIACA PROVINCIA DE  
SAN ROMÁN Y DEPARTAMENTO  
DE PUNO - 2023**

**PRESENTADO POR**

**EGRESADO LEONEL BARRIOS CHINO**

**EGRESADO PEDRO EDINSON ORTEGA OLVEA**

**ASESOR:**

**MGR. FABRIZIO DEL CARPIO DELGADO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN  
INGENIERÍA CIVIL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2023**

## CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Contenido .....	iv
CONTENIDO DE TABLAS .....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS .....	x
CONTENIDO DE ECUACIONES .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv

## CAPÍTULO

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad del problema.....	1
1.1.1 Problema general. ....	3
1.1.2 Problemas específicos.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos. ....	3

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de investigación.....	4
2.1.1	Internacionales.....	4
2.1.2	Nacionales.....	6
2.1.3	Regionales.....	7
2.2	Bases teóricas.....	9
2.2.1	Calidad de agua.....	9
2.2.2	Calidad microbiológica del agua.....	10
2.2.3	Calidad química del agua.....	11
2.2.4	Parámetros de calidad de agua para riego mediante ICARHS.....	11
2.2.4.1.	<i>Temperatura</i> .....	11
2.2.4.2.	<i>DBO5</i> .....	12
2.2.4.3.	<i>DQO</i> .....	12
2.2.4.4.	<i>pH</i> .....	12
2.2.4.5.	<i>Cloruros</i> .....	13
2.2.4.6.	<i>Nitrógeno y fósforo</i> .....	13
2.2.4.7.	<i>Sulfatos</i> .....	13
2.2.5	Estándares de Calidad Ambiental.....	13
2.2.6	Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).....	14
2.3	Definición de términos.....	16

2.3.1	Parámetros. ....	16
2.3.2	Agua. ....	16
2.3.3	Conductividad eléctrica. ....	16
2.3.4	DBO. ....	16
2.3.5	DQO. ....	16
2.3.6	Oxígeno disuelto. ....	17
2.3.7	Coliformes termotolerantes. ....	17
2.3.8	Arsénico. ....	17
2.3.9	Aluminio. ....	17
2.3.10	Manganeso. ....	17
2.3.11	Hierro. ....	18
2.3.12	Cadmio. ....	18
2.3.13	Plomo. ....	18
2.3.14	Boro. ....	18
2.3.15	Cobre. ....	19

### **CAPÍTULO III**

#### **METODO**

3.1	Tipo de investigación .....	20
3.1.1	Diseño de investigación. ....	20
3.1.2	Zona de estudio. ....	20

3.1.3	Limites. ....	21
3.1.4	Vías de comunicación y accesibilidad. ....	22
3.2	Instrumentos tecnológicos para la recolección de datos.....	22
3.2.1	Técnicas. ....	22
3.2.2	Instrumentos.....	22
3.2.3	Procedimientos metodológicos. ....	23
3.2.3.1.	<i>Determinar la concentración de los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presente en las aguas del río Torococha. ....</i>	23
3.2.3.2.	<i>Determinar la calidad del agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Torococha aplicando la metodología ICARHS.....</i>	26

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

4.1	Presentación de resultados .....	29
4.1.1	Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el primero punto 1. ....	29
4.1.1.1.	<i>Resultados del monitoreo en el Punto 1 – Periodo 1. ....</i>	29
4.1.1.2.	<i>Resultados del monitoreo en el Punto 1 – Periodo 2. ....</i>	31
4.1.2	Determinación de la calidad agua de los parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Torococha aplicando la metodología ICARHS.....	34
4.1.2.1.	<i>Índice de calidad para el Punto 1 – Periodo 1. ....</i>	34

4.1.2.2. Índice de calidad para el Punto 1 – Periodo 2.....	34
4.2 Discusión de resultados.....	35

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	36
5.2 Recomendaciones.....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
APÉNDICE.....	45

## CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Parámetros para evaluar la calidad de agua para riego .....	15
Tabla 2 Parámetros a evaluar en el ICARHS, según la categoría en la que se encuentre el cuerpo de agua .....	24
Tabla 3 Requisitos para la toma de muestra de agua residual.....	25
Tabla 4 Valoración del ICARHS .....	27
Tabla 5 Calificación del punto 1 – Periodo 1.....	34
Tabla 6 Calificación del punto 1 – Periodo 2.....	34

## CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del punto de muestreos en la cuenca Torococha .....	21
Figura 2. Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1 .....	29
Figura 3. Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1. ....	30
Figura 4. Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1. ....	31
Figura 5. Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2 .....	32
Figura 6. Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2 .....	32
Figura 7. Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2 .....	33

## CONTENIDO DE ECUACIONES

	Pág.
[Ecuación 1] .....	26
[Ecuación 2] .....	26
[Ecuación 3] .....	26
[Ecuación 4] .....	27
[Ecuación 5] .....	27
[Ecuación 6] .....	27
[Ecuación 7] .....	27

## RESUMEN

La calidad del agua es uno de los elementos que se estudia cuando se valora la sostenibilidad de las cuencas. El estudio posee como objetivo determinar la calidad del agua del río Torococha aplicando el método ICARHS, Juliaca - 2023. Para el estudio, se tomaron un punto representativo de la sub cuenca, el muestreo se realizó en dos periodos. La calidad se definió en base a los criterios establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental y el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos (ICARHS). En los resultados se encontró la calificación que obtuvo el río Torococha de acuerdo al Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales, presentando calificaciones de “regular”, lo que significa que la calidad a menudo se aleja de las condiciones que se desean y necesitan de tratamiento. Se concluye que la calidad hallada en el río Torococha en ambos periodos con respecto a los parámetros analizados indicaron que en ciertos puntos como el punto 1 primer periodo presentó un exceso en DBO y DQO, sobre pasando los ECA del D.S. N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, en el periodo 2, para el punto 1 excedió en DBO y DQO.

**Palabras Clave:** Calidad de agua, Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, ICARHS, Estándares de Calidad Ambiental

## ABSTRACT

Water quality is one of the elements studied when assessing watershed sustainability. The study aims to determine the water quality of the Torococha River by applying the ICARHS method, Juliaca - 2023. For the study, a representative point of the sub-basin was taken and sampling was carried out in two periods. The quality was defined based on the criteria established by the Environmental Quality Standards and the Water Resources Environmental Quality Index (ICARHS). The results showed that the Torococha River was rated "regular" according to the Surface Water Resources Environmental Quality Index, which means that the quality is often far from the desired conditions and needs to be treated. It is concluded that the quality found in the Torococha River in both periods with respect to the parameters analyzed indicated that at certain points such as point 1 first period presented an excess in DBO and DQO, over passing the ECAs of D.S. N° 004-2017-MINAM. However, in period 2, for point 1 it exceeded in DBO and DQO.

**Keywords:** Water quality, Physicochemical and microbiological parameters, ICARHS, Environmental Quality Standards.

## INTRODUCCIÓN

El agua dulce como lagos, humedales y ríos son primordiales para la vida humana, dichos ecosistemas, las masas de agua continentales, también conocidas como ecosistemas acuáticos terrestres, suministran el agua que consumimos, así como el agua necesaria para generación de energía, industria y agricultura. Así mismo de sus usos de producción, así mismo son hábitats primordiales para la naturaleza, sin embargo, el agua dulce se conforma solo del 0.01% del agua del mundo, mantiene a casi 6 % de todas las especies que se identifican. Por otra parte, la población de especies de agua dulce redujo un 81% en los últimos 40 años, adicionándole el doble de las tasas que se observan en las especies terrestres y oceánicas (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

La polución de los suministros acuáticos en nuestro país es uno de las mayores problemáticas ambientales, teniendo en cuenta que la inestabilidad de los ecosistemas acuáticos afecta de manera destructiva a la biodiversidad, donde la biota local agrupa comunidades únicas ecológicas (Cusiche & Miranda, 2019). Así también, Perú ocupa el octavo lugar a nivel global en cuanto a cantidad de agua dulce y es el tercer país más grande en América Latina, siguiendo a Brasil y Colombia. No obstante, el agua dulce se esparce de forma desigual en todo el país, en la Región Hidrográfica Amazónica se encuentra disponible el 97% de agua dulce, donde habita el 31% de la población. Por otro lado, la población con un 65 % y actividades económicas se encuentran en la Región Hidrográfica Pacífico, a pesar de que origina solo el 1.77% del agua dulce en el Perú (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2021).

Actualmente en la región Puno, Los depósitos de líquidos están expuestos a peligros de manera directa, todo esto por actividad antropogénica, tal es el caso de la sub cuenca del río Torococha ubicada íntegramente al interior del departamento de Puno, donde se extiende por las áreas de las provincias de San Román, el valle del río Torococha está conformada de forma básica por los ojos de agua al pie del cerro Chullunquiani que en épocas de fuertes precipitaciones pluviales se saturan y forman la laguna del mismo nombre Torococha donde nace este río. La longitud del río Torococha es de 17.50 Km, con una inclinación promedio del 6.20%, su elevación máxima y mínima es de 3 846.00 y 3 827.00 metros sobre el nivel del mar (msnm), respectivamente, y una elevación media de 3 833.00 msnm.

El propósito de esta investigación es aplicar el método ICARHS para evaluar la pureza del agua del río Torococha, por lo tanto, este estudio se divide en el V Capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I, identifica el problema, el enunciado del problema, los supuestos, la justificación y los objetivos.

Capítulo II, contiene argumentos, referencias de investigación, fundamentos teóricos en los que se sustenta el proyecto, pertinentes al tema en estudio.

Capítulo III, consistente con los métodos de investigación, especificando el tipo de estudio, diseño, técnicas e instrumentos, poblaciones y muestras, métodos y procesamiento de la información.

Capítulo IV, conformado por resultados alcanzados, y discusión respectiva.

Capítulo V, Finalmente, conformada por las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad del problema**

El agua es primordial para la existencia y salud así también es primordial Para el progreso de la comunidad, la excelencia es significativo que transgrede de forma directa en la protección del bienestar de la humanidad, así como la conservación de los ecosistemas. La inadecuada disposición de las aguas superficiales origina una elevada tasa de problemáticas medioambientales. La degradación de la excelencia de los suministros acuáticos en el Perú se relaciona con el desarrollo de la población, así como también la actividad económica, el progreso de la población y actividades productivas, pasivos ambientales, gestión deficiente de desechos sólidos. Así mismo en el Perú el proceso de depuración de aguas residuales incremento solo en un 11% entre el 2016 a 2020 (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2022).

Las medidas físicas, químicas y microbiológicas que definen las propiedades del cuerpo de agua. Al exceder Causan perjuicios a la salud y al entorno, la Organización Mundial de la Salud (2017), indica que el 80 % de las afecciones que comúnmente se presenta en las regiones en desarrollo están

enlazados con la calidad del agua, en donde es obligatorio su cumplimiento de forma legal por la autoridad competente correspondiente. Así también una de las zonas con distintas dificultades de polución en el Perú, Es la región de Puno y sus distritos, es importante señalar que los cursos fluviales ubicados en la región están contaminados como consecuencia del desagüe de efluentes sin procesar (Callatana, 2014).

La contaminación de la cuenca del río Torococha conlleva dificultades socioambientales que implica al gobierno, EPS, minería entre otros, residuos sólidos, etc. Autoridad Nacional del Agua (2019) Comprobó que las fuentes de polución derivarían de 21 emisiones (8 provenientes de áreas urbanas, 4 industriales, 7 vertederos de desechos sólidos y 3 liberaciones en el lugar). La ingestión de agua contaminada, ya sea directa o indirecta, aumenta la probabilidad de contraer enfermedades parasitarias y bacterianas.

Del mismo modo, las aguas residuales vertidas en ríos, lagos y masas de agua sin tratamiento preventivo tendrán un impacto negativo en el ecosistema acuático existente debido a la contracción de sólidos y contaminantes, el oxígeno escaseará por la descomposición aeróbica de la MO el agua se agotará (Pimentel, 2017). Teniendo en consideración dicho contexto, el estudio presente permitió identificar la calidad del río Torococha empleando la herramienta matemática Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).

### **1.1.1 Problema general.**

¿Cuál es la calidad del agua de la sub cuenca Torococha aplicando el método ICARHS, Juliaca – 2023?

### **1.1.2 Problemas específicos.**

- ¿Cuál es la concentración de contaminantes físico-químicos y microbiológicos de las aguas del río Torococha?
- ¿Cuál es la calidad del agua en términos de parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Torococha empleando el método ICARHS?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Evaluar la calidad del río Torococha aplicando el método ICARHS, Juliaca - 2023.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Determinar la concentración de los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presente en las aguas del río Torococha.
- Determinar la calidad del agua en los parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Torococha aplicando la metodología ICARHS.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes de investigación**

##### **2.1.1 Internacionales.**

Fernández & Guardad (2021), En un estudio denominado “Índices de Evaluación de la Calidad del Agua del Río Moacabana en Cuba (ICAsup)”, el análisis se realizó aplicando el Índice de Calidad del Agua Superficial, analizando la estructura físico-química y microbiológica del agua, muestreando 20 puntos Toma la crecida y temporadas secas de 2017 y 2018 como ejemplo. Los hallazgos revelaron que la pureza del agua continuó deteriorándose a medida que el cauce fluía se movía desde las áreas aguas arriba hacia las aguas abajo. El estudio también encontró que la mayoría del peso de contaminación del río surge de efluentes urbanos, aguas servidas, residuos domiciliarios, albañilería y vertidos industriales, que, debido a su tamaño, reducen la capacidad del río para limpiarse.

Madera et al. (2019) evaluó la calidad del agua en puntos de entrada al río Cesar, tales como el río Calenturitas, Maracas y Tucuy. Se

obtuvieron muestras de agua para la investigación fisicoquímica y la identificación de macroinvertebrados mediante estereomicroscopía y claves taxonómicas. Se descubrió un total de 1025 organismos, que pertenecen a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. La excelencia del efluente de la estación 1 (E1) se define por el valor medio del índice como agua contaminada de forma ligera de una aceptable calidad, E2-E3-E4 y E5 como agua polucionada de forma moderada de dudosa calidad. El efluente de la estación E5 posee la puntuación global más baja y las características fisicoquímicas y microbiológicas más elevadas de todas las estaciones.

Arenas et al. (2017) llevaron a cabo una investigación para analizar la calidad del agua utilizada en actividades agropecuarias en fincas ganaderas ubicadas en la zona del Sumapaz. El estudio evaluó la idoneidad del agua en explotaciones ganaderas de tamaño pequeño y mediano en dicha región. Para la metodología se recolectó 50 mL de agua, posterior a ellos fueron analizados en laboratorio de calidad para identificar si hay aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas sp.* comparando con los límites máximos aceptables. En resultados se conoció la contaminación microbiana es de 66,7% de los 24 predios que fueron evaluados con relación a la norma. Además, se identificó la existencia de *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, coliformes, aerobios mesófilos y coliformes totales. en al menos el 25%. El estudio concluye en que sugiere que el agua estaría representando un origen de polución microbiológica directamente para el bienestar, producción pecuaria y así también perjudicar el comercio de productos lácteos y cárnicos.

### **2.1.2 Nacionales.**

Jimenez (2019) desarrollo la investigación del análisis de la calidad del agua en el Río Muyoc mediante la utilización del Índice de Calidad Ambiental para agua en la región de Cajamarca, año 2019. En la metodología para cada monitoreo determinó eficientemente en el monitoreo 1 con los siguientes puntos: P1, P2 y P3 la zona inferior de la cuenca. Como resultados indica que en el muestreo 1 para cloruros Muestra 1: 9217.78 6 mg/L, Muestra 2: 7090.6 mg/L y Muestra 3: 7799.6 mg/L y pH: Muestra 1=4.5; Muestra 2=4.03; Muestra 3= 4.3. Estos parámetros sobrepasaron los ECA – Agua. En el análisis número 2 resultó que ningún parámetro estuvo por encima de los ECA, se constata que al analizar La pureza del agua del río Muyoc en su trayecto de dos temporadas de estiaje y de lluvias, obtuvo una calificación de 79,04 en el primer seguimiento y una calidad de agua excelente.

Vicente (2021), desarrollo el estudio de la condición de las aguas residuales durante la temporada seca y su impacto en la calidad del suelo utilizado para la agricultura, donde tomó dos muestras de análisis de agua, para el análisis del suelo fue considerado 5 puntos muestra. Los resultados muestran que la conductividad eléctrica, la DBO, el pH y los nitratos no superan el ECA para la categoría de agua 3, riego de hortalizas y agua potable para animales, lo que sugiere que el agua tiene una calidad aceptable y es adecuada para el riego y los resultados del suelo muestran que tienen consecuencias insignificantes de elevada salinidad, escasa presencia de sustancias orgánicas y niveles extremadamente bajos de nitrógeno. En

consecuencia, indica que el suelo tiene calidad aceptable, ya que se determinó que, durante la estación seca, la calidad del agua está dentro del ECA y es apta para el riego, y creó un mapa de submodelos de las concentraciones de influencia de las cantidades de agua presentes en el suelo agrícola, confirmando que la calidad del agua utilizada para el riego influye en la la composición del suelo agrícola en la parcela.

Espinoza (2020) En su investigación se titula "Evaluación del Índice de Calidad del Agua del Río Sagrado y Descarga de Aguas Residuales Domésticas para la Protección del Medio Acuático en la Región Huaraz-Yangas". Calcule el ICA utilizando las siguientes características fisicoquímicas y bacteriológicas: C fecal, DBO5, OD, pH, sólidos totales, nitrato, temperatura. Los ICA (%) obtenidos en época poco lluviosa, desde el área de descarga P1 hasta el punto final, son: 51.5, 42.7 y 49.8%, respectivamente, el ICA del área de descarga no calificada es inferior al 51%, y en los demás períodos: 63,8, 63,55 y 58,91%, correspondientes a Clasificados en calidad general. Las conclusiones muestran que, al punto final, el ICA de la zona de vertimiento en época poco lluviosa es de 51,5%, 42,7% y 49,8%, que pertenecen a la zona de vertido de mala calidad, que es un 51% inferior a la ECA a proteger. el medio acuático. %, respectivamente 63,8%, 63,55% y 58,91%.

### **2.1.3 Regionales.**

Vargas (2021), en el estudio de análisis espacio-temporal del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en

puntos de monitoreo del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021. Donde determina el ICARHS, aplicando el método del ANA, en grupo de 14 parámetros, utilizando la información recopilada por la Administración local del Agua Tambopata a partir de los registros de monitoreo de la Calidad del Agua de años 2016 al 2020. En los resultados, la calidad en el Punto 1 es superior al punto 2 en Macusani, a razón de la concentración C. termotolerantes en el punto de descarga, en Ollachea, el Punto 3 posee una “buena” calidad de agua en comparado con el punto RSagb4 (aguas abajo) de calidad “regular”, la disminución sucede por la presencia de termotolerantes y cantidad de plomo por encima de los ECA-Agua, así mismo en San Gabán el punto RSgab5 posee superior calidad de agua en comparado al punto RInam1, a razón del aumento de Pb y STS.

Huanca et al. (2020) llevó a cabo la investigación para evaluar y supervisar la calidad del agua en el Proyecto Sistema de Riego Canal N, ubicado en la Provincia de Melgar-Puno, Perú. Las acciones de monitoreo y análisis de la calidad ambiental del agua de los proyectos que realizo, así mismo provoca perturbación al cuerpo de agua y afecta su calidad ambiental. Los hallazgos mostraron que el DBO, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y otros parámetros del río Llallimayo cumplieron con los requisitos de la norma de calidad ambiental categoría 3: “Riego de agua potable para vegetales y animales”. Sin embargo, los parámetros relacionados con el pH y los lípidos aumentaron en comparación con los estándares de calidad ambiental, lo que indica un pH más alto debido al inicio de las lluvias y los meses de octubre, noviembre

y diciembre. El aceite y la grasa no están permitidos ya que las operaciones de mantenimiento en equipos y maquinaria pueden causar fugas de aceite y combustible en cuerpos de agua.

Cano & Atajo (2018) en el estudio denominado "Aptitud agrícola y calidad del agua en el canal N del río Llallimayo, en el distrito de Cupi - Melgar durante el año 2018.". Efectuó un análisis fisicoquímico con relación al pH, turbidez, temperatura, conductividad, cationes solubles y alcalinidad. La calidad y aceptabilidad del agua en términos de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas vienen determinadas por los criterios y los umbrales de tolerancia establecidos para el aprovechamiento humano, animal o agrícola. Recolectó 6 muestras de agua, en curso bajo y alto. Los resultados notables con referencia a la clasificación de Riversade pertenece a C1S2 con una EC. 0331 0.331 mS / cm, RAS 8.17, CSR 2.17, STD 0.109 mg / l, dureza con 27.50, alcalinidad con 63.38, nitratos con 0.64 meq / l, que concluye: el agua se clasifica como C1S2, CE sin riesgo.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Calidad de agua.**

El agua posee diversas cualidades que la hacen única en función del lugar y del proceso a partir del cual se produce. Estas cualidades se miden y clasifican en función de los tipos biológicas, fisicoquímicos del agua, que determinan su calidad e idoneidad. Muchos elementos microbianos y químicos presentes en el agua potable pueden afectar negativamente la salud de las personas. Como en el caso del agua bruta, la localización puede ser

tardía, compleja y de costo elevado, lo que limita su beneficio para la alerta temprana y la hace inasequible (Carvajal, 2020).

Dado que no es posible a partir del punto de vista físico ni práctico a partir del punto de vista económico analizar todos los parámetros de calidad del seguimiento y los recursos que se emplean para ello, se debe prestar más bien atención a las características significativas o de importancia crítica. Por otra parte, algunas características no relacionadas con la salud, lo que perjudica seriamente al agua, pueden ser significativas (Atencio, 2018).

### **2.2.2 Calidad microbiológica del agua.**

Parece que sólo se suelen utilizar pruebas microbiológicas para verificar la composición microbiana del agua., a pesar de que la contaminación microbiana es el problema sanitario más frecuente y generalizado relacionado con el agua potable. En consecuencia, las bacterias indicadoras no deben estar contenidos en el agua utilizada para el abastecimiento humano. (Atencio, 2018).

El examen de los microorganismos marcadores de contaminación de origen fecal, se lleva a cabo en la mayoría de las situaciones, pero en algunos casos también puede implicar la estimación de las concentraciones de determinados agentes patógenos. El examen microbiológico debe examinar bacterias, virus y parásitos, aunque la legislación de cada país puede diferir

y, en muchas situaciones, sólo aborda la supervisión de bacterias como coliformes y *Escherichia coli*. (Venegas et al., 2015).

### **2.2.3 Calidad química del agua.**

El examen microbiológico debe examinar bacterias, virus y parásitos; no obstante, la legislación de cada país podría diferir y, en muchas situaciones, sólo se ocupa de la gestión de bacterias como coliformes y *Escherichia coli*. (Gutierrez, 2018).

Se reconoce que no todos los compuestos químicos para los que se desarrollaron indicadores estándar se encuentran en la misma estructura de suministro; más bien, cada uno de estos compuestos es distinto y depende de la ubicación y dispersión del agua de origen. También ocurre lo contrario; para determinados lugares, habrá criterios que sean típicos del agua de origen del lugar pero que no estén cubiertos por las normas (Atencio, 2018).

### **2.2.4 Parámetros de calidad de agua para riego mediante ICARHS.**

#### ***2.2.4.1. Temperatura.***

Lo más relevante para la composición física del agua es su capacidad para regular la función biológica, el ingreso de oxígeno, la formación de sedimentos, la desinfección, la formación de sustancias sólidas, la aglomeración, la combinación, el asentamiento y los procedimientos de separación por filtrado. La importancia de la temperatura del agua se puede ver en cómo afecta los procesos químicos y sus tasas, el crecimiento de los

organismos acuáticos y la utilización del agua en diversas tareas. (Ramos & Priscilla, 2015).

#### **2.2.4.2. DBO5.**

Normalmente, la MO se conforma el 75% de los sólidos en suspensión contenidos en las aguas residuales, mientras que los sólidos disueltos representan el 40%. Del 40 a 60 % las proteínas, del 25 al 50% los hidratos de carbono y 10 % las grasas y aceites, se conforman la mayor parte de la MO de las aguas residuales, que se compone principalmente de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno (CHON). Las mediciones de DBO, DQO y COT se utilizan para identificar las aguas residuales con altos niveles de materia orgánica (Guamán, 2015).

#### **2.2.4.3. DQO.**

Mide cuanto de MO, puede oxidarse químicamente. En el caso de la materia orgánica no pueda biodegradarse de forma fácil o cuando el agua residual contiene compuestos que pueden ser peligrosos para los microorganismos empleados en la DBO, se utiliza este método. En términos de eficacia, la prueba de la DQO tiene la ventaja de tardar sólo 2,5 horas en completarse, frente a los cinco días que necesita la muestra de aguas residuales (Huamán & Palco, 2022).

#### **2.2.4.4. pH.**

Una medida del número de iones de hidrógeno presentes en el agua, dado como el inverso del logaritmo del número de moles de iones de hidrógeno. La concentración extremadamente alta de iones de hidrógeno en las aguas residuales dificulta su tratamiento biológico, alterando la biota de la fuente

receptora y, en última instancia, matando a los microorganismos. Entre 6,5 y 8,5 es el rango de pH donde pueden tener lugar procesos terapéuticos y puede existir vida biológica. (Guamán, 2015).

#### **2.2.4.5. Cloruros.**

Dado que puede afectar a la aplicación final de reutilización de las aguas residuales con tratamiento, es un constituyente de interés en las aguas residuales. Los cloruros están en las heces humanas (6 g por persona y día), tal que la existencia en aguas residuales es significativa (Teves, 2016).

#### **2.2.4.6. Nitrógeno y fósforo.**

Se denominan nutrientes y bioestimuladores, ya que son cruciales para el desarrollo de protistas y plantas. Para que las aguas residuales sean tratables y para frenar la formación de algas, hay que aportar nitrógeno cuando el nivel de nitrógeno es insuficiente. En Cuenca hay una media de 1,25 mg/l de nitrógeno y 4,5 mg/l de fósforo (Guamán, 2015).

#### **2.2.4.7. Sulfatos.**

En los cursos de agua naturales pueden encontrarse desde unos pocos miligramos hasta algunos pocos gramos por litro debido a su amplia dispersión en el entorno natural. (Tarifeño & Rondam, 2021).

### **2.2.5 Estándares de Calidad Ambiental.**

Mide la cuantía de sustancias, componentes, combinaciones o características biológicas, fisicoquímicos- existentes en el agua como masa receptora sin poner en peligro de forma significativa el medio ambiente o la salud pública (MINAM, 2017).

### 2.2.6 Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).

El ICARHS es un recurso matemático que armoniza datos de múltiples factores, lo que permite la conversión de conjuntos de información en un sistema de evaluación de la calidad del agua. Mediante la aplicación de una fórmula que involucra tres parámetros, a saber, rango, frecuencia y amplitud, para obtener un valor numérico en un rango de 0 a 100, la condición de la pureza del agua de una estación de control, arroyo, río o cuenca.

- **F1 Alcance:** Teniendo en cuenta el número total de parámetros que deben comprobarse, los parámetros de calidad que no satisfacen las normas actuales del ECA.
- **F2 Frecuencia:** Los datos que no se ajustan a las normas medioambientales se contrastan con los datos totales de los parámetros examinados.
- **F3 Amplitud:** Un indicador útil de la varianza de los datos es la suma normalizada de los excesos, o la suma del exceso de todos los datos sobre todos los datos.
- **Excedente:** indica la distancia entre el valor ECA y el valor de los datos con respecto al valor ECA del Agua para cada parámetro.

A continuación, se muestra los datos a evaluarse en la clasificación ICARHS

**Tabla 1***Parámetros para evaluar la calidad de agua para riego*

	<b>Categoría 1</b>	<b>Categoría 2</b>	<b>Categoría 3</b>
	<b>Subcategoría A2</b>		<b>Subcategoría E2</b>
Materia orgánica			
DBO5	x	x	x
DQO	x	x	
Oxígeno disuelto	x	x	x
Coliformes termotolerantes	x	x	x
Fósforo Total	x		x
Amoniaco	x		
Nitratos			x
Hidrocarburos totales			x
Físico-Químico Metal			
pH	x	x	
Arsénico	x	x	
Aluminio	x	x	
Manganeso	x	x	
Hierro	x	x	
Cadmio	x	x	
Plomo	x	x	x
Boro	x	x	
Cobre	x	x	x
Mercurio		x	x
Zinc			x
Sólidos suspendidos totales			x

*Nota: ANA (2020)*

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Parámetros.**

Elementos de medición ya sea físico, biológico y químico, los cuales forman parte de los ECA (Tello, 2015).

### **2.3.2 Agua.**

En el agua, el término "acidez" o "alcalinidad" consiste en la tendencia hacia la acidez o la alcalinidad más que a la acidez o alcalinidad en sí. Dos marcadores que ayudan a determinar si el agua es ácida o no son la basicidad o la alcalinidad (Quispe, 2013).

### **2.3.3 Conductividad eléctrica.**

Microsiems por centímetro (S/cm) es una unidad utilizada para cuantificar la capacidad de una solución eléctrica para transferir corriente (Huahuasoncco, 2018).

### **2.3.4 DBO.**

Para oxidar aeróbicamente la MO biodegradable en el agua, los microbios necesitan una cierta cantidad de oxígeno, o DBO. La medición más popular es la DBO<sub>5</sub>, que detecta únicamente la materia orgánica biodegradable, ya que la cinética de primer orden rige la rapidez con que se descompone la materia orgánica (Janampa & Quiroz, 2021).

### **2.3.5 DQO.**

Evaluación del índice de gasto de oxígeno de organismos unicelulares como las bacterias. Se utiliza para evaluar la contaminación, y su principal inconveniente es que se tardan unos 5 días en obtener resultados (Huamám & Palco, 2022).

### **2.3.6 Oxígeno disuelto.**

La capacidad de disolución del oxígeno en agua está ligada de forma inversa a la temperatura; A medida que la temperatura aumenta, la solubilidad del oxígeno disminuye. (Pérez, 2017).

### **2.3.7 Coliformes termotolerantes.**

La relación entre la habilidad del oxígeno para disolverse en el agua y la temperatura es de proporcionalidad inversa, lo que implica que la solubilidad del oxígeno reduce a medida que incrementa la temperatura (Burga, 2018).

### **2.3.8 Arsénico.**

Posee una masa atómica 74.92 y número atómico 33, estimado el vigésimo elemento que abunda en la corteza terrestre, sin embargo posee una dificultad al encontrarlo en forma elemental, pues está en combinaciones con contenido de azufre que contienen otros metales como el hierro, antimonio, cobalto, níquel, cobalto, plata y hierro (Fano, 2021).

### **2.3.9 Aluminio.**

Debido a su elevado estado de oxidación, el óxido de aluminio produce una delgada capa superficial adherente que es impermeable y resiste la oxidación, lo que se traduce en resistencia a la corrosión y durabilidad. (Morejón, 2015).

### **2.3.10 Manganeso.**

Metal que constituye en aproximado un 0.1% de la corteza terrestre, se halla principalmente en forma de compuestos en el medio ambiente, donde

abunda en óxidos, sulfuros, silicatos y carbonatos. En consecuencia, puede encontrarse en cantidades ínfimas en agua, suelo y aire (Hernández, 2018).

#### **2.3.11 Hierro.**

Por su concentración alta el óxido de aluminio produce una capa superficial fina y adherente que es impermeable y resiste la oxidación, lo que se traduce en resistencia a la corrosión y durabilidad. El alto potencial redox, a la par de su facilidad para crear componentes peligrosos y crecidamente reactivos (Alvarez et al., 2011)

#### **2.3.12 Cadmio.**

Mineral que se encuentra en la superficie de la tierra. Se localiza principalmente en mezclas con otros minerales como el oxígeno, el cloro o el azufre para crear minerales como la greenockita o la blenda de cadmio. (Tello, 2015).

#### **2.3.13 Plomo.**

La galena es un elegante metal de color gris azulado que presenta una superficie muy reflectante a los cortes recientes y se caracteriza por su alta densidad y resistencia a la corrosión (Delgado, 2015)

#### **2.3.14 Boro.**

La presencia de boro en la corteza terrestre con una proporción de 10 mg/kg, de forma que en el medio acuático alcanza los 4,5 mg/kg, no suele llegar a las aguas interiores con una proporción de 7 mg/L. El boro también está presente en los hábitats terrestres, principalmente en forma de borato. (Pizarro, 2021)

### **2.3.15 Cobre.**

Tiene capacidad para transportar electricidad y calor. Se encuentra en el medio ambiente en combinación con otros metales como el oro, el plomo y la plata. El cobre se utiliza para construir cables, tuberías de agua y gas. También se utiliza en la generación y distribución de electricidad porque es un excelente conductor. (Quispe, 2021).

## **CAPÍTULO III**

### **METODO**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación para el desarrollo del presente estudio es investigación básica con enfoque cuantitativo por lo análisis que se realizan con orden numérico.

(Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

##### **3.1.1 Diseño de investigación.**

El diseño de investigación viene a ser No Experimental, por lo que la investigación se realizó sin manipular deliberadamente las variables y se basó fundamentalmente en la observación de los fenómenos tal como se dieron su contexto natural para así poder analizarlos. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

##### **3.1.2 Zona de estudio.**

La zona de estudio se realizó en la cuenca del río Torococha, ubicada al sur del Perú, en el altiplano de la región Puno, con una extensión de largo de

aproximado de 17.50 km, con altitudes de 3 837.00 msnm.

El río Torococha nace desde el punto de inicio a faldas del cerro Chullunquiani, donde existe ojos de agua en forma permanente, de allí nace el río Torococha ingresando a la ciudad de Juliaca.

- Sistema Integral hídrico: Lagunillas
- Región Natural: Sierra (Altiplano de Puno)
- Altitud: 3 837.00 m.s.n.m.
- Latitud: 15°29'24.74'' S
- Longitud: 70°07'58.93'' O

### Figura 1

*Ubicación del punto de muestreos en la cuenca Torococha*



### 3.1.3 Limites.

- Este: Lago Titicaca
- Oeste: Cuenca Chili y Cuenca Colca Siguas
- Norte: Cuenca Ramis

- Sur: Cuenca Illpa y cuenca Alto Tambo

#### **3.1.4 Vías de comunicación y accesibilidad.**

Son núcleos fundamentales y secundarios que conectan a los departamentos de Cusco, Arequipa y localidades.

### **3.2 Instrumentos tecnológicos para la recolección de datos**

#### **3.2.1 Técnicas.**

##### **- Técnica de recopilación documental**

Se realizó el procedimiento de acopiar documentos (información contenida en documentos con relación al problema y objetivo de la investigación) para medir una o más variables (Sánchez, 2020). Mediante esta técnica se obtuvo referencias sobre el ICARHS de la cuenca Torococha.

##### **- Técnica de observación**

El observador se diferencia del típico sujeto de pruebas en que este último no intenta hacer un diagnóstico. Se trata de un procedimiento para verificar un fenómeno ante los propios ojos con el objetivo de evadir y prevenir errores de observación que podrían modificar la precisión con la que se percibe o expresa un fenómeno (Córdova, 2018).

#### **3.2.2 Instrumentos.**

- ECA - D.S. 004-2017-MINAM.
- Laboratorio (acreditado).
- Fichas de recolección de datos.

### **3.2.3 Procedimientos metodológicos.**

#### ***3.2.3.1. Determinar la concentración de los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presente en las aguas del río Torococha.***

Para asegurar la calidad del monitoreo, el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – R.J. N° 010-2016-ANA.

- En el acceso a la zona, se evitaron zonas de embalse y turbulencia que se presentaron en el cuerpo de agua, para el acceso rápido a la sub cuenca Torococha y facilitando la toma de muestras.
- A la llegada se identifica un punto de muestreo que se referencia con GPS, registrando coordenadas UTM. El río Torococha que se muestreo en dos periodos.
- Se utilizaron recipientes de polietileno sometidos a una solución de ácido nítrico al 1%. Los ejemplares se adquirieron de áreas cercanas al centro del cauce del río. Luego, los recipientes de muestra se sellaron herméticamente con una etiqueta y una cadena de productos.
- Fueron tenidos en cuenta los criterios mencionados en el protocolo de seguimiento de la salubridad de las fuentes acuíferas superficiales (ANA, 2016). Para implementar la metodología ICARHS se consideró la siguiente tabla con los parámetros a evaluar según la categoría del río.

**Tabla 2***Parámetros a evaluar en el ICARHS, según la categoría en la que se encuentre el cuerpo de agua*

	<b>Categoría 1</b>	<b>Categoría 2</b>	<b>Categoría 3</b>
	<b>Subcategoría A2</b>		<b>Subcategoría E2</b>
<b>Materia orgánica</b>			
DBO5	x	x	x
DQO	x	x	
Oxígeno disuelto	x	x	x
Coliformes termotolerantes	x	x	x
Fósforo Total	x		x
Amoníaco	x		
Nitratos			x
Hidrocarburos totales			x
<b>Físico-Químico</b>			
<b>Metal</b>			
pH	x	x	
Arsénico	x	x	
Aluminio	x	x	
Manganeso	x	x	
Hierro	x	x	
Cadmio	x	x	
Plomo	x	x	x
Boro	x	x	
Cobre	x	x	x
Mercurio		x	x
Zinc			x
Sólidos suspendidos totales			x

*Nota: ANA (2020)*

- Una vez recolectadas las muestras de agua, se llevan al Laboratorio de Análisis Químico Ambiental LAQUAMEQ E.I.R.L, donde se envían los

resultados de los análisis en un período de 2 semanas. La siguiente tabla define los requisitos para la conservación de muestras.

**Tabla 3**

*Requisitos para la toma de muestra de agua residual*

<b>Determinación/ Parámetro</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Volumen mínimo de muestra (l)</b>	<b>Preservación y concentración</b>	<b>Tiempo máximo de duración</b>
Fisicoquímico				
Temperatura	P.V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO5 (3)	P.V	1000 mL	Refrigerar 4°C	48 horas
DQO (3)	P.V	100 mL	Analizar lo más pronto posible o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigera a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V. ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	P.V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

*Nota:* ANA (2016)

- Con los resultados obtenidos se procedió a comparar con los ECA – Agua, para verificar si la calidad de la cuenca del río Torococha cumple lo establecido en la normativa.

**3.2.3.2. Determinar la calidad del agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Torococha aplicando la metodología ICARHS.**

Seguidamente luego de tener los resultados de la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos se determinaron la calidad del agua en 1 punto establecidos mediante la metodología ICARHS; aplicando las ecuaciones establecidas por el ANA (2020), ICARHS, a través de RJ. N° 084-2020-ANA (2020), expresando de la siguiente manera:

F1 – Alcance: Cantidad de parámetros de calidad que no cumplen con la normativa.

$$F1 = \frac{\text{Numeros de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Numero total de parametros a evaluar}} \quad . \text{ [Ecuación 1]}$$

F2 – Frecuencia: Cantidad de datos que no cumplen con los ECA con referencia al total de datos de los parámetros a evaluar.

$$F2 = \frac{\text{Núm. de pará. que no cumplen los ECA agua de los datos eval.}}{\text{Numero total de datos evaluados}} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

F3 – Amplitud: Medida de desviación que hay en los datos.

$$F3 = \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} * 100 \quad \dots\dots\dots \text{[Ecuación 3]}$$

Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedente} = \frac{\sum_i^n = Excede}{\text{Total de datos}} \quad \dots \text{Ecuación 4]}$$

Excedente. – Realizado por parámetro, representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato con relación al ECA- Agua. Seguidamente dos casos de ejemplo:

Caso 1: Cuando el valor del parámetro supera el valor establecido en el ECA.

$$\begin{aligned} & \text{Excedentes}_i && \text{[Ecuacion.} \\ & = \left( \frac{\text{Valor del parám. que no cumple los ECA agua}}{\text{Valor estab. del parám. en los ECA agua}} \right) - 1 && \text{5]} \end{aligned}$$

Caso 2: Cuando el valor de parámetros es menor al valor establecido en el ECA.

$$\begin{aligned} & \text{Excedentes}_i && \dots \text{[Ecuación} \\ & = \left( \frac{\text{Valor establecido del parám. en los ECA agua}}{\text{Valor del parám. que no cumple los ECA agua}} \right) - 1 && \text{6]} \end{aligned}$$

Posterior al cálculo de los datos de los factores como son F1, F2 y F3 se calcula la calificación con el ICARSH. A continuación, se presenta la ecuación:

$$ICARHS = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1.732}} \right) \quad \dots \text{[Ecuación 7]}$$

Según la evaluación de ICARHS, cae en una categoría de 0 a 100. Este valor permite identificar el índice de calidad del agua, que se establece en una escala de 5 puntos.

#### Tabla 4

Valoración del ICARHS

<b>Valor ICARHS</b>	<b>Calificación ICARHS</b>	<b>Color (RGB)</b>	<b>Interpretación</b>
95 - 100	<b>EXCELENTE</b>	0	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables
		112 255	
80 - 94	<b>BUENO</b>	0	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
		197 255	
65 - 79	<b>REGULAR</b>	85	La calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
		255 0	
45 - 64	<b>MALO</b>	255	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
		170 0	
0 - 44	<b>PESIMO</b>	255	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento
		0 0	

*Nota:* ANA (2020)

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

#### 4.1 Presentación de resultados

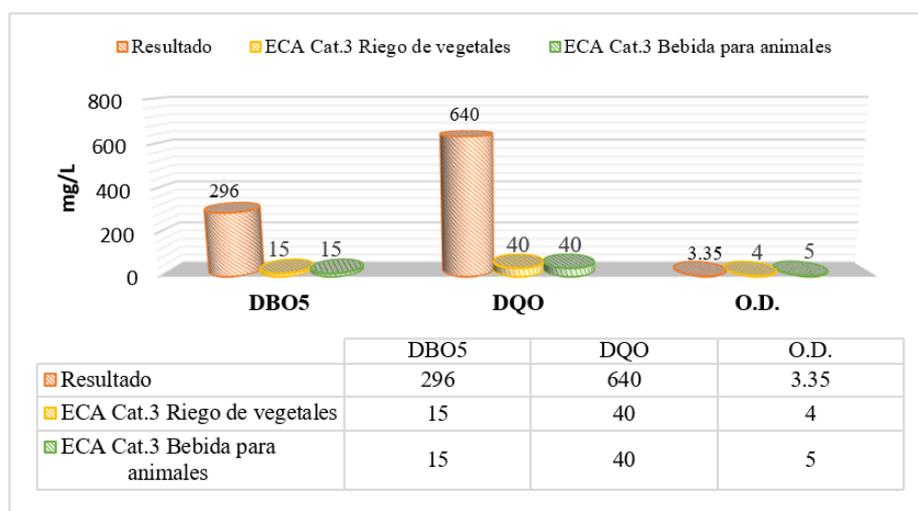
##### 4.1.1 Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el primero punto 1.

##### 4.1.1.1. Resultados del monitoreo en el Punto 1 – Periodo 1.

Se refiere a los datos analizados en el río Torococha en las Figuras 2, 3 y 4, los cuales, a modo de comparación, se categorizan según indica la ECA, ya sean parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos o parámetros inorgánicos e inorgánicos.

**Figura 2**

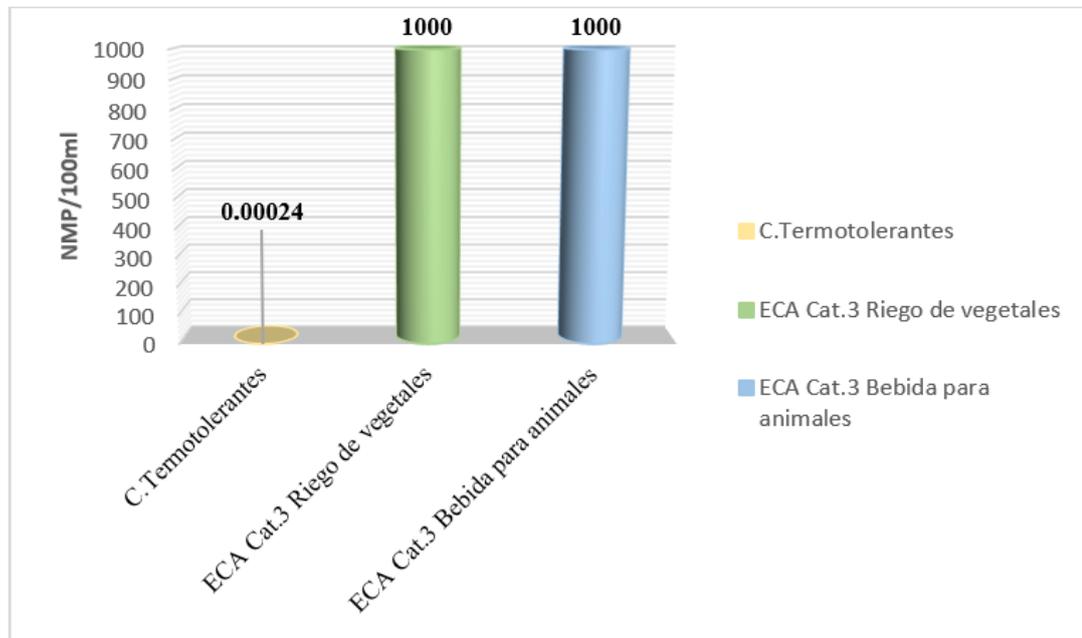
*Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1*



En la figura 2 se muestran los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el punto 1, en comparación con ECA Cat.3, estos valores superan los valores especificados en ECA, pero el oxígeno disuelto no supera este valor, es decir, la DBO5 es de 296 mg/L, la DQO es de 640 mg/L y el oxígeno disuelto es de 3,5 mg/L.

**Figura 3**

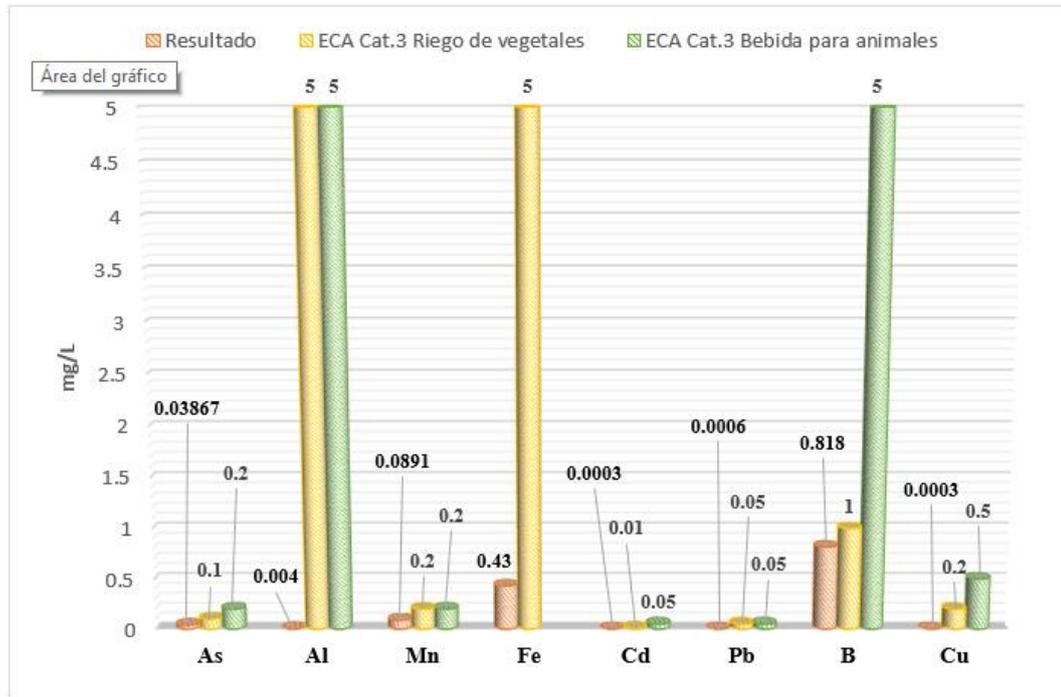
*Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1.*



En la Figura 3 se puede observar el punto 1, que muestra que los coliformes termotolerantes a 0,00024 NMP/100ml presentan valores inferiores y por tanto no superan la ECA.

**Figura 4**

*Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 1.*



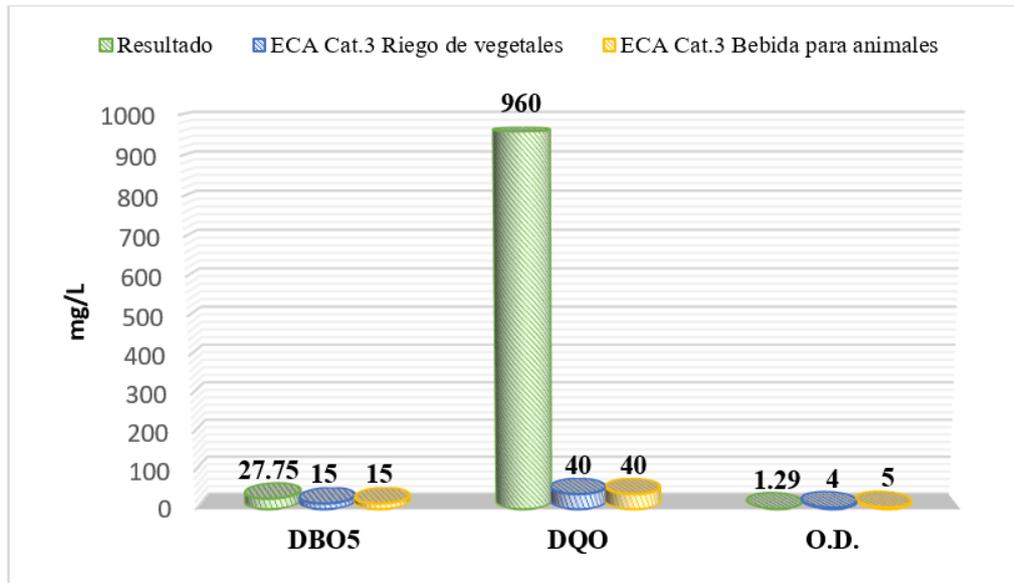
La figura 4 pertenece al punto 1, donde As es 0.0053 mg/L, Al es 0.004 mg/L, Mn es 0.891 mg/L, Fe es 0.43 mg/L, Cd es 0.0003, Pb es 0.0006 mg/L, B es 0.818 mg/L y Cu es 0.0003 mg/L, todos se mantienen por debajo del ECA. Sin embargo, la concentración de OD llegó a 6,5 mg/L, superando el valor estipulado por la ECA

#### **4.1.1.2. Resultados del monitoreo en el Punto 1 – Periodo 2.**

Se refiere a los datos analizados en el río Torococha en las Figuras 5, 6 y 7, los cuales, a modo de comparación, se categorizan según indica la ECA, ya sean parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos o parámetros inorgánicos e inorgánicos.

**Figura 5**

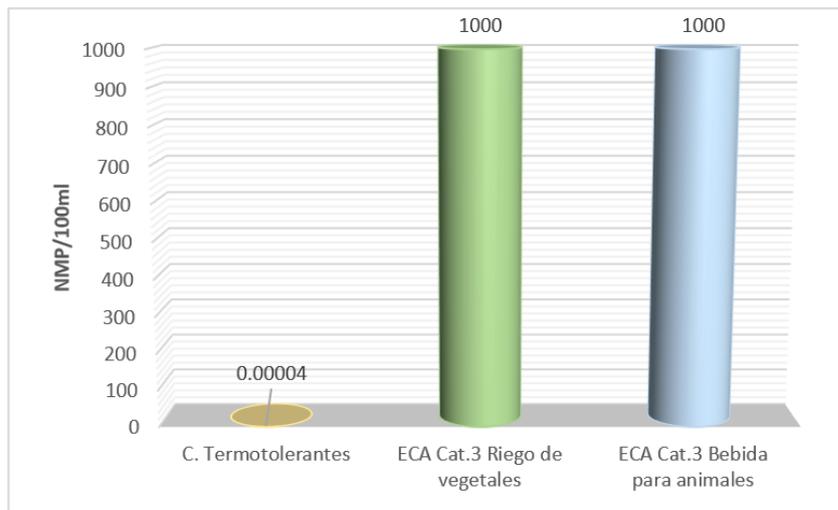
*Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2*



La figura 5 muestra los parámetros fisicoquímicos donde la DBO5 es de 27,75 mg/l, el oxígeno disuelto es de 1,29 mg/l, que está por debajo del ECA, pero la DQO es de 960 mg/l, que está por encima de los límites establecidos por el ECA.

**Figura 6**

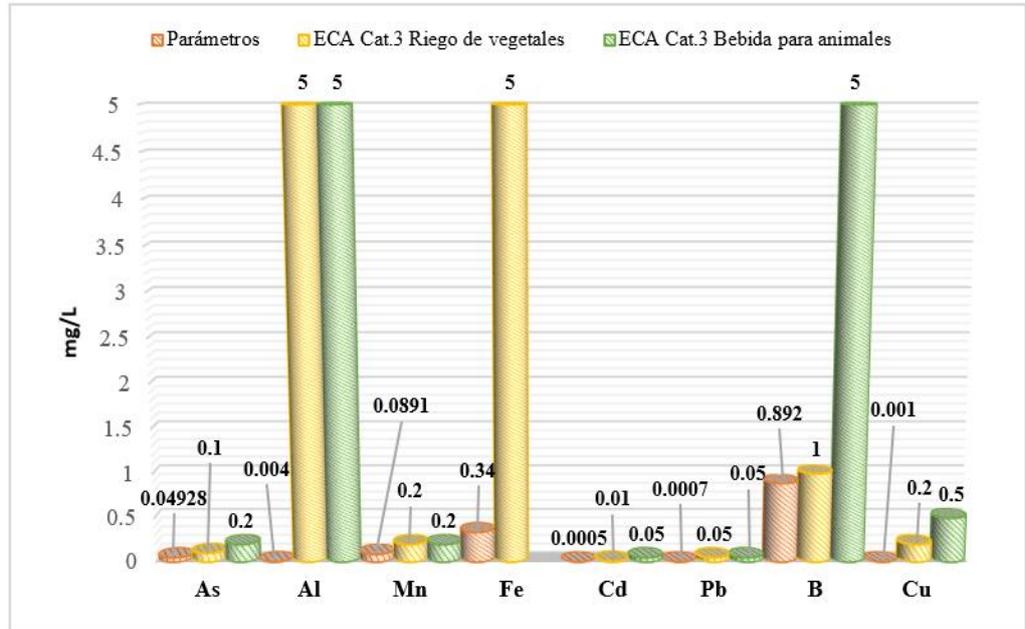
*Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2*



La Tabla 6 presenta un análisis de *C. thermotolerantes* comparándolos con los estándares ambientales de calidad del agua y muestra un resultado de 0,00004, que se mantiene por debajo del objetivo.

**Figura 7**

*Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3 en el Punto 1 – Periodo 2*



En La Tabla 7 muestra los parámetros inorgánicos donde As a 0.04928 mg/L, Al a 0.004 mg/L, Mn a 0.0891 mg/L, Fe a 0.34 mg/L, Cd a 0.0005 mg/L, Pb a 0.0007 mg/L, B a 0.892 mg/L y Cu a 0.001 mg/L se encuentran y por lo tanto entre los estándares de grado ambiental para agua mentirosa.

**4.1.2 Determinación de la calidad agua de los parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Torococha aplicando la metodología ICARHS.**

Se efectuó el ICARHS con los resultados de las muestras realizadas en 1 punto, en 2 periodos en el Río Torococha, posterior a ello se detalla la calificación por punto de muestreo

**4.1.2.1. Índice de calidad para el Punto 1 – Periodo 1.**

**Tabla 5**

*Calificación del punto 1 – Periodo 1*

<b>PUNTO 1 – PERIODO 1</b>					
<b>Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales</b>					
<b>PUNTO</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>Resultado</b>	<b>Índice ICARSH</b>
P1	0.15	0.31	81.52	72.14	65 - 79 REGULAR

Nos indica en la tabla 6, el cual presenta como resultado de 72.14 encontrándose en un índice de 65 – 79, lo cual indicaría una calificación de “REGULAR”, que se interpreta que ocasionalmente se encuentra amenazada y que a menudo se aleja de los valores que se desea, lo indica que necesitan algún tratamiento.

**4.1.2.2. Índice de calidad para el Punto 1 – Periodo 2.**

**Tabla 6**

*Calificación del punto 1 – Periodo 2*

<b>PUNTO 1 – PERIODO 2</b>					
<b>Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales</b>					
<b>PUNTO</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>Resultado</b>	<b>Índice ICARSH</b>
P1	0.154	0.30	0.592	62.66	65 - 79 REGULAR

Nos indica en la tabla 7, el cual presenta como resultado de 62.66 encontrándose en un índice de 65 – 79, lo cual indicaría una calificación de “REGULAR”, que se interpreta que ocasionalmente se encuentra amenazada y que a menudo se aleja de los valores que se desea, lo indica que necesitan algún tratamiento.

#### **4.2 Discusión de resultados**

En el estudio de Cano & Atajo (2018) que, dentro de sus parámetros inorgánicos, presentó datos elevados en Manganeso con 3.52 mg/L, 42.80 mg/L, 60.07 mg/L, 47.66 mg/L en los diversos puntos de muestreo, esto a razón de que existe vertimientos de relaves en el mencionado río, en el caso del estudio al río Torococha tuvo un resultado menor de 0.0891 mg/L, en donde los factores antropogénicos tienen principal causa de contaminación y el deterioro del ambiente, por el accionar del desarrollo alrededor de sus aguas, debido al desplazamiento de contaminantes de tipo difusión por las dos corrientes distintas.

Con referencia a la calificación sobre la calidad del río Torococha empleando el método ICARHS, en el estudio de Fernández & Guardad (2021), empleo el método ICAsup que también consistió de un puntaje de 0 a 100 calificando al río Cabaña – Cuba, tuvo un máximo puntaje de 96 (No contaminado) y el mejor fue de 14 (altamente contaminado), sin embargo, en el estudio realizado al río Torococha solamente expuso resultados en calificación de regular con calificaciones de 72.14 y 62.66.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

**Primera.** La calidad observada en ambos períodos en el río Torococha dio como resultado dentro del rango de calificación ICARHS de “REGULAR”.

**Segunda.** La calidad observada en ambos períodos en el río Torococha en relación a los parámetros analizados mostró que en el punto 1, muestreado en el primer período, hubo un exceso de DBO y DQO con respecto a la ECA de D.S. ocurrió. No. 004-2017-MINAM. Sin embargo, en el periodo 2 para el punto 1 también se superaron los valores de DBO y DQO.

**Tercera.** Las calificaciones recibidas por el río Torococcha fueron en su mayoría calificaciones convencionales, arrojando resultados con valores dentro de la escala ICARHS de 72.14 y 62.66 en los periodos 1 y 2 respectivamente, lo que significa que la calidad muchas veces

se desvía de las condiciones deseadas y algunas necesitan ser procesadas.

## **5.2 Recomendaciones**

**Primera.** Se recomienda emplear un tratamiento para las aguas que son captadas del río Torococha, por lo que en el punto tomado se encuentran con una calificación “Regular”, a razón de la elevada concentración de DBO, DQO, así como también realizar monitores de periodos más amplios.

**Segunda.** Se recomienda para las posteriores investigaciones tomar en consideración datos de caudal, así también otras metodologías similares a la del ICARHS para comparar y relacionar los resultados.

**Tercera.** Se recomienda realizar monitoreos más constantes al río Torococha, para así poder conseguir datos del comportamiento de sus aguas. Así también se deben realizarse medidas de sanciones en contra de aquellas entidades, que descargan sus afluentes al río mencionado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, M., Arévalo, D., y Auquilla, P. (2011). *Prevalencia de Anemia Ferropénica en estudiantes de sexo femenino de la Unidad Educativa Particular Universitaria “La Asunción” de la ciudad de Cuenca, desde Octubre de 2009 a Julio de 2010* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- ANA. (2016). *Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Recuperado de, [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)
- ANA. (2020). *Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (icarhs)*. Recuperado de [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)
- Arenas, N., Abril, D., y Moreno, V. (2017). Evaluación de la calidad del agua para uso agropecuario en predios ganaderos localizados en la región del Sumapaz (Cundinamarca, Colombia). *Artículo de investigación - UC*, 17(02),2-7.
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Sinmón Bolívar, provincia y región Pasco-2018* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Titicaca: La contaminación está matando una de las cuencas del lago más alto del mundo*.

Recuperado de <https://ojo-publico.com/3658/la-contaminacion-estamando-una-cuenca-del-titicaca>

Burga, E. (2018). *Coliformes fecales y su relación con la demanda bioquímica de oxígeno de aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales sicaya-huancayo 2018* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Callatana, J. (2014). *Evaluación Y Propuesta De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Distrito De Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Cano, J., y Atajo, J. (2018). Calidad del agua de la Irrigación canal N del río Llallimayo y aptitud agrícola distrito Cupi-Melgar 2018. *Revista de investigaciones de la escuela de posgrado - UNAP*, 08(02), 3-11.

Carvajal, K. (2020). *Evaluación de Calidad de agua con fines agrícola en los acuíferos de cuatro zonas del Cantón Milagro* (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Delgado, C. (2015). *Determinación de la concentración de plomo por espectrofotometría de absorción atómica en sombras de ojos que se comercializan en los mercadillos de Tacna, 2014* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.

Espinoza, F. (2020). *Evaluación mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA) del río Santa con vertimientos de aguas servidas domésticas, para la conservación del ambiente acuático. Sector Huaraz-Jangas, Ancash 2019*

(Tesis de maestría). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Áncash, Perú.

Fano, D. (2021). *Exposición a arsénico en agua potable, metabolismo, y sus efectos sobre los resultados perinatales en Tacnam Perú* (Tesis de maestría). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.

Fernández, M., y Guardado, R. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología - UMC*, 37(01), 105-117.

Guamán, J. (2015). *Análisis de la influencia de las plantas ornamentales como estrategia para mejorar el entorno ecológico de la escuela "Santa Catalina" de la Parroquia San Lucas* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

Guamán, V. (2015). *Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de macas y San Pedro, Cantón Cuenca, Azuay* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Gutierrez, V. (2018). *Evaluación de la calidad de agua del río Torococha en la desembocadura del río Torococha utilizando el índice de calidad de agua del consejo canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno-2018* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Union, Lima, Peru.

Hernández, D. (2018). *Efecto de la exposición ambiental a manganeso sobre la praxia motora en escolares residentes del distrito minero de Molango, Hidalgo, México* (Tesis de pregrado). Instituto Nacional De Salud Pública

Escuela De Salud Pública De México, Cuernavaca, Mexico.

Huanca, J., Butrón, S., Supo, L., y Supo, F. (2020). Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú. *Revista de ciencia y desarrollo*, 26(01), 88-96.

Janampa, Y., & Quiroz, M. (2021). *Remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vinchi-Santa Ana-Huancavelica* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De Huancavelica, Huancavelica, Peru.

Jimenez, J. (2019). *Evaluación de la calidad del agua en el Río Muyoc , aplicando el Índice de Calidad Ambiental para agua, Cajamarca 2019*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Peru.

Madera, L., Angulo, L., Díaz, L., & Rojano, R. (2019). Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información Tecnológica*, 27(4), 103–110.

MINAM. (2017). *Estandares de Calidad Ambiental para agua*.

Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Morejón, J. (2015). *El aluminio como material productivo en el Interaprendizaje en el Colegio Fiscal Técnico “Carlos Zevallos”* (Tesis de pregrado) Universidad Estatal de Milagro, Guayas, Ecuador.

- OECD. (2021). Recursos hídricos en Perú: el estado actual. *Gobernanza del Agua en Perú*, 01(01), 51-102.
- ONU. (2018). *La protección del agua dulce muestra señales de progreso*. Recuperado de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-proteccion-del-agua-dulce-muestra-senales-de-progreso>
- 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* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru.
- Pizarro, J. (2021). *Estudio de remoción de boro del agua destinada para la agricultura en el distrito de Ite-Tacna empleando una resina selectiva al Boro y propuesta de diseño de una columna de intercambio Iónico* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Quispe, J. (2013). *Propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante lagunas de estabilización - Azángaro* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Quispe, L. (2021). *Remoción de cobre (II) en aguas de efluentes minero - metalúrgico con comost* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Ramos, L., & Priscilla, P. (2015). *Captación, evaluación, tratamiento y diseño de una planta de consumo de agua potable en la localidad Pampas de Pajonal*

*Distrito de Mollebaya* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2022). *El tratamiento de aguas residuales en el Perú*.

Recuperado de <https://www.sunass.gob.pe/lima/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020/>

Tarifeño, J., & Rondam, J. (2021). *Calidad del agua captada para riego y su impacto en el cultivo de Espárrago de la cuenca baja del río Huarmey, región Ancash* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

Tello, M. (2015). *Evaluación del Riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de Cuenca* (Tesis de maestría). Universidad Estatal de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Teves, B. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del Río Cakra, región Lima* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Vargas, B. (2021). *Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya Puno-2021* (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú..

Venegas, C., Mercado, M., y Campos, M. (2015). *Evaluación de la Calidad Microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población*

de Bogotá. *Revista de ciencia y desarrollo*, 13(43), 24-35.

Vicente, T. (2021). *Calidad de las aguas residuales en época de estiaje e influencia en la calidad de suelo agrícola, parcela 00512, Anexo Lúcumo, Lunahuaná* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.