

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de las condiciones hídricas y su relación
con la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo,
Junín - 2021**

Denis Ojeda Solis

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES HÍDRICAS Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE AGUA EN EL DISTRITO DE CARHUAMAYO, JUNÍN - 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	studylib.es Fuente de Internet	2%
5	www.dhi.ac.uk Fuente de Internet	1%
6	fich.unl.edu.ar Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.tesis.uchile.cl Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	portal.unas.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	Submitted to Universidad del Atlántico Trabajo del estudiante	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

ASESORA

M. Sc. Olga Vadimovna Kostenko

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Mg. Ing. Jaqueline Rivera, por ser partícipe de la presente investigación en calidad de gestora de información en marco de la revisión documental. También agradezco a la M.Sc. Olga Vadimovna Kostenko por la asesoría brindada para el desarrollo de la presente investigación, por sus recomendaciones y puntos de vista técnico orientado al alcance de aportes científicos.

De igual manera, agradezco a los pobladores del Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell, del distrito de Carhuamayo, por ser partícipes indirectos de la investigación y su interés de preservación del ecosistema. También agradezco al Mg. Ing. Jan Hurtado-Yarasca, por la revisión incesante de la investigación orientados en el también alcance de aportes científicos, así como por brindar información primaria.

Considero también agradecer a los profesores de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental, ya que gracias a ellos obtuve conocimientos que ahora me sirven en el ejercicio profesional.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mis padres y familiares más cercanos, por su incansable labor de darme fuerzas para salir adelante y cumplir mis sueños y metas profesionales.

ÍNDICE

ASESORA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación e importancia	3
1.3.1. Justificación práctica	3
1.3.2. Justificación metodológica y científica	4
1.3.3. Importancia	4
1.4. Hipótesis y variables	5
1.4.1. Hipótesis general	5
1.4.2. Hipótesis nula	5
1.4.3. Hipótesis específicas	5
1.4.4. Operacionalización de las variables	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7

2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos	7
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis	10
2.2.	Bases teóricas	14
2.2.1.	Fundamentos teóricos de la investigación.....	14
2.2.2.	Fundamentos metodológicos de la investigación	22
2.3.	Definición de términos	30
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		33
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	33
3.1.1.	Métodos de la investigación	33
3.1.2.	Tipo de la investigación	34
3.1.3.	Nivel de la investigación	34
3.2.	Diseño de la investigación	34
3.3.	Población y muestra	35
3.3.1.	Población	35
3.3.2.	Muestra	35
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	36
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	37
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		40
4.1.	Resultados de la investigación	40
4.1.1.	Prueba de hipótesis.....	50
4.2.	Discusión de resultados.....	55
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES		60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		61
ANEXOS		64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidad y distribución de agua dulce global.....	15
Figura 2. Principales fenómenos que intervienen en el ciclo hidrológico.....	16
Figura 3. Elementos que integran el ciclo hidrológico.....	17
Figura 4. Cuadro de interpretación de la calificación ICA-PE.....	26
Figura 5. Diagrama que orienta hacia un objetivo de manejo al estado ecológico y los usos de agua.....	27
Figura 6. ICA como indicador hídrico asociado a la intervención antrópica.....	28
Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo de agua.....	36
Figura 8. Valores de pH de las muestras.....	42
Figura 9. Valores de la conductividad eléctrica de las muestras.....	43
Figura 10. Valores de cloruros de las muestras.....	44
Figura 11. Valores de sulfatos de las muestras.....	45
Figura 12. Valores de sólidos disueltos totales de las muestras.....	46
Figura 13. Valores de DBO ₅ de las muestras.....	47
Figura 14. Valores de coliformes termotolerantes de las muestras.....	48
Figura 15. Prueba de Shapiro-Wilk para los valores de los parámetros seleccionados.....	51
Figura 16. Prueba comparativa de t de student para el punto CA-DO-01.....	51
Figura 17. Prueba comparativa de t de student para el punto CA-DO-02.....	52
Figura 18. Prueba comparativa de t de student para el punto CA-DO-03.....	53
Figura 19. Representación de la prueba de correlación de Pearson.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción y operacionalización de las variables.....	06
Tabla 2. Política y Estrategia Nacional de recursos hídricos (gestión de la cantidad y calidad del agua).....	17
Tabla 3. Demanda de agua por sector beneficiado.....	19
Tabla 4. Fuentes de contaminación de los recursos hídricos.....	20
Tabla 5. Identificación de las condiciones hídricas asociadas a la calidad ambiental considerando factores ambientales del lugar de estudio.....	40
Tabla 6. Valores de pH para los monitoreos realizados.....	42
Tabla 7. Valores de T° para los monitoreos realizados.....	43
Tabla 8. Valores de CE para los monitoreos realizados.....	43
Tabla 9. Valores de cloruros para los monitoreos realizados.....	44
Tabla 10. Valores de sulfatos para los monitoreos realizados.....	45
Tabla 11. Valores de cloro residual para los monitoreos realizados.....	45
Tabla 12. Valores de SDT para los monitoreos realizados.....	46
Tabla 13. Valores de DBO ₅ para los monitoreos realizados.....	47
Tabla 14. Valores de coliformes termotolerantes para los monitoreos realizados.....	47
Tabla 15. Interpretación de los valores obtenidos del ICA-PE.....	49

RESUMEN

En la presente investigación se planteó el objetivo de determinar la relación entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021, llegando a emplear la metodología del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) propuesto por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), enmarcado dentro del método científico, de enfoque general o teórico inductivo y de corte específico observacional, asumiendo un diseño metodológico no experimental, transversal y causal. La muestra de la investigación estuvo compuesta por tres muestras de agua recolectadas en puntos representativos del área de estudio, así como se compararon las concentraciones de los parámetros seleccionados (pH, T°, CE, cloruros, sulfatos, cloro residual, SDT, DBO₅, coliformes termotolerantes) con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA), para luego determinar el ICA-PE y validar estadísticamente la comparación. Como resultados se obtuvo que el parámetro DBO₅ excede el ECA agua Cat. 1 A1 en el punto de captación del agua, así como el parámetro de coliformes termotolerantes excede lo establecido por la normativa en el punto de evaluación aguas abajo para la evaluación de la calidad ambiental al año 2021 en comparación con el año 2019, en consecuencia, la calificación del ICA-PE pasó de ser excelente a buena. La conclusión de la investigación fue que existe una relación positiva y significativa ($r = 0.903$) entre los factores de evaluación de las condiciones hídricas, sujetas a los procesos de captación, reserva y distribución del agua, con la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.

Palabras clave: Índice de Calidad de Agua, condiciones hídricas, indicador hídrico.

ABSTRACT

In this research, the objective of determining the relationship between the evaluation of water conditions and water quality in the district of Carhuamayo, Junín - 2021, was established, using the Water Quality Index (ICA-PE) methodology. proposed by the Autoridad Nacional del Agua (ANA), framed within the scientific method, with a general or theoretical inductive approach and a specific observational cut, assuming a non-experimental, cross-sectional and causal methodological design. The research sample consisted of three water samples collected in representative points of the study area, as well as the concentrations of the selected parameters (pH, T^o, CE, chloride, sulfate, residual chlorine, TDS, BOD₅, thermotolerant coliforms) were compared with the Standard of Environmental Quality for Water (Estándar de Calidad Ambiental - ECA), to then determine the ICA-PE and statistically validate the comparison. As results, it was obtained that the BOD₅ parameter exceeds the ECA water Cat. 1 A1 at the water catchment point, as well as the thermotolerant coliform parameter exceeds that established by the regulations at the downstream evaluation point for quality evaluation. to the year 2021 compared to the year 2019, consequently, the ICA-PE rating went from excellent to good. The conclusion of the investigation was that there is a positive and significant relationship ($r = 0.903$) between the evaluation factors of water conditions, subject to the processes of water collection, reserve and distribution, with water quality, as a water indicator, in the district of Carhuamayo, Junín - 2021.

Keywords: Water Quality Index, water conditions, water indicator.

INTRODUCCIÓN

Los intentos por llegar a ser una sociedad sostenible se observan en la realidad como limitadas para los diversos contextos geográficos que se tienen en el país. En dicho enfoque, el proponer escenarios de mejora es una necesidad urgente en términos de operación de proyectos, más aún si no se guardan las condiciones de mantenimiento necesarias. Dichos proyectos, tienden por ser evaluados en mayor precisión en términos de la planificación y construcción de los mismos, dejando de lado contextos de control y seguimiento en fases de operación, llegando a intervenir el factor antropogénico que llega a alterar la esencia del proyecto, siendo relevante el promover alternativas de participación multisectorial que aporten en la preservación de proyectos ejecutados, más aun considerando escenarios de disponibilidad y distribución de recursos cada vez más escasos en el planeta, como es el caso del recurso hídrico.

En dicha perspectiva, en la presente investigación se propone realzar al escenario de evaluación de las condiciones hídricas asumiendo como indicador a la calidad del agua, la cual mantiene una limitación al ser solo comparada considerando parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental, de modo que fue complementada con la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE), propuesta por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), de modo que se integre adecuadamente a dicho indicador (calidad), derivado de la intervención antrópica, con perspectivas de seguridad hídrica para el contexto local de estudio, distrito de Carhuamayo, contemplando ideales de adaptación frente al cambio climático y sostenibilidad, además de identificar potenciales escenarios de mejora asociada al cotejo de factores que limitan el alcance de una calidad de agua ideal.

A partir de ello, se expone cada capítulo abordado mediante la investigación:

En el primer capítulo de la investigación se expone al planteamiento del problema de manera concisa, derivando de aquello la formulación del problema, así como los objetivos e hipótesis, siendo complementados con la justificación práctica, metodológica y científica, y la importancia de estudiar a las variables debidamente operacionalizadas.

En el segundo capítulo se expone al marco teórico, compuesto por los antecedentes de la investigación, que recolecta información de artículos científicos y tesis publicadas, así como se expone a la base teórica y metodológica (enfaticando en el cálculo del Índice de Calidad de Agua y su empleo como indicador hídrico), complementada en su entender por la definición de términos.

En el tercer capítulo se detalla la metodología de la investigación empleada, denotando al método científico de corte inductivo y de precisión de obtención de información mediante la observación, en torno al nivel correlacional, tipo aplicado y de diseño no experimental, transversal y causal. La población de estudio estuvo compuesta por el recurso hídrico del contexto local, asumiendo a tres muestras como las representativas y sujetas a muestreo y evaluación de su calidad para los parámetros: pH, Tº, CE, cloruros, sulfatos, cloro residual, SDT, DBO₅ y coliformes termotolerantes; a partir de ello se alcanzó a determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) y alcanzar los objetivos de estudio en forma de aporte científico de la investigación.

En el capítulo IV se exponen los resultados del estudio, alcanzando en un primero momento a observar que se alcanzó una calificación ICA-PE Excelente para el año 2019, mientras que el año 2021 pasó a ser Buena, consecuente a que la concentración del DBO₅ se mantuvo como excedente respecto del valor propuesto por el ECA agua Cat. 1 A1, en específico para el punto de muestreo ubicado en la captación de agua, así como el parámetro coliformes termotolerantes excede lo normado en el punto de evaluación aguas abajo, evidenciando así escenarios de mejora y de necesidad de intervención. Para la validación de las hipótesis se empleó la prueba paramétrica de correlación de Pearson y t de student, validadas tras determinar la distribución normal de los datos mediante la prueba Shapiro-Wilk.

Finalmente, se concluye que existe una relación positiva y significativa ($r = 0.903$) entre los factores de evaluación de las condiciones hídricas, sujetas a los procesos de captación, reserva y distribución del agua, con la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas) (1) el agua es un elemento único en el ambiente. Es necesariamente considerada como la sustancia más abundante que existe en la tierra, además de ser el principal constituyente de todos los seres vivos, lo cual la evidencia como factor clave en la climatización del planeta para la existencia humana, además de que contribuye en la formación de paisajes e influye en el progreso de los pueblos. Asimismo, es un bien esencial para la vida y el desarrollo económico social de las naciones, sin embargo, cada vez son más frecuentes los problemas y conflictos por el agua, donde el cambio y la variabilidad climática afecta por el avance de la tecnología de fuente antropogénica y donde las estrategias de manejo tienden por ser inadecuadas por la falta de capacidad técnica, la prevalencia de un enfoque sectorial y/o el disciplinar y la debilidad en los esquemas de gobernanza, trayendo como consecuencia la carencia de agua y saneamiento, agua contaminada, enfermedades de origen hídrico, sequías, deslaves, inundaciones, etc.

Así también, la fuente mencionada hace referencia a que la clave para hacer frente a dichas situaciones y garantizar condiciones hídricas que

favorezcan a la sostenibilidad en la sociedad, pasa por tomar conciencia de las responsabilidades individuales frente al agua, lo cual conlleva a cambiar la manera de ver a la sociedad y sus participantes como simples usuarios y observadores que actúan como receptores de las decisiones, para asumirlos como actores en el gobierno de las problemáticas hídricas (1).

A nivel nacional, en los últimos años se han desarrollado actividades como foros que asocian a la seguridad de las condiciones hídricas con la calidad del agua, como es el caso de lo desarrollado el 14 de marzo del 2019 en Apurímac (2), donde la Autoridad Nacional del Agua (ANA) resaltó las acciones, estrategias y compromisos partiendo de la conservación de fuentes hídricas y de los ecosistemas, la reutilización de las aguas residuales, el mantenimiento de las infraestructuras de riego, así como el ordenamiento y distribución del agua utilizando técnicas de riego para uso agrícola, asociado a temas de “Mitigación de riesgos hidrológicos y normatividad de la calidad del agua”, e “Infraestructura (natural) para la seguridad hídrica”, de modo que se observa una necesidad local de asociar a dicho concepto de seguridad de las condiciones hídricas en entornos donde se han ejecutados iniciativas (proyectos) que se hayan orientado a garantizar el acceso al agua, pero también considerando un escenario de calidad ideal de dicho recurso, de modo que se puedan obtener aportes sobre dicha relación y establecer indicadores que se asocien con el alcance de objetivos planteados y orientados en la adaptación frente al cambio climático.

1.1.2. Formulación del problema

A) Problema general:

¿Cuál es la relación entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021?

B) Problemas específicos:

- ¿Qué condiciones hídricas influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021?
- ¿Cuál es el índice de calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las condiciones hídricas que influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.
- Estimar el índice de calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

La presente investigación se justifica por considerar a un recurso vital para el desarrollo de la vida en el planeta: el agua, más aun considerando su vital importancia para la ejecución de actividades socioeconómicas propias de la realidad de las poblaciones asentadas en la sierra del Perú, donde también las consecuencias del cambio climático se hacen cada vez más notorias respecto de la disponibilidad del agua, y no solo su alcance, sino también la consideración del acceso a un recurso de calidad que evidencie propiamente al goce de entornos de calidad de vida, es decir, el aporte de la tesis se enfoca en alcanzar resultados que permitan evidenciar la

necesidad del desarrollo y ejecución de iniciativas que se orienten en el salvaguardo de la mencionada calidad de vida de la población, asociadas a la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE), en un contexto de toma de decisiones de modo que se intensifique la toma de conciencia por la preservación de recursos naturales (hídrico).

1.3.2. Justificación metodológica y científica

Para determinar la repercusión de evaluar la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo en las condiciones hídricas, se empleó la metodología de determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE), la cual es aplicada a los cuerpos de aguas continentales superficiales según la Autoridad Nacional del Agua (3), de modo que la perspectiva de alcance de un aporte científico se haya orientado a la valorización de la calidad de los recursos hídricos y su importancia para asegurar condiciones hídricas de calidad, en función también de la operación en óptimas condiciones de los proyectos que se desarrollaron en su momento en favor de la preservación y uso de los recursos hídricos superficiales.

1.3.3. Importancia

La investigación refleja su importancia por determinar la relación de la calidad del agua, necesaria para garantizar la calidad de vida de la población y entornos productivos óptimos, con las condiciones hídricas asociadas al uso del agua como fin poblacional y productivo, asumiendo también condiciones de distribución del recurso, de modo que se puedan obtener resultados orientados en la evaluación de la capacidad de adaptación frente al cambio climático en la zona de estudio.

La determinación específica del Índice de Calidad de Agua (ICA) en el medio de estudio también refleja un alcance puntual de la investigación, de modo que sirva como línea base para garantizar escenarios posteriores de estudio donde se evidencien otros factores que incidan en la calidad y disponibilidad de agua.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

H_1 : Existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.

1.4.2. Hipótesis nula

H_0 : No existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.

1.4.3. Hipótesis específicas

- Las condiciones hídricas que influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021 son el uso del agua (poblacional y productivo), las condiciones de operación de captación, reservorio y distribución del recurso hídrico, así como se asocian con la falta de cultura y conciencia ambiental de los pobladores, al propiamente disponer sus residuos sólidos y líquidos directamente al curso del agua sin tratamiento previo, además de considerar el uso de pesticidas y fertilizantes en sus procesos productivos.
- El índice de calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021 es regular (ICA - PE: 45 - 74).

1.4.4. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Descripción y operacionalización de las variables.

Variable	Tipo	Concepto	Categorías/ dimensiones	Indicadores	Ítem
Evaluación de las condiciones hídricas	Independiente	Se asocia con el análisis del recurso hídrico (recurso natural que satisface necesidades y/o demandas), para el caso superficial y continental, es decir, del agua respecto de su estado en términos de calidad.	Condiciones hídricas Factores que influyen en la calidad del agua.	Disponibilidad de agua Captación. Reserva. Tratamiento. Distribución. Escenarios de seguimiento y control Conocimiento sobre el uso del agua	Revisión histórica documental
Calidad de agua	Dependiente	Abarca a las características físicas, químicas y biológicas que describen una condición ideal de uso del recurso hídrico respecto del aseguramiento de la calidad de vida de la población y equilibrio del ambiente.	Parámetros de la calidad de agua. Índice de Calidad de Agua (ICA).	Parámetros físicos Parámetros químicos Parámetro biológico Calificación ICA - PE	pH T° CE Cloruros Sulfatos Cloro residual TSD DBO ₅ Colif.* Excelente Bueno Regular Malo Pésimo

Fuente: elaboración propia.

*Nota: Colif.: coliformes termotolerantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado: “Análisis comparativo de Índices de Calidad de Agua aplicados al río Ranchería, La Guajira - Colombia”, se tuvo como objetivo verificar qué tan consistentes son los Índices de Calidad Ambiental (ICA en adelante) utilizados, apoyar su entendimiento para optimizar su uso y eventualmente detectar la necesidad de diseñarlos de acuerdo al contexto. En sus resultados se muestra a los usos de agua: consumo humano, agrícola y recreativo, los cuales reflejaron valores de 2-buena, 3-aceptable y 2-buena respectivamente considerando la escala de evaluación NSF (National Sanitation Foundation - EUA), ICAUCA (local) y Dinius (Dinius - EUA), mostrándose como resultados el valor y criterio de clasificación promedio. Dichas escalas de evaluación son aplicadas para la evaluación del agua destinada al consumo humano, uso agrícola y recreativo y para actividades de pesca y vida acuática. Concluyen que los ICAs, al manejar diversos criterios, generan una incertidumbre al obtener valores promedios, pero si se emplea uno en específico genera un aporte en la planificación y manejo adecuado del recurso hídrico. El recurso hídrico que refleja un índice inadecuado o bajo (cuantitativamente) no

debería usarse directamente sin tratamiento previo, así como requiere de procesos de potabilización si es destinado al consumo humano (4).

En el artículo científico titulado: “Índices de calidad de cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos” en el cual se tuvo como objetivo revisar las metodologías relevantes de los índices de calidad del agua para la toma de decisiones y por ende la implementación de políticas públicas para la preservación y conservación de los recursos hídricos. El estudio fue de corte exploratorio, aplicado y retrospectivo, empleando dos categorías de evaluación: indicadores en la fuente (discreto) e indicadores en puntos diferentes a la fuente (difuso). Consideran que los ICAs proporcionan información importante sobre el estado del recurso hídrico para la toma de decisiones de la autoridad ambiental y permiten evidenciar una evaluación de la variación espaciotemporal de la calidad de agua, con la limitación de que no se pueden evaluar la totalidad de riesgos o niveles de contaminación del agua, aplicándose de forma específica considerando las condiciones ambientales de cada contexto. Concluyen que el análisis discreto y difuso, es decir, en el origen del agua y aguas abajo tras su empleo (contribuyente natural) aporta en la planificación de las cuencas hidrográficas en materia de calidad, generando así políticas ambientales orientadas en el desarrollo sustentable, sin embargo, es necesario adaptar cada método de ICA en función del ecosistema a evaluar para determinar una valoración de la calidad del agua específico (5).

En el artículo científico titulado “La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008 - 2012”, se planteó como objetivo analizar la calidad del agua destinada para el consumo humano y su relación con la morbimortalidad en el contexto mencionado. Mencionan que se emplearon datos históricos de las principales características indicadoras de calidad de agua: coliformes totales, *E. coli*, turbidez, color, pH y cloro residual libre, así como el índice del riesgo de la calidad del agua. Como resultados consideran que el agua no se ajustaba a lo normado para el recurso destinado al uso humano, principalmente por la presencia de *E. coli* y la ausencia de cloro residual libre, especialmente dicho contexto se dio en las zonas rurales,

evidenciando una mayor relación con la mortalidad infantil. Concluyen que es esencial fortalecer los programas de vigilancia en salud ambiental, para orientar las acciones de mejoramiento de la calidad de agua e influir positivamente en la salud. La determinación de bajos índices de calidad de agua se asocia con la falta de la práctica de políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua, lo cual se evidencia hasta como inexistente en zonas rurales (6).

En el artículo científico titulado: “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad de agua (ICA). Caso de estudio: cuenca del río Guarapiche, Monagas, Venezuela”, se planteó como objetivo evaluar el índice de calidad de agua (ICA) en el río Guarapiche, considerando el método del índice aritmético ponderado, considerando los siguientes parámetros de la calidad de agua: temperatura, pH, dureza, conductividad eléctrica, nitrato, nitritos, sulfato, cloruros, oxígeno disuelto, Fe, Mn, Ni, K y coliformes. Llega a los resultados que las actividades antropogénicas impactan y se asocian con altas concentraciones de Mn, NO₃, NO₂ y coliformes. Concluye finalmente que los parámetros físicos estudiados se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa vigente, mientras que algunos de los cationes analizados (Fe, Mn, Na y K) y el Fe y Mn sobrepasaron los estándares en ciertos puntos de monitoreo donde se da la presencia de actividades humanas cercanamente, de modo que las aguas del río Guarapiche en el área de cuenca media y baja requieren algún tratamiento previo antes de ser empleadas para fines de consumo (7).

En el artículo científico titulado: “Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo”, se planteó el objetivo evaluar la potabilidad del agua para consumo humano en la comunidad de San Valentín, ubicada en el sector de Ancón Bajo II, en el municipio venezolano de Maracaibo. Mencionan que tomaron muestras en marco del diagnóstico participativo comunitario, donde las fuentes de muestreo fueron la totalidad de abastecimiento: cisternas independientes, tuberías de aducción, botellones plásticos, pozos construidos de manera artesanal y drenajes naturales; se consideró el análisis de las propiedades físicas, organolépticas y químicas del agua,

mientras que se obtuvieron datos históricos del análisis biológico (bacteriológico) el mismo que excede significativamente los valores establecidos por la normativa vigente, identificando también la presencia de microorganismos heterótrofos aeróbicos y coliformes totales. Concluyen finalmente que las principales fuentes de contaminación que afectan la calidad de las aguas de consumo humano en el sector de estudio se asocian con la presencia de actividades agropecuarias y procesos naturales. El análisis de la calidad de agua proveniente de las tuberías de aducción requiere de alternativas de tratamiento convencional para garantizar su potabilidad, mientras que las aguas de pozos requieren de ser desalinizadas, de modo que se demuestra una calidad de agua baja o inadecuada, mucha más teniendo en cuenta factores como el de consumo humano, generando así escenarios de riesgo asociado a las condiciones hídricas influenciadas por factores antropogénicos (8).

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada: “Gestión del agua en valles interandinos: análisis del recurso hídrico a partir de la disponibilidad y calidad de agua para el desarrollo rural sostenible de distrito de Lares, Cusco”, se planteó como objetivo: “identificar la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Lares para evaluar la atención de los requerimientos hídricos de las actividades económicas y de la seguridad alimentaria”, llegando a las siguientes conclusiones (9):

- Se identificó que los planes y proyectos que se han desarrollado hasta la actualidad en Lares no han logrado desarrollar oportunamente las potencialidades de los recursos naturales que dispone el distrito de Lares; ya que, no son utilizados ni valorizados sosteniblemente.
- La zona de estudio presenta un déficit de infraestructuras y equipamientos que permitan canalizar las fuerzas y recursos edáficos, hidrográficos y climáticos.
- Es necesario desarrollar actividades de educación ambiental sobre el cuidado y preservación del recurso hídrico por todos los bienes y servicios que nos provee.

- Es necesario que se implemente un instrumento de gestión del recurso hídrico que permita potenciar los servicios ecosistémicos que se derivan de este bien, ya que el elemento del agua provee de servicios de base, de regulación climática, atmosférica y edáfica, servicios culturales y recreacionales como las aguas termales de Lares, entre otros.

En la tesis titulada: “Monitoreo de la calidad de agua en el Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos de Moyobamba (2006 - 2014)”, se planteó como objetivo general: “monitorear el comportamiento de los indicadores de calidad de agua del mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos de Moyobamba, períodos 2006 - 2014”, en la que se llegó a las siguientes conclusiones (10):

- Respecto del pH, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los valores mensuales promedio, con lo cual se verificó el cumplimiento de la normativa.
- Respecto de los coliformes fecales, mostraron un comportamiento positivo durante el periodo de estudio, así como en relación a la concentración de los insumos químicos empleados para la remoción de la turbidez del agua.
- Se observó que la precipitación no tuvo influencia sobre los indicadores pH del agua y coliformes fecales. En cuanto al indicador insumos químicos, la precipitación influyó moderadamente su comportamiento.

En la tesis titulada: “Adaptación al cambio climático de la gestión hídrica para el sector riego en la Tercera Sección del Río Maipo”, en el que se planteó como objetivo: “analizar los desafíos de la adaptación en el marco de la gestión hídrica frente al cambio climático, usando como caso de estudio el sector agricultura de riego en la tercera sección de la cuenca del río Maipo”, llegando a las siguientes conclusiones (11):

- Es necesario crear herramientas de capacitación y sensibilización a los impactos de cambio climático para usuarios y funcionarios públicos, además de mejorar canales de información meteorológica,

de recomendación de cultivos por temporada y de programas de apoyo estatal.

- Para garantizar la calidad de agua, asociada con el análisis de las condiciones hídricas, se deben establecer mejoras en las labores de vigilancia, control y resolución de conflictos, y en los instrumentos para enfrentar eventos extremos como sequías, además de elaborar planes para mejoramiento de la infraestructura.
- Contemplar una elección adecuada de la normativa a comparar respecto de la calidad de los recursos hídricos, de modo que aporte en la seguridad hídrica como indicadores de desempeño y toma de decisiones.

En la tesis titulada: “Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón”, se planteó el objetivo de: “formular una propuesta que brinde alternativas tendientes a mejorar la situación actual del agua para consumo humano y su calidad, en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, usando un enfoque participativo”, llegando a las siguientes conclusiones (12):

- Los factores que influyen en la calidad del agua pueden ser naturales y geológicas, tal como la presencia de Mn en el suelo, hasta acciones antropogénicas, entre estas la escasa planificación urbana (ubicación pozo-letrina), además de una pobre inversión en infraestructura de fuentes, pocas medidas de higiene, etc.
- Las concentraciones de Mn presente en las muestras de agua de lluvia analizadas apuntan a una contaminación debida al uso de plaguicidas en las áreas aledañas.
- El agua de los pozos se encuentra contaminada por coliformes fecales y, en algunos casos, por concentraciones de plaguicidas que son detectables, por tanto, no es apta para su consumo humano.
- La utilización de un enfoque participativo logró que investigadores y miembros de la comunidad establecieran un lazo más allá del intercambio de conocimientos mutuo.

En la tesis titulada: “Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín”, se planteó como objetivo: “determinar los factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín”, llegando a las siguientes conclusiones (13):

- Las características físicas y químicas del agua del manantial de Molinopampa dependen de las características geohidrológicas, las cuales otorgan valores bajos en sus parámetros.
- Las características bacteriológicas se deben a actividades antrópicas como la ganadería y la instalación de letrinas, de modo que dichos parámetros constantemente sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.
- El Índice de Calidad de Agua (ICA) para la fuente de análisis representó valores de 62.81 y 77.71, considerados como regular y bueno.

En la tesis titulada: “Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017”, se planteó el objetivo de: “evaluar la calidad de agua para consumo humano en la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017”, llegando a las siguientes conclusiones (14):

- La calidad de agua para consumo humano en el sector de estudio es deficiente, representado por el hecho de no garantizar una contribución adecuada en términos de consumo, además de no considerar algún tratamiento alguno en el proceso de distribución.
- Los parámetros que exceden los límites permisibles vigentes son los coliformes fecales y totales, ya sea en la captación de agua, así como en el reservorio y las piletas domiciliarias; los parámetros físicos y químicos no exceden los límites permisibles, por lo cual el agua abastecida en el lugar de estudio no es apta para el consumo humano.

En la tesis titulada: “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 Simón Bolívar, provincia y región Pasco - 2018”, se planteó el objetivo de: “determinar la calidad de agua para consumo humano y la percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas”, llegando a las siguientes conclusiones (15):

- Las captaciones del manantial principal, así como las cajas de reunión, no se encuentran en condiciones óptimas, además no se cuenta con algún tratamiento para que el agua sea apta para el consumo humano.
- Los parámetros físicos y químicos se encuentran dentro de los parámetros de calidad de agua, considerando que en la zona se dan actividades de pastoreo.
- Las aguas no son aptas para el consumo humano debido a la presencia de coliformes totales y fecales, superando los valores límites establecidos de calidad de agua.
- La percepción de la población es de satisfacción, ignorando el riesgo latente a sufrir enfermedades a consecuencia de la inexistente regulación de la calidad de agua en la zona de estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

- Recurso hídrico:

La principal característica de los recursos hídricos se asocia con estar desigualmente repartidos tanto espacial como temporalmente (considerando escalas estacionales e interanuales). Dicho escenario sostiene la existencia de cuencas y áreas geográficas con carencias de agua principalmente debido tanto a su escasez física como a la inexistencia de infraestructuras suficientes que viabilicen la satisfacción de las demandas hídricas (16). En el planeta existe un volumen total de agua de 1 385.98 millones de km³, de la que su mayor proporción (97.5 %) es salada y sólo una pequeña parte (0.01 %

equivalente a 104 590 km³) es susceptible de ser usada directamente por el ser humano para satisfacer sus necesidades vitales y su actividad productiva, así como para las actividades asociadas con los ecosistemas que dependen de ella (16).

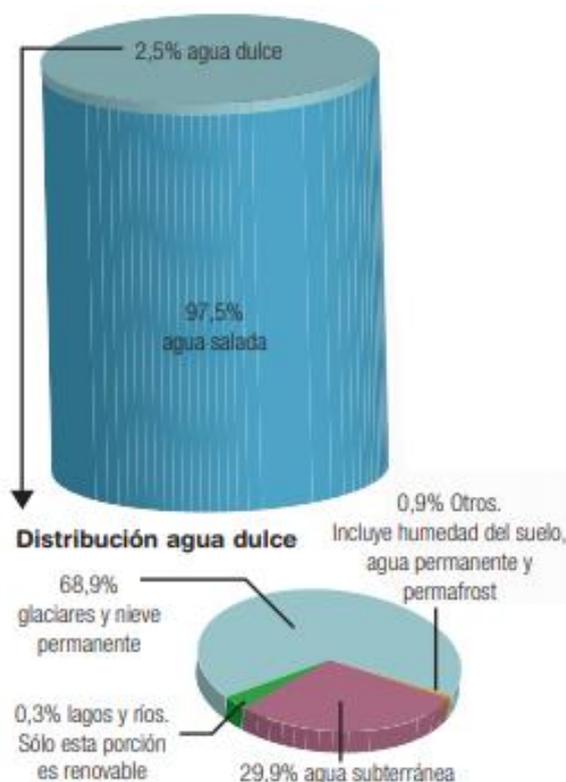


Figura 1. Disponibilidad y distribución de agua dulce global.

Fuente: Marín (16).

La escorrentía superficial, es decir, el agua que discurre por los ríos y está embalsada en los lagos (natural o artificial), se estima en un volumen total de 42 784 km³/año, la cual es considerada como renovable al ser el resultado de los fenómenos de precipitación, evaporación, infiltración, colmatación y escurrimiento que anualmente se producen en el contexto del ciclo hidrológico natural (15). América del Sur es la región que cuenta con una mayor disponibilidad de recursos por unidad de territorio, debido, fundamentalmente, a los asociados al Amazonas, Orinoco y Paraná. Excepto África, que tiene una disponibilidad por kilómetro cuadrado anual que es la quinta parte de la de América del Sur (16).

Como usos propiamente del recurso hídrico, se menciona que son múltiples, cada uno con características diferentes y con distintas prioridades en su satisfacción. La fuente citada también considera que es necesario garantizar una gestión de los recursos que tenga en cuenta consideraciones éticas, por lo que entran en juego diferentes valores, derechos y prioridades, principalmente por el crecimiento exponencial de la población mundial, de modo que se garantice la mejora del nivel de vida, el incremento de la actividad industrial y la expansión no menos notoria de la agricultura de regadío, los cuales han supuesto que las demandas de agua se hayan multiplicado y siguen en ascenso. Este incremento está asociado a los usos agrícolas especialmente en países en desarrollo (16).

El incremento de la demanda del recurso hídrico evidencia un escenario en el que un tercio de la población mundial habita actualmente en países que padecen niveles entre moderados y altos de estrés hídrico, que se produce cuando la demanda de agua es mayor que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. Este hecho es especialmente preocupante en África y Asia occidental, donde la escasez del agua supone una limitación para el desarrollo humano, industrial y socioeconómico (16).



Figura 2. Principales fenómenos que intervienen en el ciclo hidrológico.

Fuente: Díaz *et al.* (17).

Según Díaz *et al.* (17), el agua como fuente de vida y en el desempeño de sus funciones ecosistémicas: sociales, ambientales, económicas y culturales, condiciona el desarrollo de una región, pues la concentración urbana y el incremento de la superficie de riego para la producción de alimentos y la creciente contaminación someten a los recursos hídricos a una fuerte presión que, en los últimos años, no es posible soportar, originando así escenarios de crisis.



Figura 3. Elementos que integran el ciclo hidrológico.

Fuente: Díaz *et al.* (17).

En el Perú, el agua dista de ser un recurso escaso, sin embargo, tiende por no estar disponible de forma natural en el espacio y tiempo que se la necesita. El crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la creciente preocupación por la salud de los ecosistemas producen demandas siempre mayores cuya satisfacción es cada vez más compleja. El empleo intensivo de recursos hídricos afecta gravemente a la propia calidad del agua y a su entorno ambiental, y pone en peligro la continuidad del desarrollo de las actividades que se sustentan en el agua y garantizan su disponibilidad (18).

Tabla 2. Política y Estrategia Nacional de recursos hídricos (gestión de la cantidad y calidad del agua).

Política Nacional del Agua		Estrategias asociadas
1	Gestión de la cantidad	Evaluar la oferta, disponibilidad y demanda (r. hídricos).
		Conservar la oferta de los recursos hídricos.
		Fomentar el uso eficiente y sostenible del agua.
2	Gestión de la calidad	Fortalecer las acciones sectoriales y multisectoriales en materia de gestión de la calidad de agua.

Mantener o mejorar la calidad del agua en las fuentes naturales continentales y marítimas y en sus bienes asociados.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (18).

- Condiciones hídricas y uso del agua:

Se entiende por uso del agua las distintas clases de utilización del recurso hídrico según su destino; dicho concepto se asocia también con la demanda del recurso, que engloba al volumen de agua requerido para uno o varios usos (18). Se reconocen las siguientes clases de uso de agua, cuyo orden refleja la prioridad para el otorgamiento y el ejercicio de ellos (18):

- ✓ Uso primario.
- ✓ Uso poblacional.
- ✓ Uso productivo.

El uso primario consiste en la utilización directa y efectiva del agua en las fuentes naturales y cauces públicos, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias como la preparación de alimentos, el consumo directo, el aseo personal, así como para las ceremonias culturales, religiosas y rituales (18). El uso poblacional consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal. Este uso se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (18). El uso productivo consiste en su utilización en procesos de producción o previos a ellos. Al igual que el uso poblacional, se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Los tipos de uso productivo son los siguientes (18):

- Agrario: pecuario y agrícola.
- Acuícola y pesquero.
- Energético.

- Industrial.
- Medicinal.
- Minero.
- Recreativo y turístico.
- De transporte.

El orden de preferencia para el otorgamiento de agua para usos productivos es el siguiente (18):

1. Agrario, acuícola y pesquero.
2. Energético, industrial, medicinal y minero.
3. Recreativo, turístico y de transporte.
4. Otros usos.

La demanda de agua total estimada para todo el Perú es de 49 717.97 hm³/año, de los que 26 080.71 hm³/año (52 %) corresponden a usos consuntivos y 23 637.26 hm³/año (48 %) a usos no consuntivos (18). Para la demanda poblacional se ha tenido en cuenta el volumen de agua que sería necesario para abastecer a la población total del país. Para la demanda agrícola se ha considerado toda la superficie de riego que se ha podido identificar en cada una de las unidades hidrográficas o Autoridades Locales del Agua (ALA) correspondientes. Esto incluye no solo la superficie agrícola del valle, sino también la de la parte media y alta de la cuenca. Sobre esta superficie se ha aplicado una dotación bruta de riego real cuando ésta ha estado disponible en función de los estudios existentes (18).

Tabla 3. *Demanda de agua por sector beneficiado.*

Demanda de abastecimiento	Demanda agrícola	Demanda energética
2 320 hm ³ /año (30 millones de habitantes).	23 166 hm ³ /año (1.64 millones de hectáreas).	22 783 hm ³ /año (96 % no consuntivo).

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (18).

- Calidad de agua:

Aunque el agua superficial disponible en el Perú es relativamente abundante, su calidad es crítica en algunas regiones del país. Este deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas más graves que sufre el país, pues constituye un impedimento para lograr un uso eficiente del recurso, lo que compromete el abastecimiento tanto en calidad como en cantidad, la salud de las personas y la del ganado, la producción agrícola y la conservación del medio ambiente, de modo que su corrección es tarea ineludible e inaplazable (18).

Las causas principales de esta deficiente calidad del agua son la falta de tratamiento de las aguas servidas, la contaminación industrial, el uso indiscriminado de agroquímicos y el deterioro de las cuencas hidrográficas. La contaminación industrial más significativa proviene de la minería informal y del sector de hidrocarburos. Es importante considerar que la calidad del agua puede tener diferentes rangos de concentración de contaminantes, en función del uso al que esté destinado (el más limitante es el uso poblacional) (18).

Tabla 4. *Fuentes de contaminación de los recursos hídricos.*

Fuente de contaminación	Escenario de contaminación
Aguas residuos domésticas	Contaminan las aguas al elevar las concentraciones de nutrientes, especialmente el fósforo, y añaden materia orgánica y microorganismos que limitan el uso de esta agua para consumo, riego y bebida de animales.
Vertimientos industriales extractivos informales	Minería polimetálica y la extracción de petróleo, así como extracción de recursos áridos (no metálicos).
Agroquímicos	Empleo de pesticidas y fertilizantes, lo que provoca la contaminación de los ríos y aguas subterráneas con nutrientes y elementos tóxicos que además suelen ser bioacumulativos.
Cultivo y procesamiento de coca	Uso abusivo de biocidas como el glifoxato y fertilizantes para su cultivo que, a través de la escorrentía superficial, llegan a los cauces naturales.
Deforestación	La deforestación produce una contaminación en los ríos por la mayor cantidad de sólidos y otros contaminantes normalmente retenidos en el suelo que son arrastrados al agua.

Sobrepastoreo	Provoca una contaminación orgánica y microbiológica (producto del excremento del ganado) que limita el uso de esta agua principalmente para consumo y para riego de vegetales y bebida de animales.
---------------	---

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (18).

Para determinar si existen escenarios de contaminación, por el excedente de las concentraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos, se tiene normado al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (19), la cual establece categorías en función de los cuerpos de agua sujetos a escenarios de contaminación:

- Categoría 1: Poblacional y recreacional.
 - ✓ 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.
 - ✓ Aguas superficiales destinadas a la recreación.
 - B1: Contacto primario.
 - B2: Contacto secundario.
- Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales:
 - ✓ C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados.
 - ✓ C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.
 - ✓ C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento.
 - ✓ C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales:
 - ✓ D1: Riego de vegetales.

- Agua para riego no restringido.
- Agua para riego restringido.
- ✓ Bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático:
 - ✓ E1: Lagunas y lagos.
 - ✓ E2: Ríos (costa y sierra, selva).
 - ✓ E3: Ecosistemas costeros y marinos (estuarios, marinos).

2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

- Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE):

La Autoridad Nacional del Agua (3) realizó la metodología para la determinación del Índice de Calidad del Agua, denominado como ICA-PE, la cual es aplicada a los cuerpos de agua continentales superficiales, evidenciando ser una herramienta que se orienta en representar el estado de calidad del agua de una forma comprensible y resumida. A nivel nacional, la evaluación de la calidad del agua se realiza en perspectivas de comparación de resultados de concentraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos, en correspondencia a la categoría del cuerpo de agua superficial sujeto a evaluación, determinando el cumplimiento o incumplimiento en términos de no rebasar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, precisando únicamente parámetros críticos, limitándose en aquello y reflejando ambigüedad (3).

Dicho escenario limitado es complementado por los índices de calidad, en término de empleo de las matemáticas como herramientas de toma de decisiones y la simplificación en los procesos de comunicación de los resultados de la medición; mientras la evaluación con los índices de calidad de agua es posible precisar o establecer el nivel de calidad de los recursos hídricos, es decir, si éstos son de una calidad excelente, buena, regular, mala o pésima (3). Para emplear la metodología del ICA-PE, el procedimiento es el siguiente (3):

a. Criterios de selección de datos de calidad de agua:

- Descripción de los parámetros de calidad de agua.
 - Sólidos en suspensión y disueltos.
 - Materia orgánica biodegradable (DBO, DQO).
 - Patógenos (coliformes termotolerantes).
 - Nutrientes (N, P).
 - Materia orgánica refractaria (pesticidas).
 - Metales pesados.
 - Sólidos inorgánicos disueltos.
 - Sólidos sedimentables.
 - Energía radiactiva.
 - Energía térmica.

- Parámetros establecidos por la normativa ambiental (ECA):
 - Oxígeno disuelto (aporte de oxígeno a la atmósfera, actividad biológica en el agua; de importancia para determinar escenarios de resiliencia).
 - DBO₅: (aporte de la materia orgánica, oxidación natural de degradación).
 - Coliformes termotolerantes (fecales): derivados de la presencia de aguas servidas, así como de la disposición inadecuada de residuos sólidos.
 - Metales tóxicos: Ar, Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Al.
 - pH: equilibrio dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato.
 - Sólidos suspendidos totales: condicionados por los regímenes de caudal y estacionalidad, afectado por la precipitación (asociado a la turbidez y color del agua).
 - Fósforo: como nutriente que favorece a la eutrofización derivada de procesos productivos (actividad agrícola) y doméstica.
 - Nitrógeno total: como nutriente que favorece a la eutrofización.
 - Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP): compuesto muy insoluble y tóxico.

b. Descripción del método para determinar el ICA-PE:

- Definición de la zona de estudio (determinar la vertiente hidrográfica, el río principal o similar, las actividades productivas y/o poblaciones presentes).
- Información base necesaria (datos de monitoreo ambiental - calidad de agua, puntos de monitoreo de agua).
- Cálculo del ICA-PE:
 - o F1 - Alcance: representa la cantidad de parámetros de calidad que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua vigente, respecto del total de parámetros.

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros que no cumplen con el ECA agua}}{\# \text{ total de parámetros a evaluar}}$$

- o F2 - Frecuencia: representa a la cantidad de datos que no cumplen con el ECA agua respecto del total de datos de los parámetros a evaluar (en función de la cantidad de monitoreos realizados).

$$F2 = \frac{\# \text{ de datos eval. que no cumplen con el ECA agua}}{\# \text{ total de datos evaluados}}$$

- o F3 - Amplitud: que se considera como la medida de desviación que existe en los datos, la cual es determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir, los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F3 = \frac{\text{suma normalizada de excedentes}}{\text{suma normalizada de excedentes} + 1} * 100$$

Donde:

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

- Escenario 1: se da cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor del ECA agua:

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

- Escenario 2: se da cuando el valor de la concentración del parámetro es menor que el valor del ECA agua.

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

- ICA-PE: es la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres factores: F1, F2 y F3.

$$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}}$$

ICA - PE	Calificación
90-100	Excelente
75-89	Bueno
45-74	Regular
30-44	Malo
0-29	Pésimo

Figura 4. Cuadro de interpretación de la calificación ICA-PE.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (3).

- c. Determinación del ICA-PE para un monitoreo en forma de referencia o de comprobación puntual:

Los escenarios de evaluación asociados al índice de calidad de agua (ICA-PE) se basan en las atribuciones de fiscalización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en marco del desarrollo de actividades de seguimiento y control y de participación ciudadana en monitoreos participativos sujetos a los Planes de Manejo Ambiental detallados en Instrumentos de Gestión Ambiental de proyectos de inversión. La validación de la evaluación ambiental asociada a la calidad del agua en forma puntual, o referencial, será factible mientras se tenga una sola delimitación espacial y temporal de una red de monitoreos de comprobación, o con fines de comparación versus un segundo momento de evaluación, donde es necesario considerar a los tres factores expuestos anteriormente para el cálculo del ICA-PE, constituyendo al escenario inicial como base para el desarrollo de actividades de seguimiento y control en un futuro que se orienten a verificar la operación adecuada de proyectos ya desarrollados.

- Relación con el régimen de caudal ecológico:

Considerado como un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, se tiene al caudal ecológico (CE) en ríos y humedales (20), el mismo que , que establece, y engloba para su evaluación, la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad. Así también, basa su ideal en conciliar la demanda económica, social y ambiental del agua, reconociendo también que los bienes y servicios de las cuencas hidrológicas dependen de procesos físicos, biológicos y sociales, es decir, se fundamenta en analizar escenarios de dependencia que se orienta en la adecuada toma de decisiones y establecimiento de objetivos de manejo adecuado (ver figura 5), donde, el desarrollo de actividades antropogénicas no llegue a alterar al ambiente, respecto de la presencia de agua, en un determinado contexto.

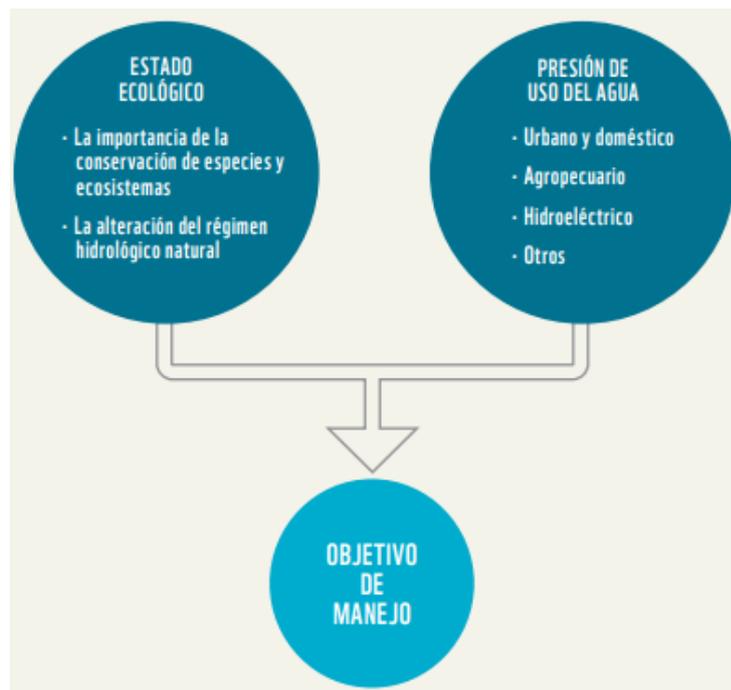


Figura 5. Diagrama que orienta hacia un objetivo de manejo al estado ecológico y los usos de agua.

Fuente: Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) (20).

El establecimiento de objetivos de manejo, orientados a la adecuada toma de decisiones permite el análisis de las necesidades ambientales y de los usuarios del agua, para conciliar sus demandas o requerimientos, de modo que se pueda orientar la discusión colectiva sobre el río que se pretende queremos conservar, así como la manera de hacerlo, encontrando un vínculo con el término calidad del recurso, derivado del potencial escenario de contaminación a causa del desarrollo de actividades antropogénicas (20). De forma complementaria, Samboni *et al.* (21) mencionan que en fuentes altamente contaminadas se deben dar restricciones de uso doméstico casi en un 100 %.

La valorización de evaluación de la calidad del agua, en marco de la calidad ambiental, constituye una herramienta que debería ser mayormente promovida, así como en hermanos países como Colombia, donde el Índice de Calidad de Agua (ICA) es considerando un indicador hídrico asociado a la intervención antrópica (ver figura 6), evidenciando de tal modo su importancia de aplicación con perspectivas de alcance de escenarios equilibrados entre el desarrollo de dichas actividades antropogénicas y el no impacto a los ecosistemas.

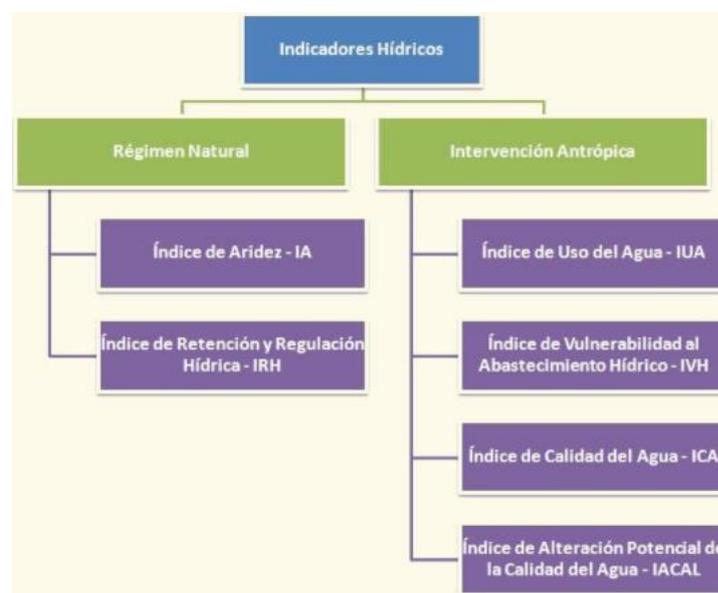


Figura 6. ICA como indicador hídrico asociado a la intervención antrópica.

Fuente: Portal IDEAM (22).

De igual manera, según el portal iAgua (23) la evaluación de las condiciones hídricas se asocian con la capacidad de una sociedad, para disponer de agua en cantidad y calidad aceptable para su supervivencia y la realización de diferentes actividades recreativas. Asegura la estabilidad económica de una sociedad tomando en cuenta los cambios climáticos y la contaminación ambiental producida por los seres humanos que afectan directamente al agua; de igual manera, a nivel nacional el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (24), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), considera que la evaluación de la calidad de agua, asociada con la determinación del índice de calidad de agua, impacta en el desarrollo económico, social y ambiental del país, así como en el desempeño en los servicios de agua, riesgos relacionados al mencionado recurso y la gestión del mismo. Además, considera que la base del aseguramiento de la calidad de agua se asocia con el capital natural del recurso hídrico, de modo que se considere como un valor de relevancia para la valoración de recursos naturales.

✓ Calidad de agua:

Para fines aplicativos, según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (25) el control de calidad del agua debe entenderse como un conjunto de actividades que incluye la planificación, programación y coordinación con los diversos sectores, con el objetivo de obtener agua de buena calidad y mantenerla en esas condiciones, de modo que su consumo no represente riesgo para la salud, dentro de los límites de la norma vigente. Además, considera que el control de la calidad del agua debe planificarse como parte de un enfoque sistémico que involucre actividades coordinadas de las áreas de operación, mantenimiento y control de calidad, a través de un programa de control de calidad del agua que tenga el doble propósito de verificar la calidad de ésta al término del tratamiento y de comprobar que mantiene sus características satisfactorias al final de su distribución.

La relevancia de este proceso es vital ya que a partir de los resultados del control se conocen las características del agua procesada y suministrada a la población y se establecen las acciones necesarias para mejorar la calidad de este elemento, teniendo en cuenta los estándares de calidad nacionales. Para comparar parámetros físicos, químicos y biológicos se tiene normado a nivel nacional a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, mediante el Decreto Supremo N° 004-2017 propuesto por el Ministerio del Ambiente (26).

2.3. Definición de términos

- Aguas continentales: son todas las aguas en la superficie del suelo y todas las aguas subterráneas situadas hacia tierra desde la línea que sirve de base para medir la anchura de las aguas territoriales (27).
- Aguas destinadas al consumo humano: son todas las aguas, ya sea en su estado original, ya sea después de tratamiento, para beber, cocinar, preparar alimentos u otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren a través de una red de distribución (27).
- Aguas residuales: se constituyen como las aguas vertidas después de ser utilizadas o producidas en un proceso, que contienen sustancias disueltas y/o en suspensión procedentes de ese proceso (27).
- Aguas residuales domésticas: son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios y generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas (27).
- Aguas superficiales: son las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales.
- Cadena de custodia: es el documento fundamental en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos que garantiza la autenticidad de las muestras tomadas en campo hasta su llegada a laboratorio (28).
- Caudal: es el volumen de agua que pasa por una sección determinada de un río, canal o tubería en una unidad de tiempo (28).

- Contaminación: es la introducción directa o indirecta, como consecuencia de la actividad humana, de sustancias o calor en la atmósfera, el agua o el suelo, que puedan ser perjudiciales para la salud humana o para la calidad de los ecosistemas acuáticos, o de los ecosistemas terrestres que dependen directamente de ecosistemas acuáticos, y que causen daños a los bienes materiales o deterioren o dificulten el disfrute y otros usos legítimos del medio ambiente (27).
- Cuenca hidrográfica: es la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta (27).
- Cuerpo receptor: es el cuerpo natural de agua continental o marino-costero que recibe el vertimiento de aguas residuales tratadas (28).
- Efluente: es el líquido o agua residual proveniente de actividades antropogénicas que pueden ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas (28).
- Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua): es el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no presentan un riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente (28).
- Eutrofización: involucra al aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno y/o fósforo, que provoca un crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta (27).
- Fertilizantes: son cualquier sustancia que contenga uno o varios compuestos nitrogenados y se aplique sobre el terreno para aumentar el crecimiento de la vegetación: comprende el estiércol, los desechos de piscifactorías y los lodos de depuradora (27).
- Fuente contaminante puntual: es la fuente única identificable y localizada de contaminación real o potencial de los recursos hídricos, como un vertimiento de aguas residuales domésticas, municipales, industriales y mineros o botaderos de residuos sólidos (27).
- Límite de detección: es el valor mínimo del parámetro deseado que puede detectarse tras la aplicación del método analítico utilizado en su determinación (27).

- Línea base: es la condición inicial de la calidad de los cuerpos de agua que puede ser utilizada como punto de referencia para priorizar acciones y para comparación con futuros diagnósticos (28).
- Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos: proceso que permite obtener la medición de la calidad de los cuerpos naturales del agua con el objetivo de realizar el seguimiento y control de la exposición de los contaminantes y su afectación a los diferentes usos de agua y a los ecosistemas acuáticos (28).
- Muestra: es la porción representativa, que se extrae de un medio a intervalos o de forma continua para determinar alguna característica (27).
- Muestreo: es la acción que consiste en extraer una porción considerada como representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características definidas (27).
- Parámetros: comprende a datos que se toman como necesarios para analizar o valorar el estado de las aguas según una normativa específica (27).
- Parámetros de calidad: son compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua (28).
- Protocolo de monitoreo: es el documento guía que contiene instrucciones y procedimientos establecidos para realizar un monitoreo; describe métodos estandarizados para minimizar errores debido a la medición, transporte y análisis de muestras (28).
- Punto de muestreo: es la posición precisa dentro de una zona de muestreo, desde la que se toman las muestras (27).
- Recurso hídrico: comprende al agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados con esta (28).
- Sedimento: es el compendio de detritos, partículas de carácter orgánico o inorgánico, depositados de forma eventual en el fondo de una masa de agua, formando una matriz de materiales que pueden ser relativamente heterogéneos en términos físicos, químicos o biológicos (27).
- Usos de agua: son las distintas clases de utilización del recurso, así como cualquier otra actividad que tenga repercusiones significativas en el estado de las aguas (27).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

a) Método general:

En marco del empleo del método científico, el método general o teórico de la investigación utilizado en el desarrollo de la investigación fue el método inductivo (29), donde se aborda al conocimiento desde una perspectiva particular para llegar a situaciones generales, como es el hecho de determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) con fines más allá de comparar únicamente resultados del monitoreo de calidad de agua, es decir, evaluar en su conjunto a éstos considerando su dinámica comparativa versus los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) con fines de establecer una relación en las condiciones hídricas, valorizando al método empleado (ICA-PE) con la finalidad de que se constituya cada vez más como una herramienta que permita observar y analizar adecuadamente el funcionamiento de proyectos de inversión ejecutados en su momento con perspectivas de aporte en la sociedad y de identificar potenciales oportunidades de mejora respecto de la preservación de los recursos hídricos.

b) Método específico:

El método específico, o empírico, empleado en la investigación fue el observacional, como ideal inicial del empleo del método científico (29). La observación parte de ver los fenómenos que se dan en la naturaleza, de modo que podamos cotejar ideales que permitan absolver inquietudes en marco del desarrollo del conocimiento, como es el caso del empleo del ICA-PE en marco de su aporte en el equilibrio de las condiciones hídricas en el distrito de Carhuamayo, de modo que se identifiquen oportunidades de mejora en la operación de proyectos ejecutados, así como se valore al método ICA-PE respecto de su empleo y difusión de información representativa.

3.1.2. Tipo de la investigación

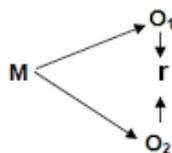
El tipo de investigación empleado fue el aplicado (29), en términos del empleo de la metodología ICA-PE para establecer así el valor de la calidad del agua como indicador hídrico asociado a la intervención antropogénica, que permita evaluar condiciones hídricas y detectar oportunidades de mejora, es decir, en perspectiva del tipo aplicado, pretender solucionar problemas inmediatos tras su abordaje mediante el método científico.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación empleado fue el correlacional (27) en marco de establecer la relación entre las variables de estudio, es decir, evaluar la repercusión (relación) de la calidad del agua en las condiciones hídricas e integrar dicho aporte en modo de evaluación de éstas, de modo que se fortalezca al ICA-PE como mecanismo de evaluación hídrica.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño empleado fue el no experimental (29), de corte transversal causal, debido a que no existió una manipulación de la esencia de las variables de estudio, limitándose a su observación en un momento determinado. El esquema del diseño de investigación fue el siguiente:



Donde:

- M = muestra.
- O1 = observación de la variable 1: calidad de agua.
- O2 = observación de la variable 2: condiciones hídricas.
- r = relación.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de la investigación fue el recurso hídrico que es empleado para fines de consumo poblacional y productivo (agrario) en el distrito de Carhuamayo (CPM Jorge Chávez Dartnell), respecto de que dicha fuente de análisis estuvo sujeta a la aplicación de la metodología ICA-PE (criterio de inclusión), con fines de potenciar su valor en marco de la evaluación de las condiciones hídricas e identificar oportunidades de mejora (aporte científico de la investigación).

3.3.2. Muestra

La muestra representativa de la investigación fue determinada no probabilísticamente de manera intencional (29), considerando como criterio de selección a puntos de muestreo de agua, ubicados en tres lugares clave del distrito: (i) Captación: CA-DO-01, (ii) Reservorio: CA-DO-02, y (iii) CP Jorge Chávez Dartnell (colegio/aguas abajo): CA-DO-03.

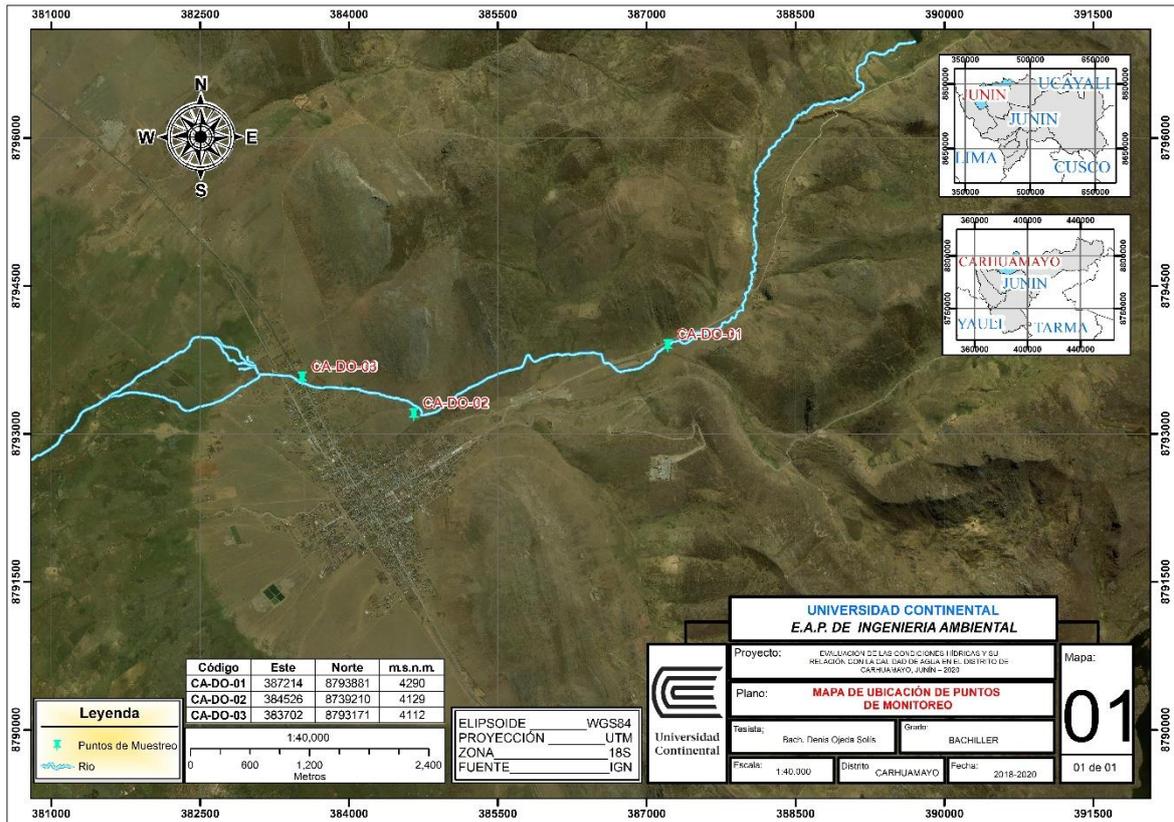


Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo de agua.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que fueron empleadas para la recolección de datos en la investigación fueron (29):

- La observación: en marco de establecer un medio por el cual se obtendrá información de primera mano acorde a la naturaleza de las actividades desarrolladas en el distrito de Carhuamayo, así como su repercusión en la calidad del agua; de igual manera, la utilidad de la observación directa y participante se observa como aporte para favorecer el empleo del método ICA-PE para identificar oportunidades de mejora frente a escenarios de potencial contaminación o inadecuada operación de proyectos ejecutados.

- La revisión documental: para identificar evaluaciones anteriores al año 2021, de modo que se tenga un antecedente sobre los parámetros a evaluar, así como la antigüedad del desarrollo de proyectos de inversión y el desarrollo de actividades que se dan en el contexto geográfico de estudio.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

En correspondencia a las técnicas de recolección mencionadas, los instrumentos empleados fueron (29):

- Cadena de custodia: como medio tangible respecto de las condiciones de observación asociadas a la calidad de agua (parámetros, datos, etc.) (ver anexo 3).
- Ficha de revisión documental: donde se cotejaron los principales datos asociados a la intervención anterior de proyectos de inversión, así como la identificación de parámetros que fueron sujetos de estudio y determinación del ICA-PE (ver anexo 4).

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos, se empleó el soporte informático Microsoft Excel, recomendado en su empleo por la Autoridad Nacional del Agua (3) respecto de la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE). Para el análisis de los datos, en perspectivas de validación, se empleó el soporte informático SPSS, donde se determinó primeramente la dispersión de los datos, de modo que se valide la distribución normal de éstos a un 95 % de nivel de confianza (29), para así demostrar el empleo de una prueba estadística paramétrica, para el presente caso, t de student y correlación de Pearson. El proceso metodológico de la investigación fue el siguiente:

- a. Identificación de la metodología de evaluación de las condiciones hídricas que englobe a la calidad ambiental: ICA-PE; sustentado su empleo como indicador hídrico asociado a la intervención antropogénica mediante proyectos de inversión.

- Para identificar las condiciones hídricas, asociadas al empleo del ICA-PE respecto del cotejo de parámetros evaluados, se aplicó la ficha de revisión documental que se orientó a cotejar y revisar el contenido del Programa de Adecuación de Manejo Ambiental (PAMA) del proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell”, validado en su momento por el Gobierno Regional de Junín el año 2019 (ver anexo 4); dentro del Instrumento de Gestión Ambiental, se presentó el acápite Monitoreo y Calidad de Factores Ambientales, observando dentro del mismo:
 - o Aspectos técnicos: fundamentos, principios, plan, importancia y criterios de la evaluación ambiental basada en el monitoreo ambiental orientada a evaluar las condiciones de operación del proyecto orientadas a la mejora de las condiciones hídricas en el Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell, perteneciente a Carhuamayo.
 - o Descripción del área de influencia del proyecto: características geográficas y ambientales del medio físico, biológico y social.
 - o Evaluación de la Calidad Ambiental: geomorfología, calidad de suelo, aire, agua y ruido.
- Se identificaron constantes condiciones hídricas de evaluación en asociación con los ideales del ICA-PE, las cuales se relacionan con el cotejo de condiciones, en forma de consecuencia, que significó el aporte de la investigación en términos de valorar el ICA-PE en su aplicación para evaluar, en forma de seguimiento y control, los compromisos propuestos en su momento en el Instrumento de Gestión Ambiental mencionado. Las condiciones hídricas, respecto de su funcionamiento o aporte para asegurar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en el Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell, perteneciente a Carhuamayo, determinaron a la selección de puntos de muestreo de agua, en consecuencia, a la necesidad de evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en puntos representativos, validando así al método de muestreo propuesto y la consideración de los puntos:
 - o Captación: CA-DO-01 (condición inicial).
 - o Reservorio: CA-DO-02 (contención de agua destinada a uso poblacional y productivo).

- CP Jorge Chávez Dartnell (colegio): CA-DO-03 (distribución del agua y comprobación de la calidad aguas abajo.
- Para dicha valoración (ICA-PE), se cotejaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, que guarden relación, o real comparativa, con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA agua), identificando los siguientes: pH, Tº, conductividad eléctrica (CE), cloruros, sulfatos, cloro residual, sólidos disueltos totales (SDT), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), coliformes termotolerantes, en concordancia con los datos históricos cotejados para un monitoreo puntual realizado el año 2019 y, en comparativa, con los datos alcanzados tras un monitoreo realizado el año 2021; se asumieron dichos años de muestreo por el alcance de data existente para el 2019 y por el contraste con el año en el que se realizó la investigación (2021).
- b. Para la recolección de muestras en campo, se emplearon equipos y materiales proporcionados por el laboratorio acreditado.
 - Recolección de 1 litro de muestra por punto.
 - Etiquetado de los envases contenedores.
 - Rellenado de cadena de custodia de campo.
- c. Se realizó la toma de muestras de agua en dichos puntos, de modo que sean representativos para la estimación del Índice de la Calidad de Agua (ICA-PE) y en consecuencia permitan evaluar las condiciones hídricas con perspectivas de obtener oportunidades de mejora respecto del proyecto; tras ello se realizó el envío de muestras al laboratorio.
- d. Recepción de los informes de ensayo de laboratorio
- e. Determinación del ICA-PE.
- f. Análisis de resultados y discusión.
- g. Identificación de la prueba estadística a emplear (normalidad por Shapiro-Wilk); validación estadística (t de student).
- h. Conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

- a) Identificación de las condiciones hídricas que se relacionan con la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo:

En correspondencia a lo detallado en el proceso metodológico, se presentan (tabla 5) las condiciones hídricas identificadas (revisión documental) para cada acápite propuesto en el Instrumento de Gestión Ambiental.

Tabla 5. *Identificación de las condiciones hídricas asociadas a la calidad ambiental considerando factores ambientales del lugar de estudio.*

Acápite del Instrumento	Identificación de las condiciones hídricas	Cotejo de condiciones asociadas (consecuencias o aporte)
Aspectos técnicos: criterios de evaluación ambiental.	Disponibilidad en el sistema de conducción, tratamiento.	Protección de la salud de las personas.
		Protección de la calidad ambiental.
		Protección de los recursos naturales.
		Protección de las áreas naturales protegidas.
		Protección de la diversidad biológica y ecosistemas.

Descripción del área de influencia del proyecto.	Captación y disponibilidad en el sistema de conducción, tratamiento.	Protección de los estilos de vida de la comunidad. Protección de espacios urbanos.	
	Asociada a la desembocadura o vertimiento.	Protección del patrimonio arqueológico e histórico. Colindante al Oeste con el Lago de Junín.	
	Captación.	Fuerte erosión de suelos; depresiones y hondonadas constituidas por conglomerados y arcillas.	
	Conducción y reserva.	Terrenos planos predominantes (topografía, pendientes de 1 a 4 %).	
	Disponibilidad de agua, captación.	Consideración de la represa Upamayo como naciente del río Mantaro.	
	Disponibilidad de agua, captación.	Precipitación promedio de 70 mm; meses de precipitación entre diciembre a abril.	
	. Captación y disponibilidad en el sistema de conducción.	Presencia de vegetación natural asociada a la altitud.	
	Conducción y reserva	Presencia de actividades productivas agrícolas.	
	Evaluación de la calidad ambiental	Captación, conducción, reserva, distribución y vertimiento.	Monitoreo de la calidad de agua.

Fuente: elaboración propia.

Se observa en la tabla anterior que las condiciones hídricas abordan a los aspectos de disponibilidad y distribución del agua, lo cual se observa, inherentemente, en cada acápite cotejado que forma parte del Instrumento de Gestión Ambiental, conformante del análisis documental. Dentro de estos aspectos se tienen: captación, sistema de conducción, reserva, tratamiento y propiamente la distribución y vertimiento, partiendo que el ideal de realización del proyecto fue asegurar la disponibilidad de agua, generando así impactos positivos (de protección y seguridad en términos de desarrollo social).

Así también, dentro del acápite “Descripción del área de influencia del proyecto” (del instrumento de gestión) se identificó la presencia de actividades productivas, así como para el acápite “Evaluación de la calidad ambiental” (criterios técnicos) se tiene al monitoreo de la calidad de agua (protección de la calidad ambiental), la cual debe darse en el total de procesos asociados a las condiciones hídricas que se pretende fortalecer con el proyecto, de modo que se asegure la continuidad del servicio en condiciones seguras, lo cual se complementa con los resultados presentados en el siguiente acápite (concentraciones de parámetros analizados).

b) Resultados de la estimación del Índice de Calidad Ambiental (ICA-PE):

- pH:

Tabla 6. Valores de pH para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 6.5 - 8.5	2019			2021		
Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor (Unidad de pH)	8.1	8	7.8	8	8	7.7

Fuente: elaboración propia.

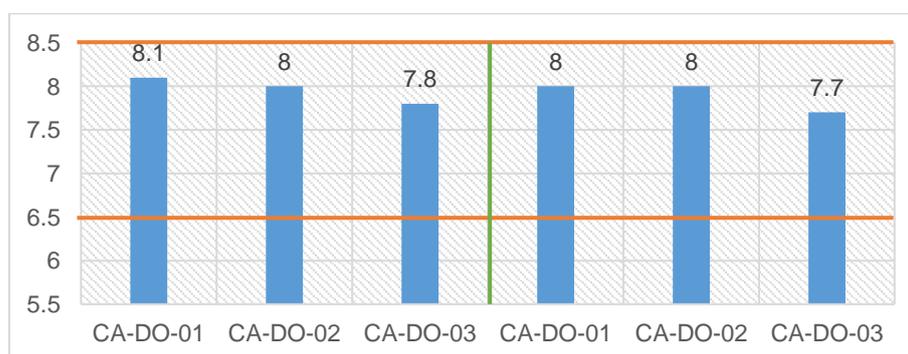


Figura 8. Valores de pH de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que los valores de pH no se encuentran fuera del rango propuesto por el ECA agua Cat. 1 A1, sin embargo, los valores tienden por ser mayores en la captación y en el reservorio.

- Temperatura:

Tabla 7. Valores de T° para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = $\Delta 3$	2019			2021			
	Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor ($^{\circ}\text{C}$)		20	20	18	21	20	19

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la temperatura del agua mantiene una regularidad entre 18 al 20 $^{\circ}\text{C}$ y entre 19 al 21 $^{\circ}\text{C}$ para cada período puntual de análisis, observando de igual forma que en la captación y reservorio tiende por ser mayor, sin embargo, no llega a variar más de 3 $^{\circ}\text{C}$, cumpliendo con el ECA agua Cat. 1 A1.

- Conductividad eléctrica (CE):

Tabla 8. Valores de CE para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 1 600	2019			2021			
	Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		240	310	260	250	330	290

Fuente: elaboración propia.

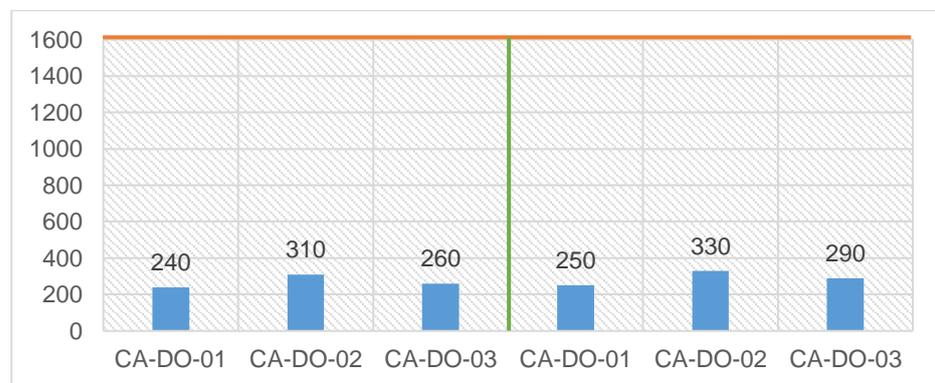


Figura 9. Valores de la conductividad eléctrica de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que los valores de conductividad eléctrica no sobrepasan el valor establecido por el ECA agua (1 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sin embargo, los valores del monitoreo realizado el 2021 (330 $\mu\text{S}/\text{cm}$) son mayores que los del 2019 (310 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en especial en el punto asignado al reservorio.

- Cloruros:

Tabla 9. Valores de cloruros para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 250	2019			2021			
	Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor (mg/l)		13.2	7.3	14	14.2	11.1	21.1

Fuente: elaboración propia.

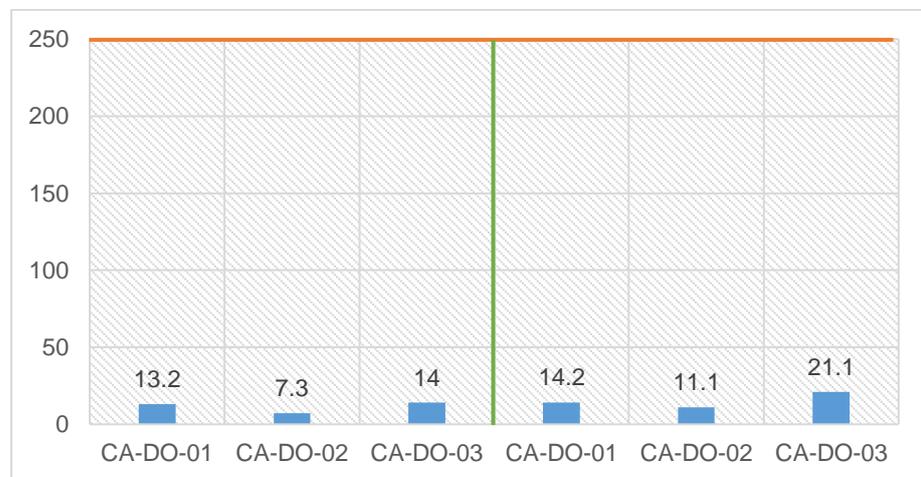


Figura 10. Valores de cloruros de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que para el parámetro cloruros, respecto de su comparación con el ECA agua Cat. 1 A1, no llega a superar los valores establecidos en dicha normativa de calidad ambiental, observación también que el valor más alto se dio en el punto aguas abajo para el año 2021 (21.1 mg/l), así como se tiene mayores valores en el punto de captación.

- Sulfatos:

Tabla 10. Valores de sulfatos para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 250	2019			2021		
	Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02
Valor (mg/l)	32	80	0	35.2	102	12.1

Fuente: elaboración propia.

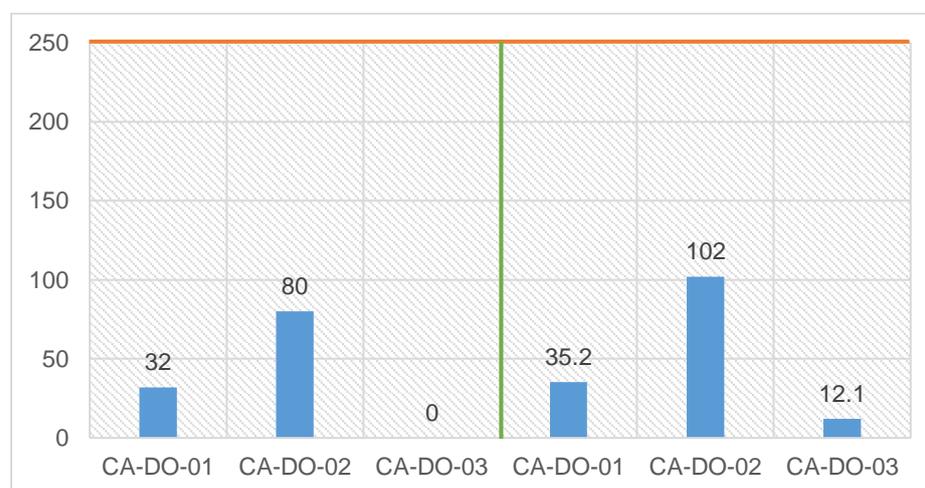


Figura 11. Valores de sulfatos de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que los valores del parámetro sulfatos tampoco sobrepasan los valores propuestos por el ECA agua Cat. 1 A1; la mayor concentración se da en el punto de reservorio para ambos años de monitoreo, siendo el valor del 2021 (102 mg/l) mayor que el del año 2019 (80 mg/l).

- Cloro residual:

Tabla 11. Valores de cloro residual para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = X	2019			2021		
	Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02
Valor (ClO)	0	5.3	3.2	0	6.5	4.8

Fuente: elaboración propia.

El parámetro de cloro residual no tiene un valor de comparación en el ECA agua Cat. 1 A1, sin embargo, su evaluación se asocia con el proceso de desinfección del agua con fines de consumo, encontrando rastros de cloro residual en los puntos de reservorio y de control aguas abajo, lo cual evidencia una necesidad de control.

- Sólidos Disueltos Totales (SDT):

Tabla 12. Valores de SDT para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 1 000	2019			2021		
Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor (mg/l)	110	130	125	112	132	128

Fuente: elaboración propia.

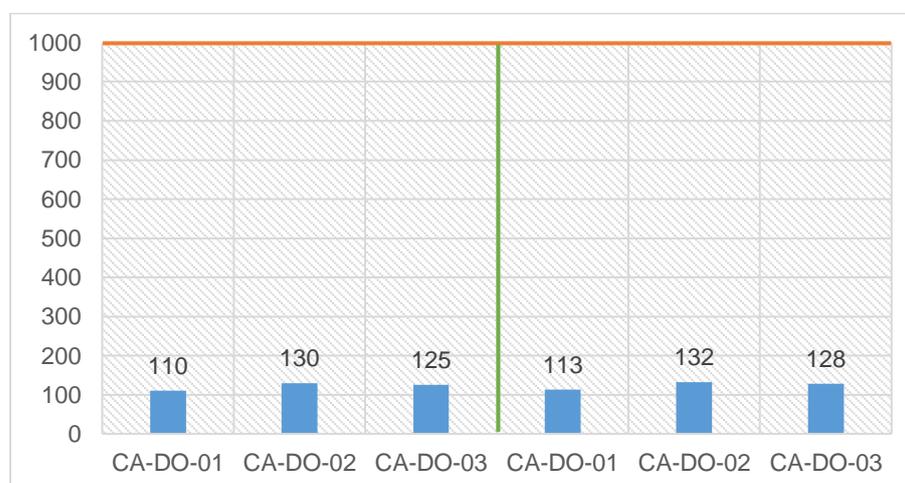


Figura 12. Valores de sólidos disueltos totales de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que para el parámetro sólidos disueltos totales (SDT) mantiene concentraciones que no sobrepasan el valor establecido por el ECA agua Cat. 1 A1 (1000 mg/l); el punto de reservorio es el que refleja una concentración mayor (130 mg/l; 132 mg/l), pero no significativa a comparación de los demás puntos para los años de muestreo, empero los valores de la captación son menores (110 mg/l; 113 mg/l).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):

Tabla 13. Valores de DBO₅ para los monitoreos realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 3	2019			2021		
Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor (mg/l)	9	-	-	19.4	-	-

Fuente: elaboración propia.

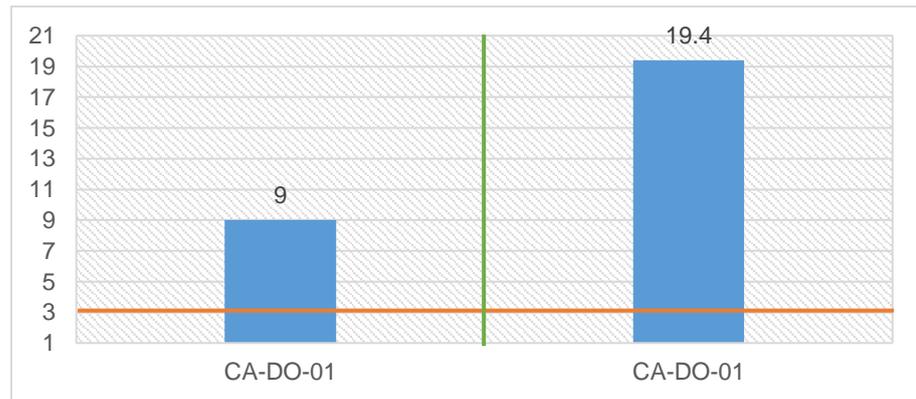


Figura 13. Valores de DBO₅ de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

El parámetro DBO₅ fue realizado únicamente para el punto de captación, según el registro histórico asociado al proyecto (2019), el cual excedió (9 mg/l) el valor del ECA agua Cat. 1 A1 (3 mg/l); respecto de la evaluación para el 2021, el valor se incrementó a 19.4 mg/l, reflejando estar por encima del valor propuesta para asegurar escenarios de calidad del agua.

- Coliformes termotolerantes:

Tabla 14. Valores de coliformes termotolerantes para los monit. realizados.

ECA Cat. 1 A1 = 20	2019			2021		
Punto	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Valor (NPM/100 ml)	6.5	6.4	7.6	6.6	6.6	25.9

Fuente: elaboración propia.

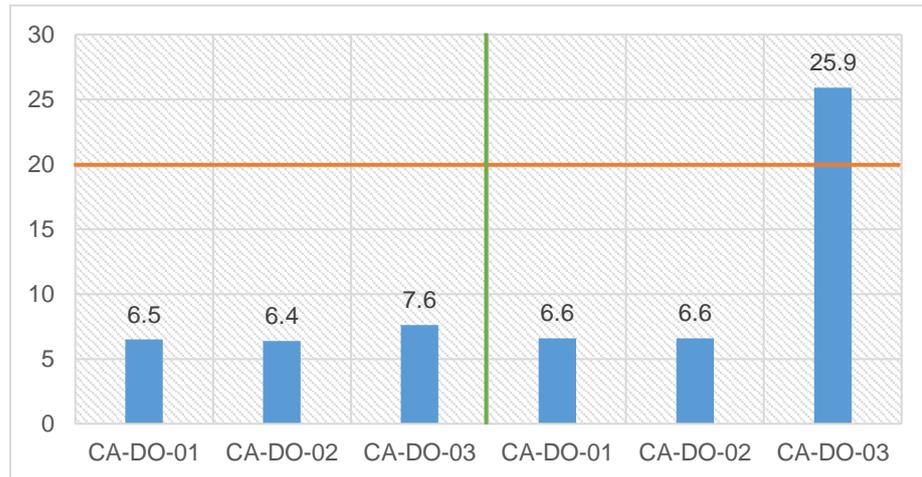


Figura 14. Valores de coliformes termotolerantes de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el valor correspondiente al punto de muestreo aguas abajo para el año 2021 supera los ECA agua Cat. 1 A1 (20 NPM/100 ml), el mismo que a comparación del año 2019 es 3 veces mayor (2019: 7.6 NPM/100 ml; 2021: 25.9 NPM/100 ml), evidenciando un aporte de aguas residuales domésticas a través del sistema de conducción del agua.

En base a la determinación de las concentraciones de los parámetros analizados, necesarios para el ICA-PE (cuadro completo en el anexo 5), se procedió a emplear las ecuaciones y comparar el valor final del índice de calidad de agua obtenido para muestreos puntuales de los años 2019 y 2021, donde el F1 es igual al F2 (3 pág. 39):

- F1, F2:

$$F1, F2(2019) = \frac{\# \text{ de parámetros que no cumplen con el ECA agua}}{\# \text{ total de parámetros a evaluar}} = \frac{1}{8}$$

$$= 0.13$$

$$F1, F2(2021) = \frac{\# \text{ de parámetros que no cumplen con el ECA agua}}{\# \text{ total de parámetros a evaluar}} = \frac{2}{8}$$

$$= 0.25$$

- F3:

$$F3(2019) = \frac{\text{suma normalizada de excedentes}}{\text{suma normalizada de excedentes} + 1} * 100 = \frac{0.08}{0.08 + 1} * 100 = 7.69$$

$$F3(2021) = \frac{\text{suma normalizada de excedentes}}{\text{suma normalizada de excedentes} + 1} * 100 = \frac{0.24}{0.24 + 1} * 100 = 19.36$$

- Cálculo del ICA-PE:

$$ICA - PE('19) = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}} = 100 - \sqrt{\frac{(0.13)^2 + (0.13)^2 + (7.69)^2}{3}} = 95.56$$

$$ICA - PE('21) = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}} = 100 - \sqrt{\frac{(0.25)^2 + (0.25)^2 + (19.36)^2}{3}} = 88.82$$

Tabla 15. Interpretación de los valores obtenidos del ICA-PE.

ICA-PE	ICA-PE por año	Calificación	Interpretación textual según lo propuesto por la ANA (3)
90 - 100	2019: 95.56	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75 - 89	2021: 88.82	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.

Fuente: elaboración propia según lo propuesto por la Autoridad Nacional del Agua (3).

Se observa que la evaluación de la calidad ambiental para el año 2019 evidenciaba un gran potencial de preservación del recurso hídrico como servicio ecosistémico hídrico, lo cual no continúa siendo así para el año 2021, pasando de ser una calificación excelente a buena, principalmente por rebasar los ECA agua Cat. 1 A1 en los parámetros DBO₅ y coliformes termotolerantes, ya sea en el lugar de captación o aguas abajo respectivamente; en dicha visión, las condiciones de operación (captación, reserva y distribución) evidencian oportunidades de mejora, que debieron

ser abordados en términos de mantenimiento y/o de seguimiento en el año 2020 para detectar el incremento principalmente de los coliformes termotolerantes en el agua, evidenciando de tal modo que el método ICA-PE aporta en el desarrollo de actividades de evaluación de proyectos con perspectivas de su buen funcionamiento y que favorezcan al alcance de la sostenibilidad.

En sentido a aquella afirmación, y siguiendo lo alcanzado en términos de revisión documental para con el análisis de las condiciones que influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, se observa en la figura 13 que los valores de DBO_5 , respecto del punto inicial de evaluación, se mantienen por encima de los valores planteados por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua (para ambos años de evaluación), así como en la figura 14 se observa que la concentración de coliformes termotolerantes para el punto final de evaluación, aguas abajo, sobrepasa el valor planteado por el ECA, sucediendo aquello en el muestreo del año 2021, evidenciando un aporte de aguas servidas dentro de las condiciones hídricas de distribución aguas abajo, es decir, tras la intervención de la población debido a las inadecuadas prácticas de vertimiento e inexistente tratamiento de aguas servidas, así como, se evidencia que lo planteado en términos de monitoreo ambiental (seguimiento y control) no tienden por ser efectivos tras el desarrollo del proyecto; por tanto, aquel escenario influye en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo.

4.1.1. Prueba de hipótesis

Para validar la afirmación mencionada respecto del aporte de la metodología ICA-PE en la evaluación de las condiciones hídricas, respecto de la operación de un proyecto desarrollado y analizado (recolección de datos), se empleó la estadística inferencial, validando en un primer momento la distribución normal de los datos empleados para el análisis del ICA-PE (parámetros), donde propiamente se observa la interacción de los factores (F) sujeta al ICA-PE. Para ello se empleó la prueba de Shapiro-Wilk al 95 % de nivel de confianza, la misma que se aplica cuando existen menos de 50 unidades como muestra.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DAT2019	,353	27	,004	,643	27	,123
DAT2021	,343	27	,041	,650	27	,187

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Figura 15. Prueba de Shapiro-Wilk para los valores de los parámetros seleccionados.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se formularon las siguientes hipótesis:

- H_0 : Los datos seleccionados de los parámetros de calidad ambiental presentan distribución normal ($\alpha > 0.05$).
- H_a : Los datos seleccionados de los parámetros de calidad ambiental presentan distribución normal ($\alpha < 0.05$).

Se observa que los valores de significancia estadística para los años 2019 (0.123) y 2021 (0.187) son mayores que el valor de prueba al 95 % de nivel de confianza (0.05), por tanto, se valida la hipótesis nula: los datos seleccionados de los parámetros de calidad ambiental presentan distribución normal, lo cual determina el empleo de una prueba paramétrica de comprobación hipotética, la cual fue t de student para comparar los valores de los puntos evaluados para cada año seleccionado, así como la prueba de correlación de Pearson para validar la hipótesis de investigación.

a) Prueba de t de student para el punto CA-DO-01, años 2019 y 2021:

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par1 CAD00119 - CAD00121	-3,17778	4,16136	1,38712	-6,37648	,02093	-2,291	8	,051	

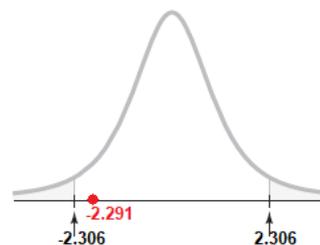


Figura 16. Prueba comparativa de t de student para el punto CA-DO-01.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

- H_0 : Los parámetros seleccionados para el punto 01 mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021.
- H_a : Los parámetros seleccionados para el punto 01 no mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021.

El valor de t calculado fue de -2.291, siendo el valor negativo lo conducente a un escenario inversamente proporcional, es decir, a medida que opere el proyecto (captación, reserva, distribución), debería observarse una calidad de los servicios, sin embargo, los valores de concentración al 2021 son mayores respecto del 2019; gráficamente se observa que el valor recayó sobre la zona de aceptación de la H_0 : los parámetros seleccionados para el punto 01 mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021, y aquello es lógico respecto de su comparación con los ECA agua Cat. 1 A1 a excepción del valor de DBO_5 , observando la necesidad de realizar acciones de preservación de la fuente de captación del agua, de modo que se garantice que las condiciones hídricas se orienten a la sostenibilidad.

b) Prueba de t de student para el punto CA-DO-02, años 2019 y 2021:

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
Par 1	CADO0219 - CADO0221	-5,46667	8,90898	2,96966	Inferior	Superior			
					-12,31472	1,38138	-1,841	8	,103

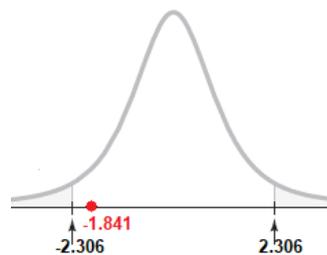


Figura 17. Prueba comparativa de t de student para el punto CA-DO-02.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

- H_0 : Los parámetros seleccionados para el punto 02 mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021.
- H_a : Los parámetros seleccionados para el punto 02 no mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021.

El valor de t calculado fue de -1.841, siendo también el valor negativo lo conducente a un escenario inversamente proporcional, es decir, a medida que opere el proyecto (captación, reserva, distribución), debería observarse una calidad de los servicios, sin embargo, los valores de concentración al 2021 son mayores respecto del 2019; gráficamente se observa que el valor recayó sobre la zona de aceptación de la H_0 : los parámetros seleccionados para el punto 02 mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021, y aquello es lógico respecto de su comparación con los ECA agua Cat. 1 A1, observando la necesidad de realizar acciones de mantenimiento en el reservorio del recurso hídrico, de modo que se garantice que las condiciones hídricas se orienten a la sostenibilidad.

c) Prueba de t de student para el punto CA-DO-03, años 2019 y 2021:

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CAD00319 - CAD00321	-8,11111	10,32091	3,44030	-16,04446	-1,17776	-2,358	8	,046

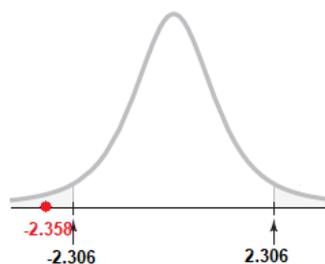


Figura 18. Prueba comparativa de t de student para el punto CA-DO-03.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

- H₀: Los parámetros seleccionados para el punto 03 mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021.
- H_a: Los parámetros seleccionados para el punto 03 no mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021.

El valor de t calculado fue de -2.358, también conducente a un escenario inversamente proporcional, es decir, a medida que opere el proyecto, debería observarse una calidad de los servicios aguas abajo, sin embargo, los valores de concentración al 2021 son mayores respecto del 2019; gráficamente se observa que el valor recayó sobre la zona de aceptación de la H_a (rechazo de H₀): los parámetros seleccionados para el punto 03 no mantienen su calidad en mayor proporción desde el 2019 al 2021, en consecuencia principal a la concentración de coliformes termotolerantes, evidenciándolo como un contaminante criterio y que necesita de manera urgente ser remediado para alcanzar escenarios de calidad de vida (preservación de la salud de la población) respecto de adecuadas condiciones hídricas que se orienten al alcance de la sostenibilidad.

d) Prueba de correlación de Pearson:

Para la prueba paramétrica de correlación de Pearson se emplearon los valores de los factores (F) y del ICA-PE en modo comparativo de los años 2019 y 2021, de modo que respalde lógicamente las anteriores pruebas de validación de la evaluación de la calidad de agua (vs ECA agua Cat. 1 A1).

Correlaciones

		ICAPE2019	ICAPE2021
ICAPE2019	Correlación de Pearson	1	,903**
	Sig. (bilateral)		,010
	N	4	4
ICAPE2021	Correlación de Pearson	,903**	1
	Sig. (bilateral)	,010	
	N	4	4

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Figura 19. Representación de la prueba de correlación de Pearson.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se formularon en su momento las hipótesis de investigación:

- H_1 : Existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021 ($p < 0.05$).
- H_0 : No existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021 ($p > 0.05$).

El valor de significancia estadística para la prueba de correlación de Pearson fue de 0.01, de modo que existe evidencia estadística asociada a la validación de la hipótesis de investigación: H_1 : existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021 ($p = 0.01 < 0.05$); así también, se observa el fundamento de significancia de la relación entre las variables de estudio al obtener un coeficiente de correlación de Pearson de 0.903.

4.2. Discusión de resultados

Se llegaron a identificar condiciones hídricas, de aporte con la intervención del proyecto, que abordan a los aspectos de disponibilidad y distribución del agua observado en cada acápite cotejado que forma parte del Instrumento de Gestión Ambiental, conformante del análisis documental. Dentro de estos aspectos se tuvieron a la captación, el sistema de conducción, la reserva, el tratamiento y propiamente la distribución y el vertimiento, lo cual se asocia con lo propuesto por Rodríguez, Serna y Sánchez (5) en términos de la planificación del uso sostenible de los recursos hídricos, que también involucraron a dichos procesos de intervención para asegurar la disponibilidad de agua de calidad, especificando también que es necesario adaptar cada método de ICA en función del ecosistema a evaluar para determinar una valoración de la calidad del agua específico, lo cual apertura la necesidad de importancia del emplear el método ICA-PE para determinar escenarios de mejora durante la operación del proyecto.

En dicho marco, Guzmán *et al.* (6) reportaron la presencia de patógenos como *E. coli*, los cuales generan escenarios de necesidad de intervención, como la necesidad de optar por una vigilancia ambiental constante y activa, de modo que se oriente al mejoramiento de la calidad de agua y así influya en la salud de la población de manera positiva. El autor citado también menciona que dicha necesidad de intervención y fortalecimiento se da en mayor parte en zonas rurales, como lo es el CPM Jorge Chávez Dartnell, perteneciente a Carhuamayo, principalmente por el limitado flujo de información en entornos de participación ciudadana en la fase de operación de proyectos ejecutados, lo cual también enfatizan Bracho-Fernández y Fernández-Rodríguez (8), en consecuencia a que escenarios de riesgo ambiental, más aun considerando la disponibilidad de agua para consumo humano, deben ser abordados mediante acciones participativas comunitarias considerando a contaminantes criterio o de relevancia que directamente los perjudicaría, como lo son los coliformes termotolerantes, demostrando dichas limitantes como los factores que limitan el alcance de una calidad de agua ideal; así también, las acciones con las que se pretende contribuir a superar dicho escenario, deben basarse en la difusión de información asociada a la Educación Ambiental, tal como propone Silva (9), de modo que también se consolide como un activo al recurso hídrico, revalorizando así escenarios de retribución por servicios ecosistémicos, de modo que también se garantice la sostenibilidad del alcance de la calidad de agua, asociada con el análisis de las condiciones hídricas, aportando también en la gestión integrada de cuencas hidrográficas (5), en perspectiva de que aún no se evidencian cambios extremos en el tiempo, lo cual sostiene el uso del término oportunidad en forma de aporte antes que escenarios de remediación obligatoria, tal como señalan Pérez *et al.* (4).

Respecto del alcance de la calificación ICA-PE, se llegó a evidenciar un escenario excelente para el año 2019, lo cual pasó a ser “bueno” para el año 2021, considerando que dos parámetros superan el valor establecido por los ECA agua Cat. 1 A1: DBO₅ y coliformes termotolerantes (15), es más, el primero ya venía superando el valor del ECA desde la evaluación, a través del monitoreo, ambiental en el año 2019 para el punto de captación de agua, suponiendo el desarrollo de alternativas de tratamiento de agua que sea destinada a consumo humano y producción agrícola; otro parámetro considerando en la evaluación fue el cloro residual, el cual mantuvo concentraciones distintas a cero (0) en los puntos de muestreo correspondientes al reservorio y de control aguas abajo, el mismo que fue

mayor el año 2021 a comparación del 2019, lo cual concuerda con lo alcanzado por Guzmán *et al.* (6), respecto a que parámetros como el cloro residual y la presencia de patógenos como *E. coli* generan escenarios de necesidad de intervención, como la necesidad de optar por una vigilancia ambiental constante y activa, de modo que se oriente al mejoramiento de la calidad de agua y así influya en la salud de la población de manera positiva, manteniendo un calificativo ICA-PE adecuado. De forma complementaria, Ríos (10) menciona que factores ambientales, como la precipitación, no tiene una influencia sobre los indicadores pH y coliformes, más si influyó en el comportamiento de los insumos empleados para tratar el agua; lo alcanzado en la presente investigación concuerda con lo reportado por el autor citado respecto del pH, y si bien se tuvieron valores de 8 respecto del pH para el punto de control de captación y reservorio, no llegaron a ser mayores para el control de 02 años después (2021), evidenciando que factores asociados al ciclo hidrológico se mantiene en equilibrio y que aporta a las condiciones hídricas del lugar de estudio, demostrando que el análisis de la calidad de agua, considerando parámetros clave, aportan para la toma de decisiones y la detección de oportunidades de mejora para ciertos puntos, como lo es el comportamiento de la población respecto de su aporte en la concentración excesiva de patógenos (coliformes) aguas abajo, y en consecuencia, se tendrán escenarios de preservación ambiental (en relación a los aspectos técnicos de la infraestructura de servicios, ver tabla 5) y de producción agrícola (desarrollo económico) que no estén sujetas a anomalías climáticas, es decir, previniendo pérdidas, concordando también con lo mencionado por Tapia (11), denotando nuevamente la necesidad de contar con alternativas de vigilancia ambiental para así mantener el calificativo de ICA-PE como adecuado. Mientras el cambio no haya sido significativo (ICA PE pasó de ser excelente a bueno), aun se tienen escenarios de operación de proyectos y de condiciones hídricas adecuadas, lo cual no debería agravarse en el tiempo tal como señalan Aguilar y Navarro (14), respecto de que la calidad del agua condiciona y garantiza el alcance de contexto de distribución adecuada del recurso hídrico, es decir, condiciones hídricas adecuadas, de lo contrario el agua no sería la adecuada para el consumo así como tampoco serviría para generar escenarios productivos agrícolas. Se llega a observar que la incidencia que se tiene sobre la calidad de agua es netamente de origen antropogénico, lo que no concuerda con el estudio de Díaz (13), donde menciona que las características naturales del agua dependen de la hidrogeología, lo cual supone realizar mayores esfuerzos para

mantener condiciones adecuadas de operación, evidenciando escenarios de mayores oportunidades frente a amenazas respecto de garantizar que el ICA-PE se mantenga en calificaciones adecuadas, para lo cual también es necesario realzar los ideales del Ordenamiento Territorial, tal como menciona Hernández (12), que señala que la utilización de un enfoque participativo logra que investigadores y miembros de la comunidad establecieran un lazo más allá del intercambio de conocimientos mutuo.

CONCLUSIONES

- a. Existe una relación positiva y significativa ($r = 0.903$) entre los factores de evaluación de las condiciones hídricas, sujetas a los procesos de captación, reserva y distribución del agua, con la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.
- b. Las condiciones hídricas que influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021 involucran a las operaciones de distribución de los recursos hídricos: captación, reservorio y distribución propiamente dicha, ya que se observó que para la captación se tienen valores de DBO_5 que exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA agua Cat. 1 A1), así como a nivel de reservorio y aguas abajo, derivado de la distribución, además de la presencia de cloro residual y se excede el valor de coliformes termotolerantes respectivamente, lo cual se asocia a la falta de una vigilancia ambiental adecuada que supone el desarrollo de alternativas de seguimiento, control, mantenimiento y flujo de información, y el desconocimiento que se tiene respecto del derivado de aguas servidas, asociadas a la presencia de coliformes termotolerantes aguas abajo.
- c. El Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) en el distrito de Carhuamayo, Junín, para el año 2019 fue Excelente (95.56) y para el año 2021 fue Bueno (88.82).

RECOMENDACIONES

- a. Realizar estudios complementarios de enfoque social y territorial, de modo que se complete al factor de evaluación ambiental asociado a la calidad de agua.
- b. Generar políticas de intervención de parte de los sectores gubernamentales y por parte de la comunidad para afrontar el escenario de mejora latente.
- c. Intensificar el desarrollo de evaluaciones asociadas a la determinación de Índices de Calidad Ambiental (ICA-PE), de modo que se complementado para otros sectores geográficos con diferentes características ecosistémicas.
- d. Valorizar el aspecto del desarrollo de la Educación Ambiental para así fortalecer operaciones eficientes de proyectos de inversión realizados, así como para generar una nueva cultura ambiental orientada en el alcance del Desarrollo Sostenible.
- e. Fortalecer la normativa asociada al Ordenamiento Territorial, donde la Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas sea más promovida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *La seguridad hídrica y los objetivos de Desarrollo Sostenible*. Santiago de Chile: UNESCO, 2018.
- (2) MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO [En línea]. Foro "Calidad del agua y seguridad hídrica", 2019 [fecha de consulta: 07 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/noticia/ana-desarrolla-foro-calidad-del-agua-y-seguridad-hidrica-en-apurimac>.
- (3) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. Lima: ANA, 2018.
- (4) PÉREZ, J., NARDINI, A. Y GALINDO, A. Análisis comparativo de Índices de Calidad de Agua aplicados al río Ranchería, La Guajira - Colombia. Colombia: Información Tecnológica, 2018, 29(3).
- (5) RODRÍGUEZ, J., SERNA, J. y SÁNCHEZ, J. Índices de calidad de cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. Colombia: Logos Ciencias & Tecnología, 2016, 8(1). ISSN: 2145-549X.
- (6) GUZMÁN, B., NAVA, G. y BEVILACQUA, P. La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008 - 2012. Colombia: Biomédica, 2015, 35(2).
- (7) GIL-MARÍN, J., VIZCAINO, C. Y MONTAÑO-MATA, N. Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad de agua (ICA). Caso de estudio: cuenca del río Guarapiche, Monagas, Venezuela. Venezuela: Anales Científicos, 2018, 79(1). ISSN: 2519-7398.
- (8) BRACHO-FERNÁNDEZ, I. y FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M. Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. Cuba: Minería & Geología, 2017, 33(3). ISSN: 1993-8012.
- (9) SILVA, H. Gestión del agua en valles interandinos: análisis del recurso hídrico a partir de la disponibilidad y seguridad hídrica para el desarrollo rural sostenible del distrito de Lares, Cusco. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
- (10) RÍOS, M. Monitoreo de la calidad de agua en el Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos de Moyobamba (2006 - 2014). Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2015.
- (11) TAPIA, C. Adaptación al cambio climático de la gestión hídrica para el sector riego en la Tercera Sección del Río Maipo. Chile: Universidad de Chile, 2012.

- (12) HERNÁNDEZ, C. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. Heredia: Universidad Nacional, 2016.
- (13) DÍAZ, E. Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.
- (14) AGUILAR, O. Y NAVARRO, B. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancho del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, 2018.
- (15) ATENCIO, H. 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 Simón Bolívar, provincia y región Pasco - 2018. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
- (16) MARÍN, G. *Recursos hídricos. Ingeniería Sin Fronteras*. UNESCO, 2018.
- (17) DÍAZ, C., ESTELLER, M. Y LÓPEZ-VERA, F. *Recursos hídricos*. Uruguay: Piriguazú, 2005. ISBN: 9974-7571-6-9.
- (18) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú*. Lima: Icono Perú S.A.C., 2013.
- (19) MINISTERIO DEL AMBIENTE. D.S. 004-2017-MINAM. *Aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Lima: El Peruano, 2017.
- (20) FONDO MUNDIAL PARA LA NATURALEZA. *Caudal ecológico - Salud al ambiente, agua para la gente*. Australia: WWF, 2010.
- (21) SAMBONI, N., REYES, A. Y CARVAJAL, Y. *Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta*. Cali: Ingeniería y Competitividad, 2011, 13(2). ISBN: 0123-3033.
- (22) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. *Agua - Indicadores*. Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2014.
- (23) IAGUA [En línea]. *¿Qué es la seguridad hídrica?*, 2018 [fecha de consulta: 2020 de febrero de 07]. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/imta/que-es-seguridad-hidrica-0>.
- (24) MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO [En línea]. ANA incorpora seguridad hídrica en el Plan Nacional de Recursos Hídricos, 2018 [fecha de consulta: 07 de febrero de 2020]. Disponibl en: <https://www.ana.gob.pe/noticia/ana-incorpora-seguridad-hidrica-en-plan-nacional-de-recursos-hidricos>.

- (25) SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO. *La calidad de agua potable en el Perú*. Lima: Tarea Gráfica, 2004. ISBN: 9972-2511-0-1.
- (26) MINISTERIO DEL AMBIENTE. D.S. N° 004-2017-MINAM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Lima: El Peruano, 2017.
- (27) MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Glosario de Términos*. España: MITECO, 2019.
- (28) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima: ANA, 2016.
- (29) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. Y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México : McGraw Hill, 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Existe una relación entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Qué condiciones hídricas influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021?</p> <p>*¿Cuál es el índice de calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la relación entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Identificar las condiciones hídricas que influyen en la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.</p> <p>*Estimar el índice de calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.</p>	<p>Hipótesis de investigación:</p> <p>H₁: Existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>H₀: No existe una relación positiva y significativa entre la evaluación de las condiciones hídricas y la calidad de agua, como indicador hídrico, en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Evaluación de las condiciones hídricas.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>*Condiciones hídricas asociadas a factores ambientales.</p> <p>*Evaluación de la calidad ambiental.</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Calidad de agua.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>*Parámetros de la calidad de agua.</p> <p>*Índice de Calidad de Agua (ICA-PE).</p>	<p>Método general:</p> <p>Inductivo.</p> <p>Método específico:</p> <p>Observacional.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Correlacional.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>No experimental, transversal - causal.</p> <p>Población:</p> <p>Recurso hídrico, distrito de Carhuamayo, CPM Jorge Chávez Dartnell.</p> <p>Muestra:</p> <p>03 muestras de campo.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección:</p> <p>Revisión documental (guía), observación (cadena de custodia).</p>

Anexo 2. Informes de ensayo (muestreo 2021, registro de copias no controladas).

Env.SIG-2021	Copia no controlada*	Julio-2021																		
<div style="text-align: center;">  <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 045</p>  <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 045</p> <p>INFORME DE ENSAYO FQ N° 210617-018</p> <hr/> <p>Nombre del solicitante : Denis Ojeda Solís. Dirección de la Empresa : - Solicitado por : INCALAB del Perú S.A.C. - Enviropetrum S.A.C.</p> <p>DATOS DE LA MUESTRA:</p> <p>Procedencia : Carhuamayo, Junín. Muestreo : Realizado por el solicitante. Referencia : NS 210617 Orden de Trabajo : 07218.0617 Cantidad de muestras : 6 Presentación : Envase de vidrio de primer uso. Fecha de muestreo : 12 de junio de 2021. Fecha de recepción : 14 de junio de 2021. Fecha de inicio de ensayos : 15 de junio de 2021. Fecha de término de ensayos : 18 de junio de 2021. Condiciones de recepción : En aparente buen estado a temperatura de refrigeración.</p> <p>MÉTODOS DE ENSAYO</p> <table border="1" data-bbox="422 1182 1181 1556"> <thead> <tr> <th>Determinación</th> <th>Norma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numeración de Coliformes Termotolerantes.</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B - E (1-2) 22nd Ed. 2012. Multiple – Tuber Fermentation for Members of the Coliform Group. Standar Total Coliform Fermentation Technique.</td> </tr> <tr> <td>Cloruros</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-CL B, 22nd Ed. 2012 Chloride Argentometric Method.</td> </tr> <tr> <td>Conductividad eléctrica (campo)</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012. Chromium Colorimetric Method.</td> </tr> <tr> <td>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 5210 B, 22nd Ed. 2012 BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD). 5-DAY BOD TEST.</td> </tr> <tr> <td>pH (campo)</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-H+ B, 22nd Ed pH Value. Electrometric Method 2012.</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Disueltos Totales (SDT)</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 C, 22nd Ed. 2012. SOLIDS. TOTAL DISSOLVED SOLIDS DRIED AT 180°C.</td> </tr> <tr> <td>Sulfuros</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-S (2-) D, 22nd Ed. 2012. Sulfide Methylene Blue Method.</td> </tr> <tr> <td>Temperatura (campo)</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2550 B, 22nd Ed. Temperature. Laboratory and Field Methods 2012.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Observaciones:</p> <p>- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un período de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.</p> <p><small>Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIFICAL S.A.C. FR-95/Wa-02</small></p> <p>Av. Sucre N° 1361 Pueblo Libre, Teléfono: 461-1036 – 637-4777 / E-mail: informes@certifical.com.pe</p> <div style="text-align: right;">  </div> </div>			Determinación	Norma	Numeración de Coliformes Termotolerantes.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B - E (1-2) 22nd Ed. 2012. Multiple – Tuber Fermentation for Members of the Coliform Group. Standar Total Coliform Fermentation Technique.	Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-CL B, 22nd Ed. 2012 Chloride Argentometric Method.	Conductividad eléctrica (campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012. Chromium Colorimetric Method.	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 5210 B, 22nd Ed. 2012 BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD). 5-DAY BOD TEST.	pH (campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-H+ B, 22nd Ed pH Value. Electrometric Method 2012.	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 C, 22nd Ed. 2012. SOLIDS. TOTAL DISSOLVED SOLIDS DRIED AT 180°C.	Sulfuros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-S (2-) D, 22nd Ed. 2012. Sulfide Methylene Blue Method.	Temperatura (campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2550 B, 22nd Ed. Temperature. Laboratory and Field Methods 2012.
Determinación	Norma																			
Numeración de Coliformes Termotolerantes.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B - E (1-2) 22nd Ed. 2012. Multiple – Tuber Fermentation for Members of the Coliform Group. Standar Total Coliform Fermentation Technique.																			
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-CL B, 22nd Ed. 2012 Chloride Argentometric Method.																			
Conductividad eléctrica (campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012. Chromium Colorimetric Method.																			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 5210 B, 22nd Ed. 2012 BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD). 5-DAY BOD TEST.																			
pH (campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-H+ B, 22nd Ed pH Value. Electrometric Method 2012.																			
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 C, 22nd Ed. 2012. SOLIDS. TOTAL DISSOLVED SOLIDS DRIED AT 180°C.																			
Sulfuros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-S (2-) D, 22nd Ed. 2012. Sulfide Methylene Blue Method.																			
Temperatura (campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2550 B, 22nd Ed. Temperature. Laboratory and Field Methods 2012.																			
01 de 02 - Informe de ensayo - Calidad de agua.	VºBº-0014-SIG-SGA-Hyo																			

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -
DA CON REGISTRO N° LE - 045



INFORME DE ENSAYO FQ N° 210617-018

Puntos de Muestreo	Hora de muestreo		Coordenadas		Altitud (msnm)
	Inicio	Termino	Norte	Este	
CA-DO-01	11:00 am	-	8793881	387214	4290
CA-DO-02	11:30 am	-	8739210	384526	4129
CA-DO-03	12:00 m	-	8793171	383702	4112

ENSAYOS		CÓDIGO(P)	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS
Cloruros		CA-DO-01	mg/L	0.66	2.10	14.2
		CA-DO-02				11.1
		CA-DO-03				21.1
Sulfatos		CA-DO-01	mg/L	0.3	0.1	35.2
		CA-DO-02				102.0
		CA-DO-03				12.1
Sólidos Disueltos Totales		CA-DO-01	mg/L	-	-	113.0
		CA-DO-02				132.0
		CA-DO-03				128.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno		CA-DO-01	mg/L	2.0	-	19.4
Coliformes termotolerantes		CA-DO-01	NPM/100 ml	1.1	1.1	6.6
		CA-DO-02				6.6
		CA-DO-03				25.9
Cloro residual		CA-DO-01	CIO*	-*	-*	0
		CA-DO-02				6.5
		CA-DO-03				4.8

*No acreditado.

Emitido en Lima el 18 de junio de 2021.

CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
QUIN VILMA SARMIENTO ZAVALA
JEFE DE DPTO LABORATORIO
C.Q.P. N° 253

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a (los) (muestrita) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe. Sin autorización escrita de CERTIFICAL S.A.C. FR - 65/V4 - 02

Av. Sucre N° 1361 Pueblo Libre, Teléfono: 461-1036 - 637-4777 / E-mail: informes@certifical.com.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"

Anexo 3. Cadena de custodia (análisis 2021).



CADENA DE CUSTODIA DE CALIDAD DE AGUA

SIG-MO-P-01-F-01
 N° de Cadena: 01-D0
 Pág. 01 de 01

Razón Social: Denis Ojeda Solís. Solicitado por: Denis Ojeda Solís. Informe de Monitoreo N°:
 Procedencia: Juin - Carhuamayo. Contacto: Enviropetrum S.A.C.
 Referencia: Enviropetrum - Monitoreo Ambiental

Muestreo: Realizado por Incalab Realizado por el Cliente

N°	Código de Estación	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Coordenadas E Este, N Norte, C Cota	Tipo de muestra (litro)	Análisis							Código de Laboratorio (1)	N° Frascos	Observaciones
						PH	DT	Cloro	NO ₃	NO ₂	NO ₂₊₃	Amo ₄			
1	CA-D0-01	12/06/21	11:00am	E 38 4444 N 8223881 C 4290	Am2	X	X	X	X	X	X		06	2L (amb @ 3°C)	
2	CA-D0-02	12/06/21	11:30am	E 38 4576 N 8223770 C 4124	Am6	-	X	X	X	X	X				
3	CA-D0-03	12/06/21	12:00pm	E 38 4472 N 8223741 C 4112	Am6	-	X	X	X	X	X				
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
Tipo de envase (g)						V	V	V	V	V	V		Total	06	

Donde:
 (1) Información ingresada en Recepción
 (2) Categoría:
 AN=Agua Natural, AR=Agua Residual,
 AC=Agua de Uso y Consumo Humano,
 AS=Agua Salina, AP=Agua de Proceso
 (3) Subcategorías:

AN	AR	AC	AS	AP
1 Subterránea	3 Doméstica	6 Agua de Bebida	9 Mar	13 Agua de Circulación
4 Industrial	7 Agua de Placina	11 Salmuera	10 Salobre	14 Agua de Alimentación
2 Superficial	5 Municipal	8 Agua de Laguna Artificial	12 Agua de Inyección	15 Agua de Calderas
				16 Agua de Lavación
				17 Agua Purificada
				18 Agua de Inyección

(4) VA=Vidrio Ámbar, V=Vidrio,
 P=Polietileno, PO=Polietileno Oscuro
 CAUDAL:
 QV=Caudal Volumetrico, QF=Caudal Flotador, QC=Caudal Correntometro

Metales Totales:
 Metales Disueltos:
 Información adicional: Hechos de Campo: pH - T° - CE (multiparametro)

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

Nombre: Enviropetrum S.A.C.
 Firma: V.O.B. → S.I.B.
 Informe de Laboratorio N°:

Nombre y Firma del Analista de Monitoreo:
 Nombre y Firma del Cliente:

Sello - Fecha de Recepción

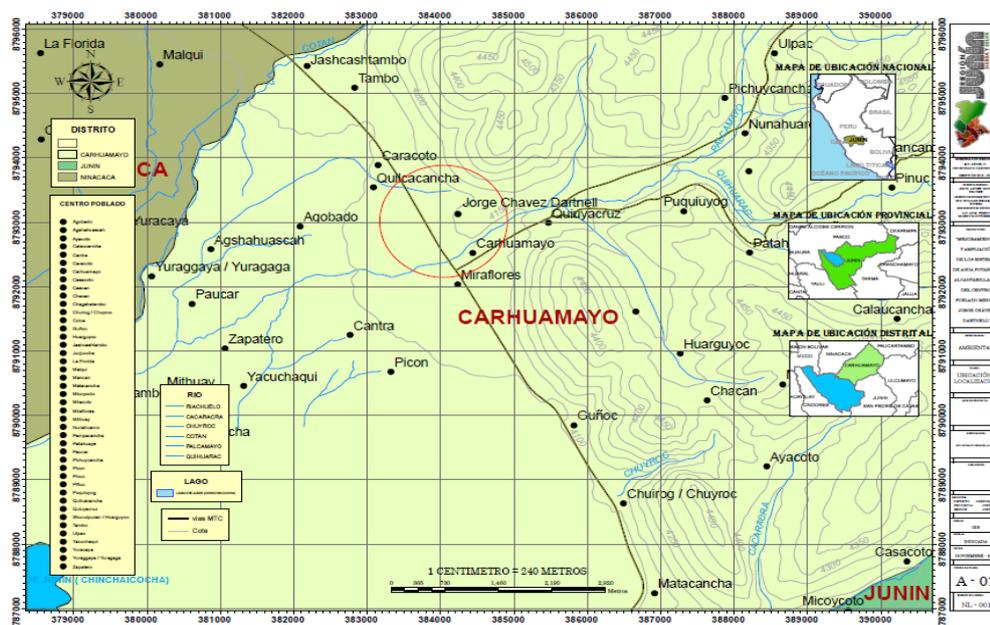
FC : Ago -11
 FR/V: Nov - 15/06
 Contacto: INCALAB del Perú S.A.C. E-mail: informes@incalab.com.pe Teléfono: 777-3834

Anexo 4. Evidencia de la ficha de revisión documental (evidencia de revisión del IGA).

Instrumento de recolección de datos:

FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTAL

- **Tesista:** Bach. Denis Ojeda Solís.
- **Título de la tesis:** Evaluación de las condiciones hídricas y su relación con la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021.
- **Objetivo:** cotejar datos relevantes acerca de los antecedentes históricos en marco del mejoramiento de la distribución, tratamiento y preservación de los recursos hídricos en el distrito de Carhuamayo, provincia de Junín, departamento de Junín.
- **Documentación cotejada:**
 - Instrumento de Gestión Ambiental del proyecto: “Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado del Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell”.
 - Fechas de ejecución del proyecto: 2015 - 2019.
 - Entidades ejecutora o consultora: Gobierno Regional de Junín.
 - Responsable del proyecto: Sub Gerencia de Estudios - Ing. Marcial Castro.
 - Formalidad de la evaluación de los servicios de monitoreo ambiental (2019): Informe Técnico N° 021-2019-GRJ-GRI/SGE/ECO-ESV.
 - Área de intervención del proyecto y monitoreo ambiental:



- Evidencia de cotejo de parte del reporte de Monitoreo y Calidad de Factores Ambientales del proyecto:



III. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

3.1. UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell

La localidad del Centro Poblado de Jorge Chávez Dartnell se ubica en el distrito de Carhuamayo, Provincia de Junín, región Junín. Se encuentra a una altitud de 4,135 m.s.n.m con coordenadas 8792949-N y 383573-E.

Cuadro N° 1: Limite del Centro Poblado Menor Jorge Chávez Dartnell

LADO	DISTRITO
NORTE	NINACACA (Cerro de Pasco)
ESTE	PAUCARTAMBO y ULCUMAYO
SUR	JUNÍN
OESTE	LAGO JUNÍN

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI.

Imagen N° 1: Vista Satelital del Centro Poblado Jorge Chávez Dartnell



- Contenido del reporte de Monitoreo y Calidad de Factores Ambientales del proyecto:
 - ✚ Marco legal.
 - ✚ Aspecto técnico: fundamentos, principios, plan, importancia y criterios de monitoreo ambiental; Estándares de Calidad Ambiental.

- ✚ Descripción de la zona del proyecto: ubicación, extensión y emplazamiento del proyecto (condiciones hídricas respecto de la **captación, reservorio, tratamiento y distribución** del agua); características geográficas y ambientales: medio físico (pendiente no representativa), biológico (flora y fauna acorde a la zona de vida respecto de la altitud mayor a 4 000 msnm) y social (actividad productiva agrícola).
- ✚ Evaluación de la calidad ambiental: calidad de agua (importancia, finalidad, metodología y protocolo de monitoreo de agua).
- ✚ Evidencia de data histórica, así como puntos de verificación y evaluación posterior (2021):

II. EVALUACIÓN DE RESULTADOS CON LOS ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA - CATEGORIA I

PARAMETROS	Unidad	NORMATIVA	ECA - Cat. I D.S. N° 004-2017- MINAM	RESULTADOS						
				PMA 001	PMA 002	PMA 003	PMA 004	PMA 005	PMA 006	PMA 007
FISICOQUIMICO										
Acidimetria rotar	mg CaCO ₃ /L	EPA-821		31.9	65.4	74.0	144.0	200.0	166.0	180.0
Cloruros	mg Cl-/L	EPA 325.3	250	2.90	13.2	7.30	12.0	16.0	15.0	14.0
Cloro Residual	ClO		5	0.0	0.0	5.3	3.2	3.1	3.2	3.2
Conductividad a 25 °C	µS/cm	EPA 120.1	1500	146.0	240.0	310.0	220.0	210.0	230.0	260.0
Dureza	mg CamgCO ₃ /L	NTP 214.018:1999	500	113.0	113.0	162.0	103.0	154.0	143.0	166.0
Calcio	mg/L	Part 4500-NO ₃ ⁻ E, 22nd Ed. 2012.		37.60	45.60	60.0	41.3	48.0	55.4	48.4
Potencial de Hidrógeno (pH)*	Valor de pH	pH Value, Electrometric Method.	6.5 - 8.5	6.5	8.1	8.0	7.6	7.6	7.6	7.8
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2540 B Secado a 103-105 °C	1000	104.0	110.0	130.0	100.0	102.0	120.0	125.0
Sulfatos	mg SO ₄ /L	NTP 339.178	250	29.0	32.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Turbiedad	UNT	EPA. 180.1	5	1.0	2.8	1.8	2.05	0.85	1.15	0.92
MICROBIOLÓGICOS										
Coliformes-Totales	NMP/100 mL	SM 9221 B, 22 nd Ed. Multiple-Tube fermentation.	50	14.5	14.5	12.0	11.7	11.5	11.5	12.0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SM 9230 B, Fecal Enterococcus/Streptococcus Groups. Multiple-Tube Technique.	20	6.5	6.5	6.4	6.3	6.4	6.4	7.6
FISICOQUIMICO										
Acidos y Grasas	mg/L	EPA-821		20			2.5			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5210-B ROB 5 Dias.		100			170.0			

- ✚ Existencia de informes de ensayo: si: 027-PT.
- ✚ Los puntos de muestreo que se consideran como representativos son: captación (naciente, agua natural), reservorio (sujeto a tratamiento) y aguas abajo (CP Jorge Chávez Dartnell).

Anexo 5. Estimación del ICA-PE.

				2019			2021		
				Puntos de muestreo					
Parámetros		Unidad	ECA Cat. 1 A1	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03	CA-DO-01	CA-DO-02	CA-DO-03
Fisicoquímicos	pH	U. de pH	6,5 - 8,5	8.1	8	7.8	8	8	7.7
	T°	° C	Δ3	20	20	18	21	20	19
	Conductividad eléctrica	μS/cm	1600	240	310	260	250	330	290
	Cloruros	mg/l	250	13,2	7.3	14	14.2	11.1	21.1
	Sulfatos	mg/l	250	32	80	0	35.2	102	12.1
	Cloro residual	CIO	-	0	5.3	3,2	0	6,5	4.8
	SDT	mg/l	1000	110	130	125	113	132	128
	DBO ₅	mg/l	3	9	-	-	19.4	-	-
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	20	6.5	6.4	7.6	6.6	6.6	25.9
Datos	# de parámetros que no cumplen el ECA			1			2		
	# total de parámetros a evaluar			8			8		
	# total de datos que no cumplen el ECA			1			2		
	Número total de datos			24			24		
F3	F1			0.13			0.25		
	F2 para único monitoreo por año			0.13			0.25		
F3	DBO ₅	mg/l	3	2			5.467		
	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	20						0.295
Suma normalizada de excedentes				0.08			0.24		
F3				7.69			19.36		
ICA-PE				95.558			88.822		
ICA-PE para único monitoreo por año				95.558			88.821		

Anexo 6. Panel fotográfico referencial.



Fotografías 01 y 02. Captación del agua.



Fotografías 03 y 04. Conducción hacia el reservorio.



Fotografía 05. Reservorio.



Fotografía 06. Punto de muestreo - CP Jorge Chávez Dartnell.



Fotografías 07 y 08 Líneas de conducción/distribución.



Fotografía 09. Evaluación de las condiciones hídricas en conjunto con la población.