



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca  
Quilca-Chili en el periodo 2016-2021, Arequipa 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTOR:**

Monjarás Mendoza, Kimberly Ninoska (**ORCID:** 0000-0002-6645-0050)

**ASESOR:**

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (**ORCID:** 0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos quienes con su amor me estuvieron acompañando en todo momento. También este trabajo va dedicado a mi abuelo quien me cuida desde el cielo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiar mi camino y ayudarme a culminar exitosamente mi carrera profesional.

A mis padres por apoyarme incondicionalmente.

A la UCV por permitirme titular me dentro de sus instalaciones.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	34
3.2. Variables y Operacionalización.....	35
3.3. Población, Muestra, Muestreo y Unidad de Análisis .....	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.5. Procedimiento.....	40
3.6. Método de análisis de datos .....	54
3.7. Aspectos éticos .....	55
IV. RESULTADOS.....	56
4.1. Características fisicoquímicas y biológicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo del 2016-2021. ....	57
4.2. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales en la cuenca Quilca-Chili en el periodo del 2016-2021. ....	75
4.3. Modelamiento de la Calidad del Agua en la cuenca Quilca-Chili aplicando el modelo matemático QUAL2K. ....	86
V. DISCUSIÓN.....	97
VI. CONCLUSIONES .....	101

VII. RECOMENDACIONES .....	103
REFERENCIAS .....	105
ANEXOS.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de los Modelos Matemáticos .....	14
<b>Tabla 2</b> Modelos de la Calidad del Agua Superficial .....	21
<b>Tabla 3</b> Variables del Modelo QUAL2K.....	23
<b>Tabla 4</b> Colores de las Pestañas de Excel.....	25
<b>Tabla 5</b> Resumen de los índices de calidad del agua desarrollados .....	27
<b>Tabla 6</b> Fórmulas para el cálculo del WQI .....	29
<b>Tabla 7</b> Formulas para el Cálculo del ICARHS .....	30
<b>Tabla 8</b> Valoración del ICARHS.....	32
<b>Tabla 9</b> Descripción de los Puntos de Monitoreo en la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021 .....	36
<b>Tabla 10</b> Muestras Totales para la investigación entre los años 2016 al 2021 .....	38
<b>Tabla 11</b> Monitoreos Realizados.....	38
<b>Tabla 12</b> Puntuación de Valoración de Instrumentos .....	40
<b>Tabla 13</b> Parámetros fisicoquímicos y biológicos para la caracterización de la cuenca Quilca - Chili .....	42
<b>Tabla 14</b> Parámetros a modelar en el modelo matemático QUAL2K .....	46
<b>Tabla 15</b> Georreferenciación de los tramos a modelar con el QUAL2K. ....	48
<b>Tabla 16</b> Características Hidráulicas de los tramos a modelar con el QUAL2K ...	49
<b>Tabla 17</b> Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA - AGUA. Año 2016.	58
<b>Tabla 18</b> Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2017. ....	61
<b>Tabla 19</b> Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2018. ....	64
<b>Tabla 20</b> Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2019. ....	67
<b>Tabla 21</b> Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2020. ....	70
<b>Tabla 22</b> Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2021. ....	73
<b>Tabla 23</b> Resultado ICARHS en la cuenca Quilca – Chili por Monitoreo.....	75

<b>Tabla 24</b> Calificación ICARHS en el río Principal de la cuenca Quilca - Chili entre 2016 - 2021.....	76
<b>Tabla 25</b> Calificación ICARHS en los ríos tributarios de la cuenca Quilca - Chili entre 2016 - 2021.....	76
<b>Tabla 26</b> Operacionalización de las Variables .....	114
<b>Tabla 27</b> Características Fisicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 1 - A2.....	155
<b>Tabla 28</b> Características Fisicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 3 - D1 .....	156
<b>Tabla 29</b> Características Fisicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 3 - D2 .....	157
<b>Tabla 30</b> Características Fisicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 4 - E2.....	158
<b>Tabla 31</b> Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2016. ....	159
<b>Tabla 32</b> Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2017. ....	162
<b>Tabla 33</b> Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2018. ....	165
<b>Tabla 34</b> Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2019. ....	168
<b>Tabla 35</b> Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2020. ....	171
<b>Tabla 36</b> Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2021. ....	174
<b>Tabla 37</b> Cálculo del ICARHS en la zona Alta y Media de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021 en el Río Principal.....	177
<b>Tabla 38</b> Cálculo del ICARHS en la zona Media y Baja de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021 en el Río Principal.....	178
<b>Tabla 39</b> Cálculo del ICARHS en los ríos Tributarios de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021. ....	179
<b>Tabla 40</b> Cálculo del ICARHS de los ríos tributarios de la Unidad Hidrográfica Siguas de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021. ....	180
<b>Tabla 41</b> Cálculo del ICARHS de los ríos tributarios de la Unidad Hidrográfica Siguas de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021. ....	181

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	La relación entre la realidad y un modelo .....	13
<b>Figura 2</b>	Proceso de Modelado de la Calidad del Agua .....	17
<b>Figura 3</b>	Diagrama esquemático del Proceso de Calibración del Modelo .....	18
<b>Figura 4</b>	Vista Simplificada del Proceso de Verificación y Validación del Modelo	19
<b>Figura 5</b>	Dominio de Validación y Aplicación para dos Variables de Diseño.....	20
<b>Figura 6</b>	Esquema de Segmentación QUAL2K.....	22
<b>Figura 7</b>	Equilibrio del Flujo .....	23
<b>Figura 8</b>	Balance de Masa.....	25
<b>Figura 9</b>	Estructura General de un índice .....	27
<b>Figura 10</b>	Valor CCME WQI .....	30
<b>Figura 11</b>	Parámetros a Evaluar en el ICARHS .....	31
<b>Figura 12</b>	Procedimiento del ICARHS .....	32
<b>Figura 13</b>	Puntos de Monitoreo en la cuenca Quilca – Chili .....	37
<b>Figura 14</b>	Diagrama del Procedimiento de Investigación .....	41
<b>Figura 15</b>	Ejemplo del Icono para la representación del ICARHS.....	45
<b>Figura 16</b>	Segmentación del río principal y los ríos Tributarios para la modelación con el QUAL2K. ....	47
<b>Figura 17</b>	Configuración del modelo en QUAL2Kw .....	50
<b>Figura 18</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Headwater" .....	51
<b>Figura 19</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Reach" .....	51
<b>Figura 20</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Air Temperature" ..	52
<b>Figura 21</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Wind Speed" .....	52
<b>Figura 22</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Point Sources" .....	52
<b>Figura 23</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Temperature Data" .....	53
<b>Figura 24</b>	Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "WQ Data" .....	53
<b>Figura 25</b>	Corrida de datos de modelación con el QUAL2K.....	54
<b>Figura 26</b>	Gráfica de los Puntos de Monitoreo del Año 2016.....	57
<b>Figura 27</b>	Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2017. ....	60
<b>Figura 28</b>	Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2018. ....	63
<b>Figura 29</b>	Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2019. ....	66

<b>Figura 30</b> Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2020. ....	69
<b>Figura 31</b> Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2021. ....	72
<b>Figura 32</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021. ....	77
<b>Figura 33</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Alto Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021. .....	78
<b>Figura 34</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Medio-Alto Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.....	78
<b>Figura 35</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Medio Quilca-Vítor-Chili periodo 2016- 2021.....	79
<b>Figura 36</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Medio-Bajo Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.....	80
<b>Figura 37</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Bajo Quilca-Vítor-Chili periodo 2016- 2021.....	81
<b>Figura 38</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Sumbay periodo 2016-2021.....	82
<b>Figura 39</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Blanco periodo 2016-2021.....	82
<b>Figura 40</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Yura periodo 2016-2021. ....	83
<b>Figura 41</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Medio Quilca-Vítor-Chili periodo 2016- 2021. - Ríos Tributarios.....	84
<b>Figura 42</b> Mapa del ICARHS en la U.H. Siguas periodo 2016-2021. ....	85
<b>Figura 43</b> Modelamiento de la Temperatura en la Cuenca Quilca-Chili para el año 2021.....	87
<b>Figura 44</b> Modelamiento de la Conductividad Eléctrica en la Cuenca Quilca-Chili para el año 2021. ....	88
<b>Figura 45</b> Modelamiento del pH en la Cuenca Quilca-Chili para el año 2021. ....	89
<b>Figura 46</b> Modelamiento del Oxígeno Disuelto en la cuenca Quilca-Chili para el año 2021. ....	90
<b>Figura 47</b> Modelamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021.....	91
<b>Figura 48</b> Modelamiento del Nitrogeno Total en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021.....	92
<b>Figura 49</b> Modelamiento del Amoniaco-N en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021.....	93

<b>Figura 50</b> Modelamiento del Nitrato en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021 ....	94
<b>Figura 51</b> Modelamiento del Fosforo Total en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021 .....	95
<b>Figura 52</b> Modelamiento de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021 .....	96
<b>Figura 53</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2016. ....	161
<b>Figura 54</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2017. ....	164
<b>Figura 55</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2018. ....	167
<b>Figura 56</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2019. ....	170
<b>Figura 57</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2020. ....	173
<b>Figura 58</b> Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2021. ....	176
<b>Figura 59</b> Simulación de las características Hidráulicas en los tramos de la cuenca Quilca-Chili .....	182
<b>Figura 60</b> Simulación de la Temperatura en los tramos de la cuenca Quilca-Chili .....	183
<b>Figura 61</b> Simulación de los tramos de la cuenca Quilca-Chili .....	184

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AAA	: Autoridad Administrativa del Agua.
ALA	: Administraciones Locales del Agua.
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
CCME	: Canadian Council of Ministers of the Environment.
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	: Demanda Química de Oxígeno.
D.S.	: Decreto Supremo.
ECA	: Estándar de Calidad del Agua.
EPA	: Environmental Protection Agency.
ICARHS	: Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
MMC	: Millones de Metros Cúbicos.
NSE	: Normalized sum of Excursions.
NSF	: National Sanitation Foundation.
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
OD	: Oxígeno Disuelto.
PS	: Panel Surveys.
PTAR	: Planta de Tratamiento de Agua Residual.
RHS	: Recurso Hídrico Superficial.
R.J.	: Resolución Jefatural.
SCS	: Society for Computer Simulation.
SQA	: Software Quality Assurance.
UNESCO	: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
VBA	: Visual Basic for Applications.
WASP	: Water Quality Analysis Simulation Program.
WQI	: Water Quality Indices.

## RESUMEN

La cuenca Quilca-Chili se encuentra ubicada en el departamento de Arequipa, siendo de vital importancia para la población, la conservación del ambiente acuático y la industria. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el modelamiento de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016-2021. Siendo una investigación del tipo aplicativo, con un diseño no experimental de carácter longitudinal del tipo tendencia. Trabajando con una muestra de 22 puntos de monitoreo provenientes de los monitoreos del ALA-Chili, determinando así el ICARHS de la cuenca en los últimos 6 años, evaluando el comportamiento de 7 parámetros mediante el modelamiento QUAL2K en la zona media de la cuenca. Los resultados obtenidos evidenciaron que la calidad del agua tiene una calificación ICARHS que va de “PÉSIMO” a “EXCELENTE” en el río principal y de “MALO” a “EXCELENTE” en los ríos tributarios, además la simulación en el río Chili demostró la perturbación existente en el recurso hídrico donde los coliformes termo tolerantes presentaron un valor de hasta 22000 NMP/100ml. Se concluye que la calidad del agua en la cuenca Quilca-Chili se ha visto afectada principalmente por actividad antropogénicas que ha alterado la calidad del recurso hídrico en los últimos años.

**Palabras Clave:** Calidad del agua, ICARHS, Cuenca Quilca-Chili, modelo QUAL2K.

## ABSTRACT

The Quilca-Chili basin is located in the department of Arequipa, being of vital importance for the population, the conservation of the aquatic environment and industry. The main objective of this research was to evaluate the modeling of surface water quality in the Quilca-Chili basin in the period 2016-2021. Being an investigation of the applicative type, with a non-experimental design of longitudinal character of the trend type. Working with a sample of 22 monitoring points from the ALA-Chili monitoring, thus determining the ICARHS of the basin in the last 6 years, evaluating the behavior of 7 parameters mediating the QUAL2K modeling in the middle zone of the basin. The results obtained showed that the water quality has an ICARHS rating ranging from "TERRIBLE" to "EXCELLENT" in the main river and from "BAD" to "EXCELLENT" in the tributary rivers, in addition the simulation in the Chili River demonstrated the disturbance existing in the water resource where the thermotolerant coliforms presented a value of up to 22000 NMP/100ml. It is concluded that the quality of water in the Quilca-Chili basin has been mainly affected by anthropogenic activity that has altered the quality of the water resource in recent years.

**Keywords:** Water quality, ICARHS, Quilca-Chili Basin, model QUAL2K.

# **I. INTRODUCCIÓN**

El planeta Tierra llega a abarcar a más de 6000 millones de seres humanos que junto a una gran variedad de especies animales se encuentran habitando todos los distintos ecosistemas dando uso de recursos que se pueden y no volver a regenerar, un claro caso son el agua superficial y el suelo; recursos que el planeta autogenera a diario. El recurso hídrico es uno de los más abundantes en la Tierra, sin embargo, sólo se cuenta con el 2.53% de agua dulce, donde dos tercios de la misma se encuentran almacenadas en los glaciares y zonas con nevadas, teniendo un difícil acceso para su utilización; mientras que alrededor de 8000 km<sup>3</sup> de agua dulce se encuentran almacenadas en los lagos, ríos y distintos acuíferos. Siendo así que en un año se llega a extraer el 8% de agua dulce de fuentes renovables, como ríos; un 26% de la evapotranspiración y un 54% del agua de escorrentía. (UNESCO, 2003)

Contando con una cantidad de agua dulce tan reducida y distribuida de forma dispareja, ya que alrededor de 2800 millones de personas, aprox. 40% de la población; carecen de acceso de agua dulce de buena calidad; lo que se ha transformado en 2 millones de personas se mueren al año por enfermedades de origen de agua infectadas, donde el 70% son niños. (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010) En el año 2018 se empleó el 29.3% del agua para uso consuntivo y el 70.7% en no consuntivo por el crecimiento poblacional trayendo consigo tensiones en el uso del recurso hídrico, mientras que el cambio climático provocó el 51% de los glaciares se hayan derretido en los últimos 50 años. (OECD, 2021)

El Perú cuenta con un volumen anual promedio de 2 046287 MMC de agua, estando dentro de los 20 países más ricos del mundo con oferta hídrica, contando con tres vertientes hidrográficas distribuidas en el territorio de forma desigual. La vertiente con mayor volumen de agua es la del Atlántico donde habita el 30% de la población, seguidamente se encuentra la Vertiente del Pacífico que cuenta con el 1.8% de volumen de agua, pero cuenta con el 65% de la población peruana; finalmente la vertiente del Titicaca cuenca con el 0.5% de volumen de agua. (Amarildo Fernández, 2011) El país es el tercer en Latinoamérica con un mayor número de tierras secas, cubriendo el 40% de su superficie, lo que una inadecuada administración en el cuidado y conservación de la calidad del agua puede llegar a afectar a los ecosistemas acuáticos, viéndose afectadas las actividades

económicas en las que se emplea el agua en su mayoría: el riego de cultivos, la acuicultura, entre otras actividades.

Teniendo presente lo dicho en líneas arriba es necesario contar con una buena gestión en los recursos hídricos, la cual se apoya en una correcta legislación y así permitir el cumplimiento de la misma. (OECD, 2021) Siendo así, que el Perú desde el año 1993 cuenta con normativa que promueve el uso sostenible de todos los recursos naturales y a su vez la protección de la salud de las personas, estableciendo así todos los derechos y obligaciones que tiene una persona natural y jurídica en el cuidado del medio ambiente. Ahora bien, desde el 2008 contamos con el ECA para agua que nos indican de manera cuantitativa el nivel de la contaminación en los cuerpos de agua, aplicando mejoras en las gestiones de su cuidado y conservación, es por eso que como parte de conocer la realidad de la calidad del agua en el país la ANA en el año 2010 llegó a identificar 41 unidades hidrográficas con excedentes en sus parámetros, según lo establecido en la norma para el tipo de uso que se le da al cuerpo de agua, teniendo como causante de esta contaminación el vertimiento de aguas residuales de origen industrial, doméstica y municipal. (Espinoza, 2017)

A diferencia de como se conoce la delimitación política del territorio peruano, el ANA estableció una delimitación hidro geográfica que permite tomar mejores decisiones en el cuidado y conservación del recurso hídrico, teniendo presente desde su nacimiento hasta su desembocadura, trayendo consigo mejoras en la distribución de su uso según las características geográficas de la cuenca hidrográfica delimitada. Siendo así, que la cuenca hidrográfica Quilca – Chili con una extensión de 13 817.39 km<sup>2</sup> comprende en su totalidad el departamento de Arequipa y diversos sectores de los departamentos de Puno y Moquegua.

En el año 2011 se ejecutó el 1er monitoreo participativo en la cuenca identificando 23 vertimientos de aguas residuales municipales, 4 vertimientos de origen industrial, 9 botaderos y 2 vertimientos de origen agrícola. (Administración Local del Agua Chili, 2011) Con el pasar de los años se siguió realizando los monitoreos en las temporadas de estiaje y secas, dejando los resultados obtenidos como información pública y libre acceso a todo ciudadano que lo solicitara. Los informes de monitoreo presentados presentan información técnica indicando si se da el cumplimiento legal en el cuidado de la cuenca, pero una persona natural sin dicho

conocimiento técnico se le es difícil poder comprender claramente los resultados obtenidos durante dicho monitoreo, dificultando así la participación del ciudadano en el cuidado del agua.

De tal forma mediante la RJ 084-2020-ANA se estableció la metodología del índice de calidad ambiental para los recursos hídricos superficiales (ICARHS), herramienta matemática que integra diversos parámetros transformándolo en una escala de medición de calidad del agua; siendo esta herramienta una solución a la comprensión de los informes técnicos presentados por la Autoridad del agua a la población. Los ICARHS empleados por el ANA aplican la fórmula matemática propuesta por el CCME, que tiene presente los parámetros que no han cumplido con los estándares establecidos dentro de la normativa. El ICA aún es una herramienta relativamente nueva, de poca difusión y aplicación por las entidades. A su vez, con la finalidad de poder simular el comportamiento de los parámetros de calidad del agua superficial y hacer una representación aproximada de la realidad surgen los modelos matemáticos para la simulación de la calidad del agua. El modelamiento es una abstracción de todo un sistema mediante el cual se hacen predicciones o inferencias con relación al sistema real. (Bézivin & Gerbé, 2001)

Siendo así que el **problema general** que tiene es ¿Cómo modelar la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016-2021?, partiendo de este problema principal se indica que se tienen los siguientes **problemas específicos** dentro de la investigación: ¿Cuáles son las características físico químicas y biológicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016-2021? Y ¿Cuál es el Índice De Calidad Ambiental del Recurso Hídrico Superficial de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016-2021? ¿Cómo modelar la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca-Chili aplicando el modelo matemático QUAL2K? El **objetivo general** de la investigación fue: Evaluar el modelamiento de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021, y los **objetivos específicos** son: Identificar las características fisicoquímicas y biológicas de la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021, Determinar el Índice de Calidad Ambiental del Recurso Hídrico Superficial de la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021 y Analizar el modelamiento de calidad del agua superficial en la cuenca Quilca-Chili aplicando el modelo matemático QUAL2K.

La investigación busca determinar la calidad del agua en la cuenca hidrográfica aplicando la herramienta matemática ICARHS junto con el modelamiento matemático QUAL2K haciendo una representación del sistema real, aportando un conocimiento claro, real y simplificado del estado del cuerpo del agua durante un periodo de tiempo, los resultados lograrán que no únicamente las personas con conocimientos técnicos comprendan los resultados obtenidos en los monitoreos realizados sino que todo ciudadano sin dichos conocimientos puedan comprender y participar de forma más activa en el cuidado y conservación del cuerpo de agua. Además, que mediante el modelamiento se podrá representar adecuadamente el comportamiento y transporte de los contaminantes y diversos parámetros que determinan la calidad del agua.

Por otra parte, la investigación le permite a la sociedad presente y futura poder tomar un mejor accionar en la conservación y cuidado de toda la cuenca Hidrográfica, ya que al llenar un vacío de conocimiento en el estado del agua que emplean se aplicaría mejoras a corto, medio y largo plazo consiguiendo mejoras en la calidad de vida de las personas.

Los resultados mostrados en la investigación permitirán conocer si el gestionar de las autoridades en el cuidado del medio acuático es el adecuado y en qué zonas de la cuenca es donde se tiene que dar mayor prioridad para proporcionar mejoras a corto plazo. Puesto que se hará una representación del sistema del cuerpo de agua permitiendo tomar decisiones a futuro orientadas a una mejor calidad y distribución de este recurso tan indispensable.

Finalmente, faculta a las distintas provincias a la que pertenece la cuenca comunicarse entre ellas y sus mismos distritos para armar un plan de acción para la conservación del agua desde sus localidades, este accionar conjunto de las autoridades se transformará en una reducción de costos a un mediano y largo plazo, puesto que habrá una reducción de costos en los tratamientos de las aguas ya que cada uno preservará mejor sus cauces de ríos.

## **II. MARCO TEÓRICO**

**González Marañón, Palacios Mulgado, & Domínguez Gonzáles, (2021)**

buscaron evaluar la variación espacial y temporal de la calidad del agua en la cuenca Guaos – Gascón entre los meses de febrero y abril del 2017 por los vertimientos residuales domésticos e industriales que se generan en la zona. Se trabajó con tres muestreos en época seca, con 8 muestras tomadas a lo largo de la cuenca tuvieron una profundidad entre 10 a 15 cm, en cada punto de muestreo se determinaron 24 parámetros fisicoquímicos y 3 microbiológicos para evaluar el nivel de contaminantes presentes en la cuenca. La investigación fue del tipo experimental, los resultados se procesaron en el Microsoft Office Excel 2019, Sistema Estadístico STATGRAPHIC Centurión y ORIGIN 8.0.

La investigación demostró que la temperatura, el pH y los SS no tienen influencia en la contaminación en la cuenca, sin embargo, se contó con niveles de turbidez elevados en las estaciones de muestreo 4, 7 y 8. Las concentraciones medias a lo largo de la cuenca fue de 249.31 mg/l estando con un intervalo de 88.12 a 396 mg/l. Además, que se presentaron diferencias estadísticas en el p-valor entre las primeras 4 estaciones con un valor de 0.02 y las 4 últimas estaciones de muestreo de 0.01. Por otra parte, el ICA en las estaciones 1 y 5 presentaron valores entre 76.25 (medianamente contaminada) y 84.53 (aceptable calidad) respectivamente, lo que indica que estas aguas pueden ser empleadas y no han sufrido de una gran perturbación por las actividades antropogénicas de la zona, todo lo contrario sucedió con las estaciones 2, 3, 4, 6, 7 y 8 cuyos valores fueron de 50.21 (altamente contaminada), 45.90 (altamente contaminada), 43.12 (altamente contaminada), 52.68 (altamente contaminada), 34.22 (altamente contaminada) y 55.79 (altamente contaminada) respectivamente, según estos valores obtenidos el agua de estas zonas no son utilizables ya que fueron alteradas altamente por las actividades antropogénicas.

En conclusión, la investigación demostró que existe un elevado grado de contaminación en los ríos, dejando de ser aptos como agua potable y otros usos.

**Choque Quispe et al. (2021)** estimó el ICA en la microcuenca altoandina del río Chumbao con la finalidad de anteponer los proyectos de saneamiento ambiental en la zona de impacto, la investigación fue realizada en época de avenidas en el mes de marzo del 2018, tomando en consideración 8 puntos lóticos en el río Chumbao y 2 lénticos en la cabecera de la microcuenca. Los resultados recolectados se

realizaron un análisis de varianza (ANOVA) junto con una comparación múltiple Tukey, comparándolos con el ECA del agua – Categoría 4. Siendo así, que los niveles de oxígeno disuelto se incrementan ligeramente mientras se discurre aguas abajo con un p-valor  $<0.05$ , los nitratos y fosfatos son bajos a lo largo de la cuenca presentando un ligero incremento, la temperatura se incrementa aguas debajo de  $0.11^{\circ}\text{C}$  a  $0.24^{\circ}\text{C}$  por el piso altitudinal y al tiempo de muestreo. El ICA en los puntos de muestreo M1, M2, M3, M4 y M5 se encuentran dentro del rango de “Excelente” con un valor entre 70 – 90, mientras que el M6 es “Aceptable” con un valor entre 60-69, y las estaciones de muestreo M7 y M8 se encuentran consideradas “Excesivamente contaminadas” con valores por debajo de 10.

**Tamayo Vidal, (2021)** determino el ICA haciendo uso de la metodología establecida en la R.J. N° 068-2018-ANA, por lo cual se trabajó con 3 puntos separados a 500 metros entre sí, donde el punto de muestro PA se tomó aguas arriba, el PB se encontró ubicado en la desembocadura al río Huari y el PC a 500 metros aguas abajo, tomando un total 9 muestras. La investigación fue del tipo descriptivo trabajando bajo un diseño transversal. Los resultados demostraron que el pH en los puntos de muestreo PA, PB y PC fue de 6.69, 8.49 y 7.33 respectivamente; mientras que el OD fue de 5.78 mg/l, 6.13 mg/l y 7.40 mg/l; ahora para el DBO5 se encontraba en un rango de 14.32 y 16.49 mg/l. Finalmente el ICA-PE en los tres puntos de muestreo se encuentra como “Buena” cuyos valores fueron de 84.592, 80.022 y 83.094, pero aun así en el PC se ha evidenciado un impacto significativo por las actividades antropogénicas por el elevado valor del plomo. Por consiguiente, la investigación llego a la conclusión que la mayoría de los parámetros analizados cumplen con la normativa nacional según la categoría que le corresponde.

**Vargas Maquera, (2021)** determino el índice simplificado de calidad del agua en el río Chili, tomando 5 puntos de muestreo distribuido en la Arequipa Metropolitana. Siendo así que el índice simplificado de calidad del agua para los parámetros fisicoquímicos en Arequipa Metropolitana se encontraba bajo el rango de “Buena”, ya que los puntos de monitoreo RIO01, RIO02, RIO03, RIO04 y RIO05 presentaban valores de 81, 87, 80, 78 y 77 respectivamente. mientras que el ISQA de los parámetros microbiológicos. Los parámetros microbiológicos fueron separados al momento de determinar el ISQA para comparar la calidad del agua con la presencia

y ausencia de dicho parámetro, siendo así que determino que las elevadas concentraciones de los coliformes termo tolerantes estando por encima de lo establecido en el estándar de calidad ambiental.

**Ordoñez Machicao, (2020)** analizo la calidad del agua del río Chili aguas abajo del distrito de Tiabaya y Uchumayo antes y después de la ejecución de la PTAR “La Enlozada” haciendo uso del modelamiento matemático WASP. La investigación fue del tipo cuantitativa haciendo dos simulaciones, la primera empleando los datos del 2013 al 2018 y la segunda simulación entre los años 2015 al 2025 usando los datos de la calidad del agua de la Autoridad Nacional del Agua, dividiendo el río Chili en 5 segmentos empleando 9 parámetros a modelar. La investigación demostró que desde el mes de diciembre del año 2015 con el inicio de operaciones de la PTAR “La Enlozada” los niveles de DBO5 se redujeron de 185.9 mg/l a 11 mg/l, el boro de 1.016 mg/l a 0.547 mg/l y los niveles de coliformes termo tolerantes de 160000 NMP/100ml a 70 NMP/100ml siendo representado mediante el modelamiento matemático WASP.

**Rodríguez Amézquita, (2020)** implemento el modelamiento de la calidad del agua Qual2K en 2 km del río Pamplonita a la altura del municipio de Pamplona, siguiendo la metodología establecida en el protocolo de modelación denominado “Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales” del 2018. El modelamiento se llevó a cabo en 4 escenarios distintos, siendo el primer escenario la representación actual del río, mientras que el segundo escenario asumió que en una parte del tramo no hay descarga de efluentes, el tercer escenario cuenta con vertimientos de baja concentración en comparación a la actual y por último el cuarto escenario planteo el vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento alguno con una proyección de crecimiento poblacional hasta el 2030. Se trabajo con un caudal mínimo de 0.78 m<sup>3</sup>/s. Los resultados del pH se encontraron en un rango de 7.75 y 8.10 unidades de pH estando dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental, el OD se encuentra más bajo en el escenario 1, mientras que para los demás escenarios los valores no son altos ni preocupantes. La temperatura por su parte se encuentra con valores de 14.2 y 15 °C en los 4 escenarios; los SST presentan valores elevados en los escenarios 4 y 1 ya que los escenarios trabajan con vertimientos cuyos parámetros se encuentran elevados, mientras que los escenarios 2 y 3 presentan concentraciones

de 79 mg/l a una distancia de 2 km aguas abajo del vertimiento. En el caso del DBO5 sus valores son distintos por los escenarios propuestos, presentando valores elevados en los escenarios 1 y 4. En conclusión, los escenarios planteados en el modelamiento demostraron que no existe alguna posibilidad que el río Pamplonita se podría cumplir con los objetivos de calidad por los 3 parámetros excedentes.

**Huallanca Saavedra & Toscano Salazar, (2019)** determino los valores de la calidad del agua en un tramo de la microcuenca del río Huatatas a 2500 msnm haciendo uso del ICA según la NSF. Siendo una investigación del tipo exploratorio y con un diseño descriptivo se trabajaron con 5 puntos de muestreo, el punto 1 ubicado en la cabecera de la microcuenca, el punto 2 en las aguas provenientes de la quebrada Molino huayco, mientras que los puntos 3, 4 y 5 se ubicaron cerca a los márgenes de la microcuenca Huatatas. Los resultados se trabajaron en dos partes, la primera determino le ICA NSF de los monitoreos realizados entre los meses de noviembre del 2017 a febrero del 2018 y la segunda parte detallando los resultados estadísticos de los monitoreos realizados. Siendo así, que para el año 2017 en el mes de noviembre el ICA NSF promedio es de 67.24 con una denominación de “Media”, mientras que para enero del 2018 el ICA NSF promedio fue de 65.90 fue de “media” y en el mes de febrero del 2018 el ICA NSF fue de 66.19 fue de “media”. Siendo así que se llegó a la conclusión que se tiene que buscar alternativas de solución que involucre la participación de la población concientizándola en la conservación de la flora y fauna.

**Velarde Frías, (2019)** su investigación se realizó en la época seca y húmeda de la cuenca Quilca – Chili en los años 2011 al 2017 aplicando la metodología CCME WQI, por lo cual tuvo un diseño longitudinal siendo del tipo no experimental. Se llegó a trabajar con un total de 14 campañas de monitoreo en temporadas de avenida y estiaje teniendo un total de 32 estaciones de monitoreo, según la metodología aplicada la cuenca los resultados obtenidos van desde 30.6 a 95.3 teniendo presente las zonas de la cuenca. Según la CCME WQI, en la zona alta se obtuvo una denominación de “Aceptable o Bueno”, mientras que en la zona media de la cuenca su calificación se encontró entre “pobre a bueno” y la zona baja de la cuenca como “marginal a aceptable”, resultados parecidos se obtuvieron en base al ICA-PE donde la zona alta tuvo una denominación de “Bueno a Excelente”, la cuenca media “malo a excelente” y la cuenca baja con una calificación de “regular

a bueno". Llegando a la conclusión que el ICA es una metodología eficaz para determinar la calidad del agua del recurso hídrico.

**Gil Marín, Vizcaino, & Montaña Mata, (2018)** evaluó el ICA del río Guarapiche, mediante el método del índice aritmético ponderado; para lo cual evaluaron 14 parámetros, asignándole un peso relativo a cada uno. Las muestras se tomaron en el centro del río dado que el flujo del agua era más estable. La investigación se llevó a cabo en la cuenca del río Guarapiche en el mes de julio del 2011. Los valores del ICA se encontraron entre 44.38 a 363.69; donde los valores más altos se encontraban en las estaciones de Maturín y Palmonagas puesto que los parámetros de manganeso, nitritos, nitratos y fieros se encuentran por encima de los indicado por la normativa de Venezuela. Siendo así que llegaron a la conclusión de la aplicación del ICA es una herramienta muy útil que permite tomar decisiones en la gestión de la calidad del agua.

**Cruz Cárdenas, (2016)** su investigación tuvo como finalidad hacer un diseño para la modelación de la calidad del agua superficial viendo el efecto que traen los vertimientos de efluentes en el mismo específicamente en época de estiaje, es por eso que se hizo uso del programa QUAL 2K y así ver la calidad del agua en la Quebrada El Arenal. Los resultados del ICA indicaron que en la zona alta se obtuvo una valoración de 69.54 siendo esto considerado como "Media" en su calidad, mientras que en la zona media se obtuvo una ICA promedio de 62.03 estando dentro de la clasificación de "media", y finalmente la zona baja obtuvo una ICA promedio de 66.46 con una clasificación "media". Siendo así que los resultados obtenidos en esta etapa de investigación. Por otra parte, los tiempos de viaje tienen un aumento en los ríos de montaña, mientras que se observa una disminución en la tasa de reaeración a una altura de 1.5 km después de la descarga, siendo esto comprobado por el comportamiento de oxígeno disuelto que varía entre los 0.75 y 1.25 km, teniendo valores entre 6 mg/l y 8 mg/l. La aplicación de la modelación con el QUAL 2K evidencio la poca afectación que tienen las descargas domésticas junto con su capacidad de autodepuración, sin embargo, presenta cierta perturbación en el agua por la presencia de coliformes totales y nutriente.

**Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, (2014)** realizaron una investigación cuya finalidad era ver las variables con mayor impacto en el ICA del agua. Esta investigación se desarrolló en enero del 2014 en Bogotá, Colombia; y al final de la investigación

permitió identificar los aspectos más importantes para el diseño y construcción de un prototipo de software que permitan a una mejora en la gestión del recurso hídrico; llegando a la conclusión de que el ICA es una herramienta matemática que transforma una variedad de datos a un solo valor.

**Arenas F., (2004)** busco implementar un modelo predictivo en la calidad del agua haciendo uso de datos topográficos, hidráulicos y de la calidad del agua en el cuerpo de agua La Lejía puesto que era en este cuerpo de agua donde el municipio de Arbeláez vierte sus aguas residuales. Trabajo con una metodología más simplificada que le permitió realizar todas las pruebas en un corto tiempo junto con 3 campañas predictivas con el modelamiento norteamericano Qual2k. De las tres campañas modeladas se determinó que fue la campaña número 3 tiene una mejor medición en los parámetros, adicionándole además dos parámetros más en comparación a los otros modelos; permitiendo así hacer un mejor modelo predictivos. Es por eso que la investigación concluyo que para poder contar con una mejor predicción se tiene que contar con más campañas de monitoreo en distintas épocas del año.

**Las teorías del trabajo**, indican que el modelamiento es la representación e hipótesis de trabajo, donde se aplican conocimientos o experiencias que permiten la simulación o descripción de un sistema real y así lograr los objetivos trasados. Por mucho tiempo un modelamiento fue un componente integral para la organización, síntesis y racionalización de observaciones y mediciones; es por ello que para la realización de un modelamiento se debe establecer metas y objetivos claros, los cuales pueden estar orientados en dos direcciones, una hacia la investigación y otra con relación a la gestión, además de contar con objetivos específicos, tales como: interpretar y/o analizar el comportamiento de un sistema, administrarlo operar o controlar para lograr los resultados deseados, diseñar métodos para mejorarlo o modificarlo, para probar hipótesis sobre el sistema o pronosticar su respuesta en diversas condiciones. (Nirmala Khandan, 2002)

Los modelamientos en general deben cumplir con tres características, tales como indica Stachowiak, (1980):

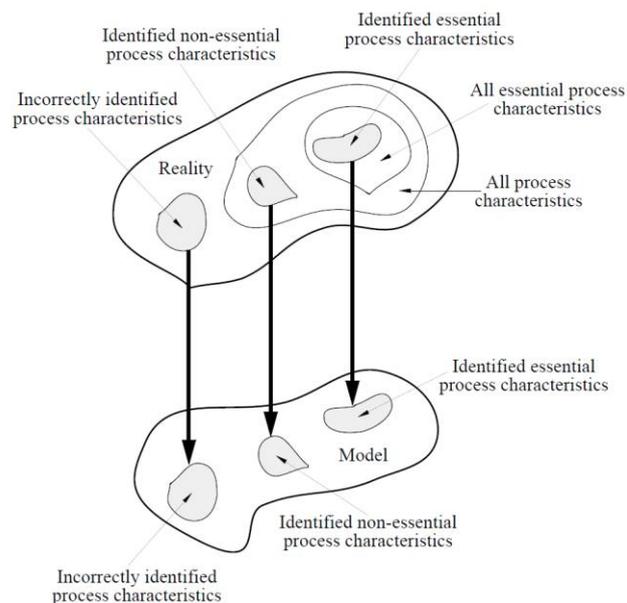
- Característica de mapeo basándose en el origen de la modelación
- Característica de reducción puesto que solo refleja una selección de todas las propiedades originales del proceso

- Característica pragmática dado que debe poder llegar a ser utilizable en vez del original para un propósito.

Los modelamientos se aplican en distintas áreas, es por ello que B. Selic, (2003) indico que para los modelamientos de ingeniería se debe de considerar estas características en específico, aparte de las ya mencionadas líneas arriba:

- Abstracción ya que siempre un modelamiento es la representación reducida del sistema que lo representa
- Comprensibilidad ya que tiene que apelar directamente a nuestra intuición
- Precisión al momento de proporcionar una representación realista de las características de interés del sistema que se está modelando
- Genera una predicción ya que debe predecir correctamente las propiedades interesantes
- Barato ya que debe ser significativamente más económico de construir y analizar que el sistema modelado.

Para una mejor comprensión sobre el modelamiento se debe observar la siguiente figura, que muestra la relación común entre la realidad y un modelamiento matemático.



Fuente: “Some Notes on Systems Models and Modelling” (Thesen, 2007)

**Figura 1** La relación entre la realidad y un modelo

Existen tres enfoques que se complementan bien entre si al momento de hacer un modelamiento: (Nirmala Khandan, 2002)

- Modelado físico: representa el sistema real mediante un modelado escalado geométrica y dinámicamente al original.
- Modelado empírico: trabaja con un enfoque inductivo o basado en datos observados del pasado para relacionar las variables significativas con el sistema real y así reflejar los cambios que se podrían afectar el rendimiento del sistema.
- Modelado matemático: también denominado como modelo mecanicista, donde el modelamiento reflejan como los cambios en el desempeño del sistema están relacionados con los cambios en las entradas.

El modelamiento matemático describe un proceso y un objetivo planteado mediante el uso de lenguaje matemático; esto quiere decir que transforma el sistema estudiado en símbolos y ecuaciones abstractas que pueden resolverse de forma matemática. (Mityushev, Nawalaniec, & Rylko, 2018) Este enfoque de modelamiento se clasifica en distintos tipos según la naturaleza de sus variables, los enfoques matemáticos empleados y el comportamiento del sistema.

**Tabla 1** Clasificación de los Modelos Matemáticos

<b>Determinístico</b>	<b>Probabilístico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las variables (en un sistema estático) o sus cambios (en un sistema dinámico) están bien definidas con certeza, las relaciones entre las variables son fijos y los resultados son únicos.</li> <li>• Se construyen a partir de fórmulas algebraicas y ecuaciones diferenciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alguna aleatoriedad impredecible o probabilidades se asocia con al menos una de las variables o los resultados.</li> <li>• Se construyen al igual que un modelo matemático determinístico incluyendo características estadísticas.</li> </ul>
<b>Continuo</b>	<b>Discreto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las variables en el sistema son funciones continuas en el tiempo.</li> <li>• Los cambios ocurren continuamente a medida que avanza el tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cambios en las variables ocurren al azar o periódicamente.</li> <li>• Los cambios ocurren solo cuando los eventos discretos ocurren</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• A menudo se construyen a partir de ecuaciones diferenciales.</li> </ul>	<p>independientemente del paso del tiempo.</p>
<b>Estático</b>	<b>Dinámico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema está en estado estacionario, sus entradas y salidas no varían con el paso del tiempo y son valores medios.</li> <li>• Los resultados se obtienen mediante un solo cálculo de todas las ecuaciones.</li> <li>• Se construyen a partir de ecuaciones algebraicas, dando como resultado una forma numérica de salida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El comportamiento del sistema depende del tiempo.</li> <li>• La salida de este modelo dependerá de la salida en un paso de tiempo anterior y las entradas durante el paso de tiempo actual.</li> <li>• Los resultados se obtienen mediante el cálculo repetitivo de todas las ecuaciones a medida que cambia el tiempo.</li> <li>• Se construyen a partir de ecuaciones diferenciales que dan soluciones en forma de funciones.</li> </ul>
<b>Distribuido</b>	<b>Lumped</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las variaciones de las variables en un sistema son funciones continuas de tiempo y espacio.</li> <li>• A menudo se construyen a partir de ecuaciones diferenciales parciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se construyen a partir de ecuaciones algebraicas.</li> <li>• A menudo se construyen a partir de ecuaciones diferenciales ordinarias.</li> </ul>
<b>Lineal</b>	<b>No Lineal</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene una sola variable en cada término y cada variable aparece sólo a la primera potencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es sentido contrario a un modelo lineal.</li> </ul>
<b>Analítico</b>	<b>Numérico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las ecuaciones en un modelo se pueden resolver algebraicamente para producir una solución en forma cerrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere un procedimiento numérico para resolver uno o más de las ecuaciones del modelo.</li> </ul>

Fuente: "Modeling tools for environmental engineers and scientists" (Nirmala Khandan, 2002)

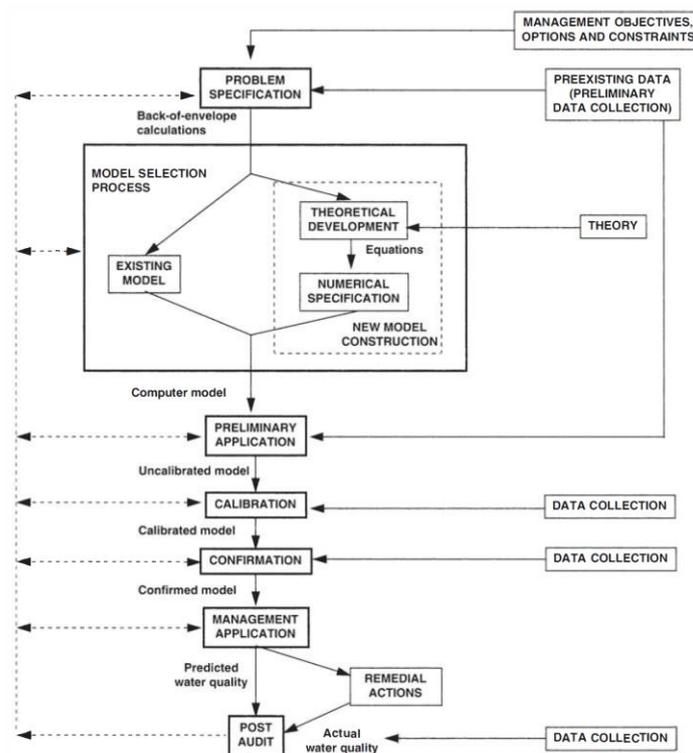
El procedimiento para realizar un modelamiento matemático comienza con la formulación del problema, donde se establecen sus objetivos que hacen referencia al propósito que tiene el modelo, los límites del sistema, las limitaciones de tiempo y la precisión del mismo. Siendo así que al momento de plantear el propósito del modelamiento se tienen que enumerar las variables más relevantes y la precisión con la que se va a trabajar, siendo así que se tiene presente el diseño, la investigación el control de los procesos, la prevención, el desempeño del mismo. (Jeppsson, 2012)

A continuación, se realiza la selección del modelo, lo cual se subdivide en el desarrollo teórico y la especificación y validación numérica. Para el desarrollo teórico se especifican las variables y parámetros junto con las ecuaciones de continuidad asociadas; dichas ecuaciones se escriben con frecuencia para masa y/o energía, así mismo, al momento de simular la hidrodinámica también se equilibran dichas ecuaciones. Uno de los aspectos más importantes que tener en esta parte es la complejidad del modelo, dado que mientras más se agregue al modelo más ecuaciones con más parámetros mayor será la complejidad del mismo. Cabe recalcar que, aunque no podamos caracterizar en su totalidad un sistema de agua natural, se trabaja bajo la noción de que se cuenta con la mejor información posible, permitiendo así que nuestros modelos serán más confiables. Para la especificación y validación numérica se emplean métodos numéricos para generar soluciones suficientemente estables y precisas para el mínimo esfuerzo computacional. Para determinar que el cálculo del modelo es válido se tiene que tener presente: (Chapra S. C., 2008)

- Balances de masa: el modelo debe verificarse para asegurarse de que la masa esté equilibrada. Algunos los modelos de calidad del agua hacen esto como parte de sus algoritmos.
- Soluciones simplificadas: El resultado del modelo se puede comparar con casos simplificados para los cuales son posibles soluciones de forma cerrada.
- Gama de condiciones: Se debe probar la robustez del modelo aplicándolo a diferentes tipos de sistemas bajo diferentes condiciones iniciales, condiciones de contorno y escenarios de carga.

- Resultados gráficos: La interfaz es invaluable para evaluar el rendimiento del modelo e identificar el modelo.
- Evaluación comparativa: La beta testing implica tener un amplio número de usuarios que implementan el modelo.

Con el fin de identificar deficiencias en los datos y lagunas teóricas se realizan algunas simulaciones preliminares en el modelado. Además de permitir la identificación de información necesaria, también permite identificar parámetros del modelo que son más importantes.



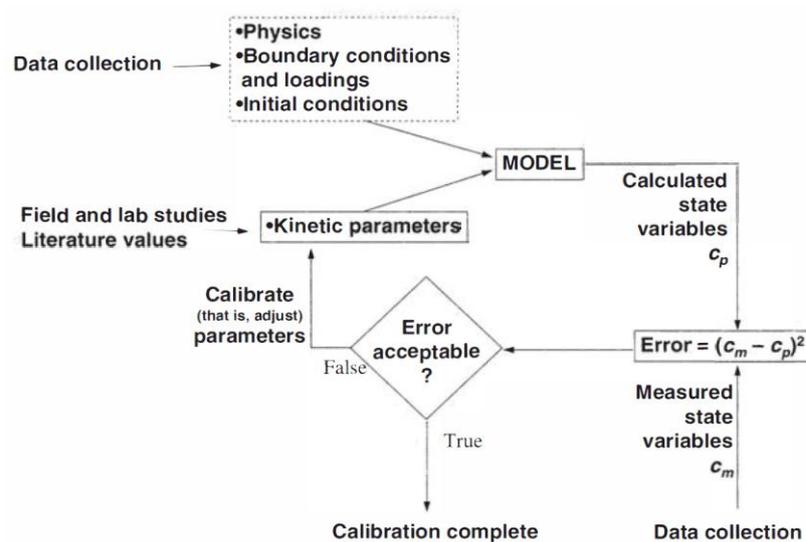
Fuente: “Surface Water - Quality Modeling” (Chapra S. C., 2008)

**Figura 2** Proceso de Modelado de la Calidad del Agua

Posteriormente, se realiza la calibración del modelo, donde varían los parámetros del modelo y así obtener un acuerdo óptimo entre los cálculos del modelo y el conjunto de datos; es importante que los datos de calibración sean lo más similar posible a la condición de diseño del problema que se presenten estudiar. Hay muchos parámetros que pueden variar, pero en vez de variar arbitrariamente todos los datos existen formas sistemáticas para lograr el mejor ajuste. Para realizar una correcta calibración y entender mejor este proceso hay información que se tiene que introducir en el modelo: (Chapra S. C., 2008)

- Funciones de forzamiento y parámetros físicos: condiciones de contorno y cargas, y condiciones iniciales.
- Parámetros de calibración: Cinética, medido, expresar, variables, recopilación de datos.

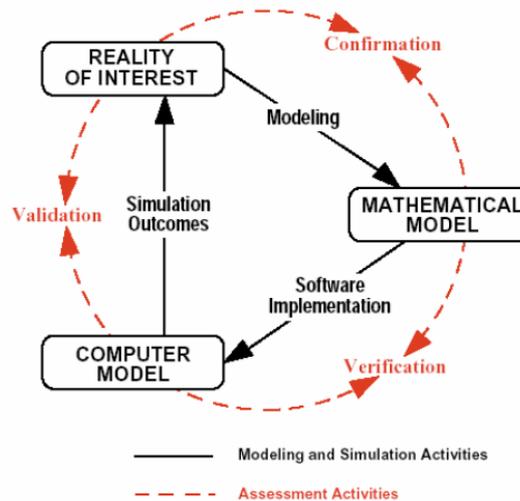
Siendo así, que antes de iniciar con el proceso de calibración se tiene que medir las cargas del sistema, las condiciones de contorno y las condiciones iniciales con la precisión necesaria para no ser considerado como incertidumbre. (Chapra S. C., 2008)



Fuente: “Surface Water - Quality Modeling” (Chapra S. C., 2008)

**Figura 3** Diagrama esquemático del Proceso de Calibración del Modelo

A su vez se realiza la verificación y validación del modelamiento, estos dos procesos se ven reflejados en la siguiente figura que deriva de un diagrama desarrollado por la Society for Computer Simulation (SCS) en 1979 conocida como Sargent Circle (Schlesingers, 1979), en esta representación se observa las actividades de modelado y simulación (líneas negras) y las actividades de evaluación (líneas rojas). La verificación de un modelamiento es el proceso que indica que el proceso realizado es una descripción conceptual con una gran precisión. (Thacker, y otros, 2014)



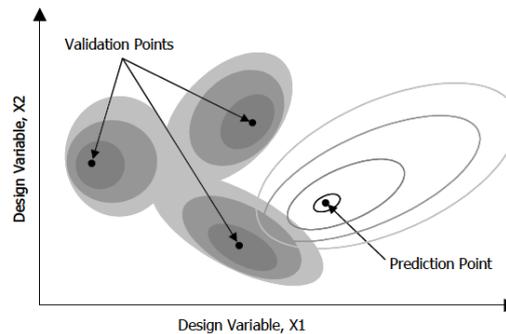
Fuente: "Terminology for model Credibility" (Schlesingers, 1979)

**Figura 4** Vista Simplificada del Proceso de Verificación y Validación del Modelo

El código de verificación confirma que el software empleado para el modelamiento funciona según lo previsto, realizar esta verificación permite identificar y eliminar los posibles errores que se tengan al momento de hacer la programación e implementación dentro del software, además que se verifica con mejor precisión los algoritmos numéricos que se implementan con un código específico. Esta verificación se hace mediante los procedimientos de aseguramiento de la calidad del software (SQA) el cual garantiza que el código es confiable. Por otra parte, la verificación mediante el cálculo cuantifica el error de una simulación mediante la convergencia para el modelo particular en consideración, existen tipos de errores en esta verificación que se identifican y eliminan mediante el Cálculo que incluye discretización o temporal insuficiente, tolerancia de convergencia insuficiente, opciones de entrada incorrectas y aritmética de precisión finita. (Thacker, y otros, 2014)

Dentro del proceso de modelamiento se realiza la validación cuyo objetivo es cuantificar la confianza en la capacidad predictiva del modelo comparándolo con datos experimentales (American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998). El enfoque con el que se trabaja la validación es medir la concordancia de las predicciones del modelo y los datos experimentales del experimento diseñado. La incertidumbre de la salida del modelo como los datos experimentales podrían confundir la medición del error. La relación que existe entre la validación del modelo

y la predicción del mismo se puede observar en la siguiente figura cuando se trabajan con dos variables. Las incertidumbres en la salida y los resultados experimentales producen los contornos de incertidumbre, es por ello que en la siguiente figura las áreas más oscuras son las que presentan menor incertidumbre. Siendo así, que existirá una mayor confianza en el modelo mientras las predicciones se encuentren más cercanas a los puntos de validación. (Thacker, y otros, 2014)



Fuente: “Concepts of Model Verification and Validation” (Thacker, y otros, 2014)

**Figura 5** Dominio de Validación y Aplicación para dos Variables de Diseño

Finalmente, con el modelo ya calibrado, verificado y validado se prosigue a la realización del modelado simulando los escenarios previstos para dicho estudio. Con el objetivo de comprender el comportamiento general de un sistema de calidad del agua modelado se tiene que hacer un análisis de sensibilidad, donde existen dos formas más comunes: parámetros simples de perturbación y el análisis de sensibilidad de primer orden. (Chapra S. C., 2008)

Por su parte, el modelamiento ambiental se refiere a un enfoque estudiando al medio ambiente que va desde lo altamente técnico hasta lo descriptivo; tiene presente los exámenes de datos para tendencias, el desarrollo de ecuaciones que describen los procesos del sistema. (Gray & Gray, 2017) Los modelamientos ambientales se clasifican según las actividades humanas y sus interacciones en los sistemas naturales y los impactos que causan en los mismos, siendo así que se cuenta con modelos de actividad humana, modelos de sistemas naturales, modelos de emisiones, modelos de destino y transporte, modelos de exposición, modelos de respuesta ambiental y de salud humana, modelos de impacto económico y

modelos de impacto no económico. En el desarrollo y aplicación de un modelamiento con enfoque ambiental se aplica la siguiente progresión: (EPA, 2009)

**Tabla 2** Modelos de la Calidad del Agua Superficial

	<b>Modelo</b>	<b>Uso</b>
HSPF	Hidrología y Calidad del agua Combinadas	Determinaciones de carga diaria máxima total. Modelo de cuenca que simula procesos de carga y escorrentía de contaminantes no puntuales, destino y transporte de arroyos.
WASP	Modelización de comportamientos para sistemas acuáticos	Apoya las decisiones de gestión al predecir las respuestas de la calidad del agua a los contaminantes en los sistemas acuáticos. Modelo multi compartimental que examina tanto la columna de agua como el bento subyacente.
QUAL2E	Modelo de calidad del agua en estado estacionario y cuasi dinámico	Modelo de calidad del agua de los arroyos utilizado como herramienta de planificación para el desarrollo de TMDLs. El modelo puede simular ciclos de nutrientes, demanda béntica y carbonácea, producción de algas, entre otros parámetros.

Fuente: "Guidance on the Development, Evaluation, and Application of Environmental Models" (EPA, 2009)

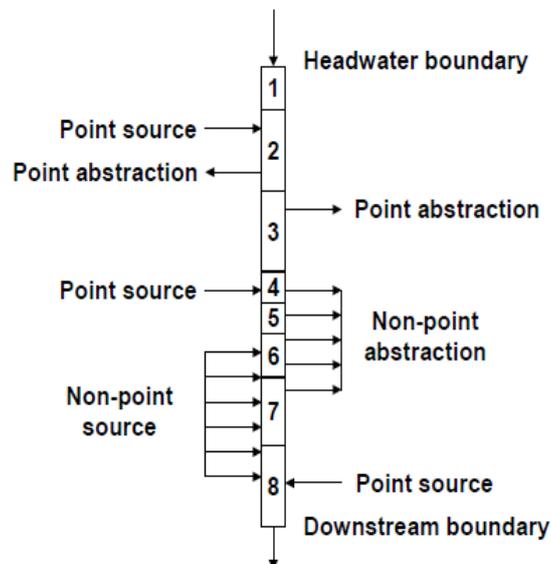
Con el pasar de los años han salido mejores softwares para el modelamiento de la calidad del agua, tal es el caso del modelo QUAL2K el cual es la versión moderna del QUAL2E mencionada en la tabla anterior creado por la EPA en el año 2003 y mejorado en el año 2008. La nueva versión se parece a su antecesor en: (Chapra & Pelletier, 2008)

- Unidimensional: los canales verticales y laterales se encuentran mezclados, ramificación donde el río principal puede constar con afluentes ramificados,
- Hidráulica de estado estacionario con un flujo constante y no uniforme, presupuesto.
- Cinética de la calidad del agua y los insumos de calor y masa.

Ahora bien, esta nueva versión del software incluye nuevos elementos: (Chapra & Pelletier, 2008)

- Interfaz y entorno de software ya que se implementa con el Microsoft Windows, teniendo un lenguaje de marcos de Windows Visual Basic para Aplicaciones (VBA).
- Segmentación de modelos, mientras que su anterior versión el Q2E segmentaba el sistema en tramos fluviales compuestos por partes iguales, esta nueva versión emplea tramos desiguales espaciados.
- Especiación de DBO carbonosa dado que se empleada dos formas de DBO carbonosa para representar el carbón orgánico: CBOD lento y CBOD rápido.
- Anoxia, ya que el software acomoda dicho elemento reduciendo así las reacciones de oxidación a 0 los niveles de oxígeno.

Por otra parte, se ve las interacciones de sedimento con el agua dado que el oxígeno y los nutrientes se simulan en función de la sedimentación de materia orgánica particulada, las reacciones dentro de los sedimentos y las concentraciones de formas solubles en las aguas suprayacentes. Por su parte, el potencial de hidrogeno es modelado distinto en los ríos ya que se tiene en cuenta las cantidades. El QUAL2K simula el cauce principal de un río, tal como se observa en la siguiente figura; en este tipo de modelamiento matemático no se simulan los afluentes de forma explícita, pero si se pueden representar como fuentes puntuales. (Chapra & Pelletier, 2003)



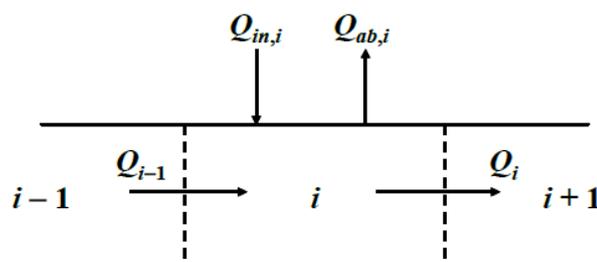
Fuente: "QUAL2K: A modeling framework for simulating river and stream water quality: Documentaion and Users Manual" (Chapra & Pelletier, 2003)

**Figura 6** Esquema de Segmentación QUAL2K

Ahora bien, este software implementa un balance de flujo de estado estacionario para cada tramo del modelo, el cual se encuentra representado en la siguiente ecuación:

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i}$$

Donde:  $Q_i$  es la salida del tramo  $i$  hacia el tramo aguas abajo  $i + 1$  (m<sup>3</sup>/d);  $Q_{i-1}$  es la entrada desde el tramo aguas arriba  $i - 1$  (m<sup>3</sup>/d),  $Q_{in,i}$  es la entrada total al tramo desde el punto y fuentes no puntuales (m<sup>3</sup>/d), y  $Q_{ab,i}$  es la salida total del tramo debido a fuentes puntuales y abstracciones no puntuales (m<sup>3</sup>/d).



**Figura 7** Equilibrio del Flujo

Fuente: “QUAL2Kw Theory and documentation (version 5.1) A modeling framework for simulating river and stream water quality” (Chapra & Pelletier, 2008)

Por otro lado, este modelo matemático se encuentra conformado por las siguientes variables:

**Tabla 3** Variables del Modelo QUAL2K

Variable	Symbol	Units*
Conductivity	$S_1, S_2$	$\mu\text{mhos}$
Inorganic suspended solids	$m_{i,1}, m_{i,2}$	$\text{mgD/L}$
Dissolved oxygen	$O_1, O_2$	$\text{mgO}_2/\text{L}$
Slow-reacting CBOD	$C_{s,1}, C_{s,2}$	$\text{mg O}_2/\text{L}$
Fast-reacting CBOD	$C_{f,1}, C_{f,2}$	$\text{mg O}_2/\text{L}$
Organic nitrogen	$n_{o,1}, n_{o,2}$	$\mu\text{gN/L}$
Ammonia nitrogen	$n_{a,1}, n_{a,2}$	$\mu\text{gN/L}$
Nitrate nitrogen	$n_{n,1}, n_{n,2}$	$\mu\text{gN/L}$
Organic phosphorus	$p_{o,1}, p_{o,2}$	$\mu\text{gP/L}$
Inorganic phosphorus	$p_{i,1}, p_{i,2}$	$\mu\text{gP/L}$

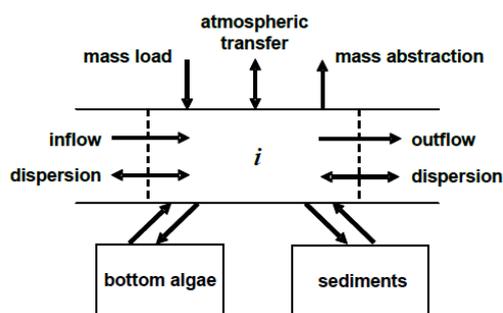
Phytoplankton	$a_{p,1}, a_{p,2}$	$\mu\text{gA/L}$
Detritus	$m_{o,1}, m_{o,2}$	$\text{mgD/L}$
Pathogen	$x_1, x_2$	$\text{cfu/100 mL}$
Generic constituent	$gen_1, gen_2$	user defined
Alkalinity	$Alk_1, Alk_2$	$\text{mgCaCO}_3/\text{L}$
Total, inorganic carbon	$C_{T,1}, C_{T,2}$	$\text{mole/L}$
Bottom algae ( $a_b$ in the surface water layer), biofilm of attached heterotrophic bacteria ( $a_h$ in the hyporheic sediment zone for the Level 2 option)	$a_b, a_h$	$\text{gD/m}^2$
Bottom algae nitrogen	$IN_b$	$\text{mgN/m}^2$
Bottom algae phosphorus	$IP_b$	$\text{mgP/m}^2$

Fuente: "QUAL2Kw Theory and documentation (version 5.1) A modeling framework for simulating river and stream water quality" (Chapra & Pelletier, 2008)

De esta manera, todas las variables con las que se efectúa el modelamiento (con excepción de las algas del fondo) el balance de masa general para un constituyente en la columna de agua de un tramo se escribe como:

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} c_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} c_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{E'_i}{V_i} (c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i + \frac{E'_{hyp,i}}{V_i} (c_{2,i} - c_i)$$

Donde  $W_i$  es la carga externa del constituyente para alcanzar  $i$  ( $\text{g/d}$  o  $\text{mg/d}$ ), Si son las fuentes y sumideros del constituyente debido a las reacciones y mecanismos de transferencia de masa ( $\text{g/m}^3/\text{d}$  o  $\text{mg/m}^3/\text{d}$ ). Intercambio de masa entre el agua superficial y la hiporreica. La zona de sedimentos está representada por el flujo de intercambio hiporreico a granel en el tramo  $i$  ( $hip, i E$  en  $\text{m}^3/\text{día}$ ) y la diferencia de concentración en el agua superficial ( $c_i$ ) y en la hiporreica zona de sedimentos ( $c_{2,i}$ ,  $i$ ).



Fuente: “QUAL2Kw Theory and documentation (version 5.1) A modeling framework for simulating river and stream water quality” (Chapra & Pelletier, 2008)

**Figura 8** Balance de Masa

Es por ello que el Qual2K se ejecuta bajo el Windows mediante el lenguaje Visual Basic, haciendo uso del software Excel permitiendo que el modelo sea amigable y de fácil uso para su ejecución. Las hojas del Excel se ingresan distintos datos de entrada para el modelado del cuerpo del agua; cada una de estas hojas poseen un nombre que indica el tipo de información que contiene: una hoja contiene los parámetros físico – químicos y microbiológicos con datos obtenidos en las campañas de monitoreo, otra la descripción de los tramos del río, la subsiguiente las constantes hidráulicas, otra los valores de las constantes cinéticas de calibración del modelo, la siguiente las condiciones meteorológicas, también la información físico – química sobre las fuentes puntuales y difusas de los vertimientos, captaciones y tributarios. (Chapra & Pelletier, 2008)

Por consiguiente, las celdas contienen colores específicos que permiten identificar la información que va o brinda la hoja de cálculo: (Castro Huertas, 2015)

**Tabla 4** Colores de las Pestañas de Excel

Color de Pestaña	Función
Azul Claro	Variables de diseño y los valores de los parámetros que deben ser ingresados por el usuario.
Amarillas	Datos medidos en campo que deben ser ingresados por el usuario. Sirven para compararlos con los datos calculados por Q2K.
Verdes	Los resultados simulados por el programa.
Rosa	Graficas simuladas por Q2K.

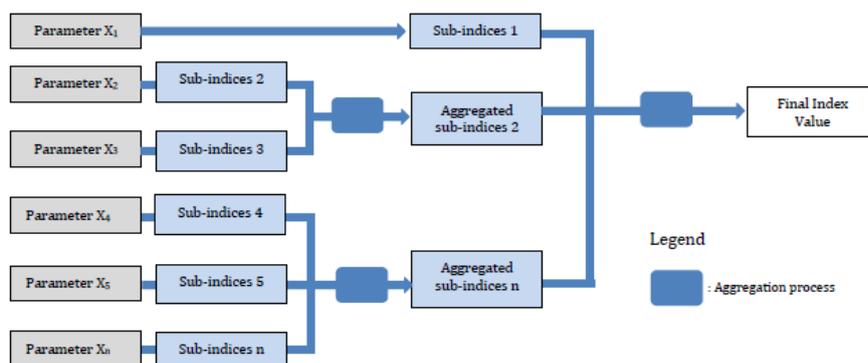
Fuente: “Aplicación del Qual2Kw en la modelación de la calidad del agua del río Guacaica, departamento de Caldas” (Castro Huertas, 2015)

**La teorías del trabajo**, mencionan que brindar una definición clara e única sobre la calidad del agua no se puede dar dado que varía según el contexto, estando enmarcadas por los usos a los que se le ha dado, (Davies & Mazumder, 2003) siendo así que en el contexto peruano la calidad del agua está en base del ECA-Agua que establecen la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros fisicoquímicos y biológicos en el cuerpo del agua, teniendo presente el uso y origen el mismo. (Ministerio del Ambiente, 2008)

Según el último decreto aprobado por el MINAM con relación a los estándares de calidad del agua, la calidad del agua se evalúa en 4 categorías, teniendo en consideración el uso poblacional, uso agrícola e industrial, además de la conservación del recurso. (Ministerio del Ambiente, 2017)

El ICA del agua fue introducido en el año 1848 en Alemania por la ausencia de ciertos organismos en el agua convirtiéndose como un indicador de aptitud de las fuentes de agua, siendo usado después por diversos países europeos e ir cambiando según se fueron estudiando, aplicando en distintas fuentes de agua para clasificar en dos formas: la primera por aquellos preocupados por la cantidad de contaminación presente y la segunda clasificación por los que están interesados en las comunidades vivas de organismos macroscópicos o microscópicos. (Abbasi & Abbasi, 2012)

La estructura general del ICA del agua se observa en la siguiente figura, donde una cantidad de parámetros con distintas unidades de medida se transforman a una escala común, estas escalas se conocen como subíndices, que se agregan al final para formar un índice final con un solo valor. Durante el proceso matemático se pueden ir agregando datos de forma secuencial, desde ir con los subíndices hasta los subíndices agregados si es que existieran para al final llegar a un solo índice de calidad del agua, que después se interpretara y evaluara. (Sutadian, Muttill, Yilmaz, & Perera, 2016)



Fuente: “Developmente of River Water Quality Indices - A Review” (Sutadian, Muttill, Yilmaz, & Perera, 2016)

**Figura 9** Estructura General de un índice

Actualmente no existe un índice compuesto aceptado mundialmente, algunos países y regiones lo han empleado y le han agregado datos para la medición de la calidad del agua, la mayoría de los índices elaborados se basan en la normalización o estandarización de los datos parámetro por parámetro según las concentraciones y algunas dando la interpretación desde “buenas” a “malas”. (United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System, 2007)

**Tabla 5** Resumen de los índices de calidad del agua desarrollados

Índice	Objetivo	Método
El índice de Calidad del Scatterscore. (Kim & Cardone, 2005)	Evalúa aumentos o disminuciones de parámetros a lo largo del tiempo y/o el espacio.	
Índice de desempeño ambiental del Bienestar de las Naciones. Prescott-Allen (2001)	Humanos y ecosistemas de Salud ambiental y Vitalidad de los ecosistemas	Evalúa índices humanos contra índices de ecosistemas, utilizando una medida de proximidad al objetivo por dieciséis índices categorizados en seis objetivos de política
Índice de Calidad del agua de los Ríos. (Liou, Lo, & Wang, 2004)	Salud del Río	Utiliza la función agregada multiplicativa de puntuaciones estandarizadas para una serie de parámetros de calidad del agua

Índice General de Salud del Río Contaminación. (Sargaonkar & Deshpande, 2003)	Evaluación y Clasificación de una serie de parámetros de la calidad del agua mediante la comparación de las observaciones con los estándares de la India y/u otras pautas aceptadas
Índice de Calidad del Cuenca del agua Química. Lago (Tsegaye, y otros, 2006)	Evalúa varios parámetros de calidad del agua estandarizando cada observación a la concentración máxima para cada parámetro.
Índice de calidad del Aguas para la vida en Continentales agua dulce. (CCMEWQI, 2017)	Evalúa la calidad del agua en comparación con las pautas para la vida del agua dulce

---

Fuente: "Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report" (United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System, 2007)

Tal como se observa en la tabla superior han existido y siguen existiendo una gran variedad de creaciones de índices de calidad del agua, pero el que ha sido hasta el momento más exitoso fue el desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente, Tierras y Parques de Columbia Británica. (Rocchini & Swain, 1995)

Siendo así que dicho índice hace una combinación de tres factores claves: El primer factor es el Alcance (F1) que representa el número de variables cuyos objetivos no se cumplen por lo menos una vez durante un periodo de tiempo; mientras que el segundo factor es la frecuencia (F2) que indica el porcentaje de pruebas individuales que no cumplieron los objetivos, siendo así el último factor la Amplitud (F3) que indica la cantidad de los valores de prueba fallidos que no llegaron a alcanzar sus objetivos. Para el caso del cálculo de la Amplitud se realiza mediante tres pasos: El primer paso es calcular el número de veces en que una concentración individual es mayor o menor (según sea el objetivo) al objetivo planteado, este cálculo se le denomina "Excursión" y tiene dos fórmulas una cuando el valor no debe de exceder el objetivo y otra cuando el valor no debe ser menor que el objetivo. El segundo paso se denomina "Suma Normalizada de las Extracciones o

nse” donde se ve el monto colectivo por el cual las pruebas individuales no cumplen, calculándolo al sumar las experiencias de las pruebas individuales a partir de sus objetivos y dividiendo por el número total de pruebas (en este caso se consideran tanto las que han cumplido como las que no han cumplido con el objetivo). Y finalmente el último paso es calcular exactamente la Amplitud mediante una función asintótica que escala la suma normalizada del nse y así dar un rango entre 0 y 100 Finalmente, al terminar de calcular cada uno de los factores se suman como si fueran vectores, donde la suma de los cuadrados de cada factor es igual al cuadrado del índice, además donde el divisor es 1.732 que normaliza los valores resultantes en un rango entre 0 y 100. (CCMEWQI, 2017)

**Tabla 6** Fórmulas para el cálculo del WQI

<b>Fórmulas</b>	
CCME WQI	$CCMEWQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$
F <sub>1</sub> – Alcance	$F_1 = \left( \frac{\text{Número de variables fallidas}}{\text{Número Total de variables}} \right) \times 100$
F <sub>2</sub> – Frecuencia	$F_2 = \left( \frac{\text{Número de pruebas fallidas}}{\text{Número Total de pruebas}} \right) \times 100$
F <sub>3</sub> - Amplitud	$F_3 = \left( \frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$
nse	$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{excursión}_i}{\# \text{ de pruebas}}$
Excursión: el valor excede el objetivo.	$\text{Excursión}_i = \left( \frac{\text{Valor de prueba fallido}_i}{\text{Objetivo}_j} \right) - 1$
Excursión: el valor no debe ser menor que el objetivo.	$\text{Excursión}_i = \left( \frac{\text{Objetivo}_j}{\text{Valor de prueba fallido}_i} \right) - 1$

Fuente: “Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life” (CCMEWQI, 2017)

Teniendo presente estos factores se hace una combinación que genera un valor único que va desde el 0 al 100 y así se describe la calidad del agua, los valores obtenidos se encuentran clasificados en 5 categorías, tal como se observa en la siguiente tabla: (CCMEWQI, 2017)

Rating	CWQI Values	Interpretive Description
Excellent	95-100	Water quality is protected with a virtual absence of threat or impairment; conditions very close to natural or pristine levels,
Good	80-94	Water quality is protected with only a minor degree of threat or impairment; conditions rarely depart from natural or desirable levels,
Fair	60-79	Water quality is usually protected but occasionally threatened or impaired; conditions sometimes depart from natural or desirable levels,
Marginal	45-59	Water quality is frequently threatened or impaired; conditions often depart from natural or desirable levels,
Poor	0-44	Water quality is almost always threatened or impaired; conditions usually depart from natural or desirable levels.

**Figura 10** Valor CCME WQI

Fuente: “Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life” (CCMEWQI, 2017)

El estado peruano al igual que otros países adopto la metodología canadiense explicada párrafos arriba para el cálculo del “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales” mediante la R.J. N° 084-2020-ANA. adaptándola a la normativa peruana al momento de interpretar las fórmulas, adicionando una fórmula más para el cálculo del índice. (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

**Tabla 7** Formulas para el Cálculo del ICARHS

	Fórmula
Formula base del ICARHS	$CCMEWQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$
F <sub>1</sub> – Alcance	$F_1 = \frac{N^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{N^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}}$
F <sub>2</sub> – Frecuencia	$F_2 = \frac{N^\circ \text{ de datos que no cumplen los ECA}}{N^\circ \text{ total de datos a evaluar}}$
F <sub>3</sub> - Amplitud	$F_3 = \left( \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} \right) * 100$
Suma de Excedentes	$\text{Excedente} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}} \right)$
Excedente: el parámetro supera a lo establecido	$\text{Excedente} = \left( \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA Agua}} \right) - 1$

Excedente: el parámetro es menor a lo establecido

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

ICARHS

$$ICARHS = \min. (S_1 * S_2)$$

Fuente: “Aprueban la Metodología ICARHS” (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

Cabe resaltar, que para poder hacer el cálculo del ICARHS se han determinado 20 parámetros mínimos teniendo en cuenta 3 categorías y 4 subcategorías el ECA del agua, los parámetros fueron agrupados en dos categorías: “Materia orgánica y físico-químico metal”. (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

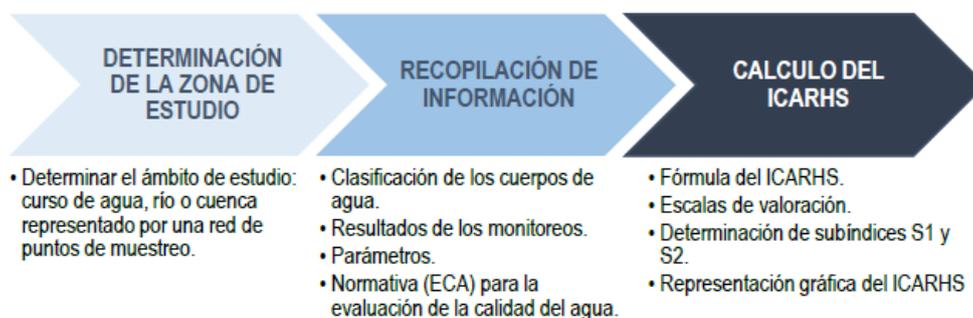
	Categoría 1 Subcategoría A2 1/	Categoría 3 2/	Categoría 4 Subcategoría E2 3/
<b>Materia orgánica</b>	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	X	X
	Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X
	Coliformes termotolerantes	X	X
	Fósforo total	X	
	Amoniaco - N	X	
	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/		
<b>Físico-químico Metal</b>	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X
	Arsénico	X	X
	Aluminio	X	X
	Manganeso	X	X
	Hierro	X	X
	Cadmio	X	X
	Plomo	X	X
	Boro 5/	X	X
	Cobre		X
	Mercurio		
	Zinc		
	Sólidos suspendidos totales		

**Nota:** 1/ Poblacional y recreacional: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. 2/ Riego de vegetales y bebida de animales. 3/ Conservación del ambiente acuático (Ríos de la Costa, Sierra y Selva), 4/ Aplica para la vertiente del Amazonas con categoría E2 ríos de la selva. 5/ Aplica para la vertiente del Pacífico (zona sur).

Fuente: “Aprueban la Metodología ICARHS” (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

**Figura 11** Parámetros a Evaluar en el ICARHS

Siendo así que la metodología que se aplica para este cálculo se observa en la siguiente figura:



Fuente: “Aprueban la Metodología ICARHS” (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

**Figura 12** Procedimiento del ICARHS

La clasificación cualitativa de los Valores del WQI se basa en una escala cromática para que se tenga una mejor interpretación de los resultados, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

**Tabla 8** Valoración del ICARHS

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

Fuente: “Metodología para la Determinación del ICARHS” (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de Investigación**

La investigación según su propósito es del tipo aplicada, dado que según Escudero Sánchez & Cortez Suárez, (2018) este tipo de investigaciones se caracterizan por tomar en consideración los fines prácticos de los conocimientos, teniendo como finalidad el desarrollo de un conocimiento técnico que permita dar una solución inmediata a una situación determinada. Este tipo de investigación determina los posibles usos de los resultados de una investigación básica o determina nuevos métodos o formas para conseguir los objetivos específicos y predeterminados. (Frascati Manual, 2002)

La investigación busca modelar la calidad del agua en la cuenca mediante la aplicación del modelamiento matemático QUAL2K, permitiendo determinar el estado de la cuenca en un periodo de tiempo y poder plantear soluciones para conservar la calidad del agua.

Se lleva a cabo bajo un nivel descriptivo, puesto que se describen las características físico, químicas y biológicas de la cuenca para poder determinar así su calidad del agua y realizar un modelamiento en base de dicha caracterización. Cabezas Mejía, Andrade Naranjo, & Torres Santamaría, (2018) precisaron que este nivel de investigación describe situaciones, eventos o hechos según la recolección de datos y las mediciones realizadas.

La investigación se trabajó bajo un enfoque mixto. Primeramente, se trabajó con un enfoque cualitativo al momento de caracterizar y determinar su ICARHS en la cuenca Quilca - Chili, dado que, según lo expuesto por Heath, (1997) este tipo de estudio también es denominado como naturalística ya que varía según el paradigma de investigación predominante, al igual que Nigenda & Langer, (1995) indico que el investigador ve como los miembros de un grupo experimentan, sienten y construyen permitiendo así entender el punto de vista del grupo de estudio. A la vez, se trabajó con un enfoque cuantitativo para el modelamiento de la calidad del

agua en la cuenca, puesto que, según Aliaga, (2006) una investigación cuantitativa es la definición de un problema o fenómeno a través de la recopilación de datos en forma numérica y el análisis con la ayuda de métodos matemáticos.

El diseño es no experimental, ya que no existirá una manipulación de las variables establecidas y tal como lo indicaron Agudelo, Aigner, & Ruiz Restrepo, (2010) una investigación no experimental es sistemática y empírica, donde las variables independientes no se manipulan dado que ya fueron manipuladas con anterioridad. Además, se trabajó bajo un carácter longitudinal del tipo tendencia dado que analizara la calidad del agua a lo largo de un tiempo determinado. (Cañs, Folguera, & Formoso, 1995) Este tipo de diseño analiza los cambios a través del tiempo en categorías, conceptos, variables o la relación de una población de forma general. (Hernández Sampieri, 2014)

### **3.2. Variables y Operacionalización**

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con una variable y su operacionalización se encuentra en el **Anexo 1**.

**Variable Independiente:** Calidad del agua superficial en la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021.

### **3.3. Población, Muestra, Muestreo y Unidad de Análisis**

#### **Población**

La población de estudio en la presente investigación está conformada por las subcuencas que conforman la cuenca Quilca-Chili perteneciente a la vertiente hidrográfica del Pacífico.

#### **Muestra**

La muestra está conformada por los datos de los 22 puntos de monitoreo representativos tomados por el ALA Chili en las aguas superficiales de la Cuenca Hidrográfica Quilca – Chili de los años 2016-2021. **Ver Tabla 9.**

**Tabla 9** Descripción de los Puntos de Monitoreo en la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021

Cuerpo de Agua	Código	Descripción	Zona	Coodernadas UTM		Altitud m.s.n.m
				Norte	Este	
<b>Río Principal</b>						
1	RChal1	U.H. 1329: Alto Quilca - Vitor - Chili Aguas debajo de la represa Chalhuanca, Estación Hidrométrica EGASA.	19	8252004	250150	4387
2	RSumb4	U.H. 1327: Medio Alto Quilca - Vitor - Chili Aguas arriba del puente Sumbay, en la margen derecha.	19	8222405	247267	4011
3	RChil4	U.H. 1325: Medio Quilca - Vitor - Chili A 300 m aprox aguas abajo del puente San Isidro, en la margen derecha.	19	8183122	227405	2274
4	RChil6	Puente Tiabaya, en la margen izquierda.	19	8178932	222666	2139
5	RChil7	A 100 m aprox aguas abajo del puente Uchumayo, en la margen derecha.	19	8181992	214440	1956
6	RChil8	A 30 m aprox antes del ingreso de las aguas a la Bocatoma Socosani, en la margen derecha.	19	8184574	208447	1857
7	RChil	Aguas arriba de la bocatoma de SEDAPAR S.A.	19	8198810	232782	3724
8	RVito2	U.H. 1323: Medio Bajo Quilca - Vitor -Chili Estación Hidrométrica automática Boyadero.	18	8163412	819149	1065
9	RQuil1	U.H. 1321: Bajo Quilca - Vitor - Chili Localidad del Platanal a 3 km aprox antes de la confluencia con el amor, en la margen izquierda.	18	8152852	776632	128
<b>Río Tributario</b>						
10	RSumb3	U.H. 1328: Sumbay Aguas debajo de la Bocatoma Pillones (EGASA)	19	8245169	268998	4440
11	RBlan1	U.H. 1326: Blanco Aguas debajo de la represa El Frayle	19	8213551	264159	3988
12	RYura3	U.H. 1324: Yura Estación hidrométrica automática Socosani	19	8200454	209268	2352
13	QAñas1	U.H. 1325: Medio Quilca - Vitor - Chili A 100 m aprox antes de la confluencia con el río Chili, margen derecha.	19	8182098	214311	1957
14	RTinG1	Altura de la estación hidrométrica, a 700 m aprox antes de la confluencia con el río Chili.	19	8178454	225140	2184
15	CAHuQu	U.H. 1322: Siguas Canal de Aducción Huambo Querque.	18	8238503	812909	3757
16	RSigu1	Aprox 500 m aguas arriba de la Bocatoma de Pitay, en la margen izquierda.	18	8207498	815712	1752
17	RSigu2	6 km aprox, aguas abajo del Puente Tambillo en la margen derecha.	18	8184815	803017	1167
18	RLihu2	100 m aprox, aguas abajo del vertimiento de la PTAR Huanca.	19	8224608	191897	3056
19	RLaMi1	100 aprox aguas arriba del afloramiento de agua salada.	19	8232074	179674	3434
20	RLaMi2	100 m aprox agua debajo del afloramiento de agua salada.	19	8231831	178888	3186
21	QCeme1	Afloramiento de agua de las minas de sal.	19	8231907	179398	3228
22	QLucm1	100 m aprox, aguas abajo del vertimiento de la PTAR Lluta.	18	8226343	819177	2967

Fuente: Ala – Chili

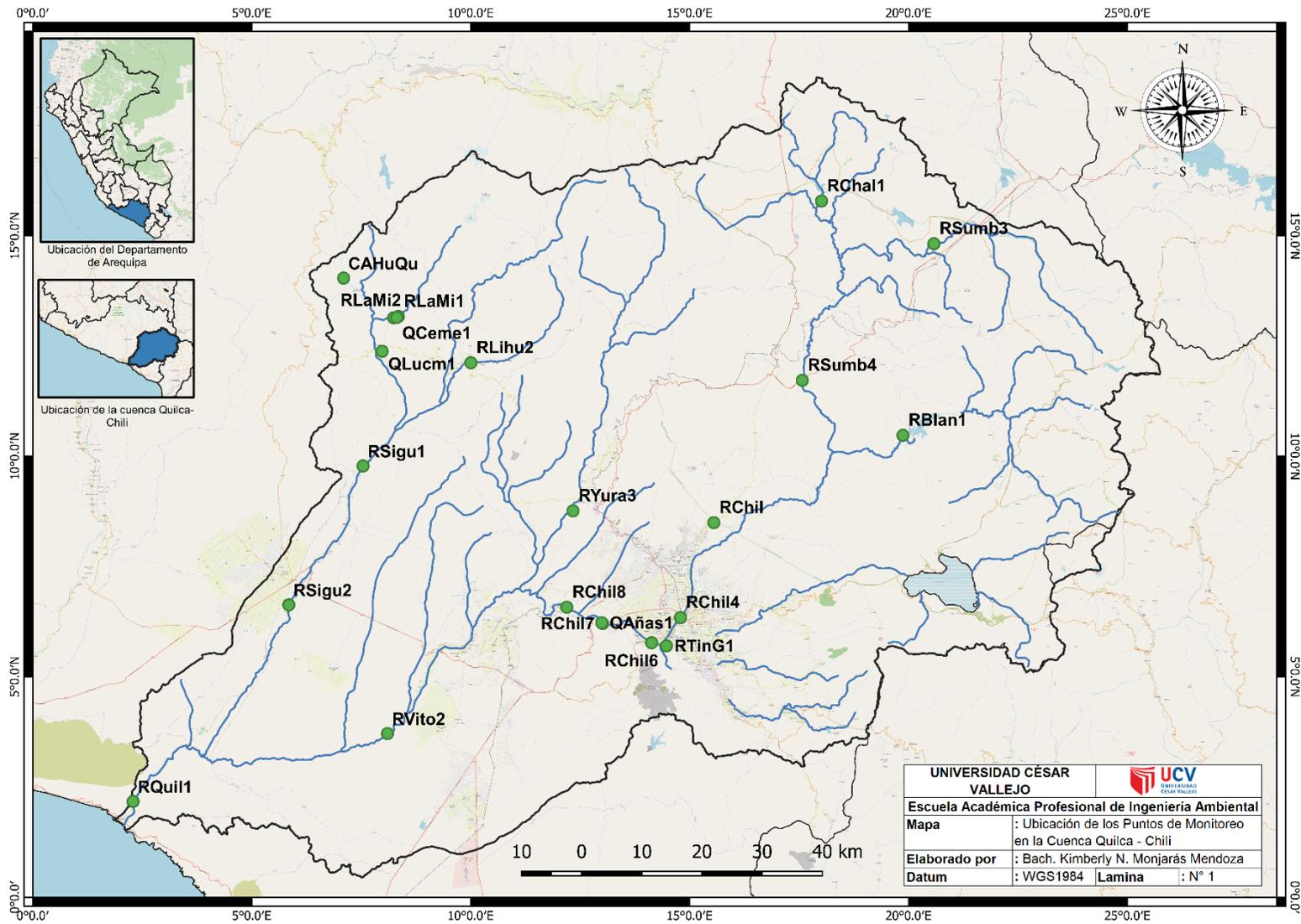


Figura 13 Puntos de Monitoreo en la cuenca Quilca – Chili

En el desarrollo de la investigación se emplearon 1555 muestras de parámetros fisicoquímicos y 116 muestras de parámetros microbiológicos, dando un total de 1671 muestras analizadas entre los años 2016 al 2021.

**Tabla 10** Muestras Totales para la investigación entre los años 2016 al 2021

Puntos de Monitoreo	Parámetros											Total de Muestras x Punto de Monitoreo	
	Fisicoquímicos					Microbiológicos							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020		2021
RYura3	13	13	14	14	14	14	1	1	1	1	1	1	88
RLihu2	0	0	14	14	14	14	0	0	1	1	1	1	60
RLaMi1	0	0	14	14	14	14	0	0	1	1	1	1	60
RLaMi2	0	0	14	14	14	14	0	0	1	1	1	1	60
QCeme1	0	0	14	14	14	14	0	0	1	1	1	1	60
QLucm1	0	0	14	14	13	14	0	0	1	1	1	1	59
RSigu1	13	13	14	14	14	14	1	1	1	1	1	1	88
RSigu2	13	13	14	13	13	14	1	1	1	1	1	1	86
RChil4	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RTinG1	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RChil6	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RChil7	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
QAñas1	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RChil8	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RVito2	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RQuil1	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	84
RChal1	14	14	11	12	0	0	1	1	1	1	0	0	55
RSumb3	14	14	11	12	12	12	1	1	1	1	1	1	81
RSumb4	14	14	11	12	12	12	1	1	1	1	1	1	81
RBlan1	14	14	11	12	12	12	1	1	1	1	1	1	81
RChil	14	14	11	11	0	0	1	1	1	1	0	0	54
CAHuQu	13	13	14	14	14	14	1	1	1	1	0	0	86
<b>Total x Parámetro</b>				1555						116			
<b>Total de Muestras</b>							1671						

## Muestreo

La investigación aplica un muestreo no probabilístico del tipo causal, dado que la muestra seleccionada fue por conveniencia donde los datos empleados fueron obtenidos de los Informes de Monitoreo en la cuenca realizados por el ALA CHILI en los años del 2016 al 2021 en épocas de avenida y estiaje, tal como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 11** Monitoreos Realizados

N° MP	PERIODO DEL MONITOREO			EPOCA	NRO DE INFORME TÉCNICO
	DESDE	HASTA	AÑO		
1	11 de Abr	15 de Abr	2016	Avenida	Informe Técnico N° 035 - 2017-ANA-AAA.CO/ALA.CSCH/FADM
2	19 de Sep.	26 de Sep.	2017	Estiaje	Informe Técnico N° 006-2018-ANA-AAA.CO-ALA.CH/JCCM
3	02 de Abr	06 de Abr	2018	Avenida	Informe Técnico N° 016-2018-ANA-AAA.CO-ALA.CSCH-AA/FADM
4	22 de Abr	09 de May	2019	Avenida	Informe Técnico N° 021-2019-ANA-AAA.CO-ALA.CSCH-AA/FADM
5	21 de Sep.	28 de Sept	2020	Estiaje	Informe Técnico N° 08-2020-ANA-AAA.CO-ALA.CH/JCCM
6	17 de ago.	19 de Sep.	2021	Estiaje	Informe Técnico N° 024-2021-ANA-AAA.CO-ALA.CHH/JCCM

### **Unidad de Análisis**

La unidad de análisis son los datos de los monitoreos del agua superficial en la cuenca que es la base de toda la investigación, donde se evaluó la calidad del agua entre 2016 al 2021.

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

En la investigación se utilizó la observación, técnica indicada en el “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales” publicado por el ANA en el año 2020, siendo aplicado para la determinación del ICARHS en la cuenca Hidrográfica Quilca – Chili.

Para el desarrollo del modelamiento con el QUAL2K, se aplicó la técnica de recolección de datos empleando un análisis documental, donde se determinaron los parámetros que se emplearían para la simulación.

Los instrumentos para la recolección de datos fueron:

- Ficha de Características fisicoquímicas y orgánicas en la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 1 – A2.
- Ficha de Características fisicoquímicas y orgánicas en la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D1.
- Ficha de Características fisicoquímicas y orgánicas en la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D2.
- Ficha de Características fisicoquímicas y orgánicas en la cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 4 – E2.
- Ficha de Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 1 – A2 en el periodo 2016 – 2021.

- Ficha de Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D1 en el periodo 2016 – 2021.
- Ficha de Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D2 en el periodo 2016 – 2021.
- Ficha de Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 4 – E2 en el periodo 2016 – 2021.
- Ficha de Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales en el periodo 2016 – 2021.
- Software QUAL2K
- Software Qgis

**Tabla 12** Puntuación de Valoración de Instrumentos

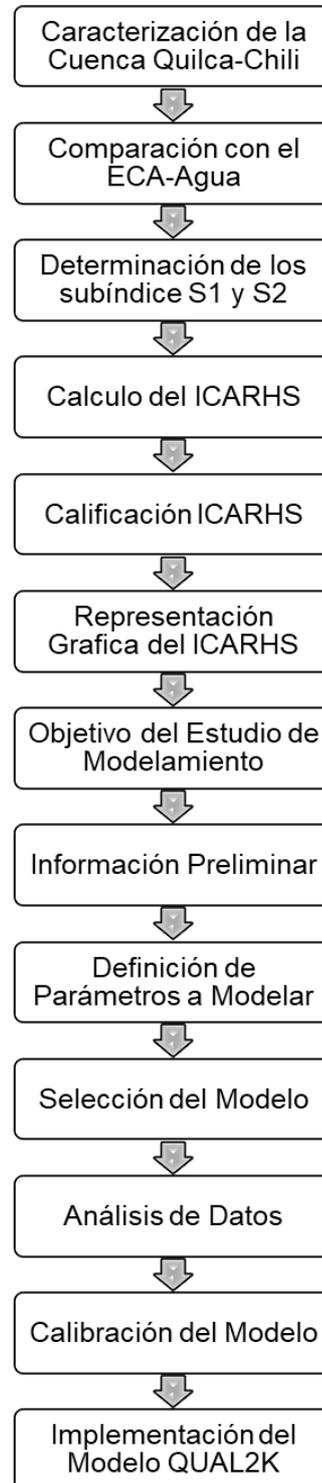
N°	Expertos	Promedio de Valoración								
		Instrumento								
		N°1	N° 2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9
1	Mg. Lalo José Monzón Martínez	90	90	90	90	90	90	90	90	90
2	Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	80	80	80	80	80	80	80	80	80
3	Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	<b>Total</b>	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
	<b>Promedio Final Aceptable</b>	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3

### 3.5. Procedimiento

Los procedimientos para el desarrollo de la investigación y obtención de los datos se dividen en dos etapas:

En la primera etapa se utilizó la metodología del “ICARHS” aprobada bajo la R.J. N° 084-2020-ANA, desarrollando dichos pasos de forma secuencial para desarrollar la determinación de la zona de estudio, posteriormente se aplicaron las fórmulas matemáticas en el cálculo de los subíndices y el índice final de la calidad del agua, siendo comparado con el cuadro de valorización e interpretación de resultados del ICA colocados en la metodología.

En la según etapa se realizó el modelamiento de la calidad del agua bajo el uso del software QUAL2K, desarrollando lo de forma secuencia, obteniendo como resultados finales graficas que representan el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en la cuenca.



**Figura 14** Diagrama del Procedimiento de Investigación

### 3.5.1. Caracterización de la cuenca Quilca – Chili

Mediante los informes de monitoreo de los años 2016 al 2021 proporcionados por el ALA – Chili se caracterizó los 22 puntos de monitoreo durante los 6 años.

La caracterización de la cuenca se dividió en las 3 clasificaciones de cuerpos de agua que tiene la cuenca en los puntos de monitoreo para cada año de análisis.

Siendo así que para cada categoría se consideró distintos parámetros de monitoreo que permitieron identificar las características propias del punto de monitoreo, tal como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 13** Parámetros fisicoquímicos y biológicos para la caracterización de la cuenca Quilca - Chili

Parámetro	Categoría		
	1 - A2	3 - D1 y D2	4 - E2
Oxígeno Disuelto	X	X	X
DBO5	X	X	X
DQO	X	X	
Fosforo	X		X
Amoniaco - N	X		
Nitratos			X
Coliformes Termo tolerantes	X	X	X
Conductividad Eléctrica	X	X	X
pH	X	X	X
Arsénico (As)	X	X	X
Aluminio (Al)	X	X	
Boro (B)	X	X	
Cadmio (Cd)	X	X	
Cobre (Cu)		X	X
Hierro (Fe)	X	X	
Manganeso (Mn)	X	X	
Mercurio (Hg)			X
Plomo (Pb)	X	X	X
Zinc (Zn)			X
Solidos Suspendidos Totales			X

### 3.5.2. Comparación con el ECA-AGUA

Con los resultados de los informes de monitoreo ya procesados en las fichas de observación N° 1,2,3 y 4, se prosiguió a comparar los parámetros que no cumplían con los valores establecidos en el ECA-Agua según la categoría del cuerpo de agua que pertenece teniendo presente la clasificación de los cuerpos de agua dado en el RJ-056-2018-ANA.

Los datos de los monitoreos analizados del año 2016 fueron comparados el D.S. 015-2015-ANA, ya que esa era la normativa vigente al momento de realizar el monitoreo. Mientras que los monitoreos del 2017 al 2021 fueron comparados con el D.S. 004-2017-ANA.

### 3.5.3. Determinación de los subíndices S1 y S2

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos empleados en la caracterización de la cuenca se dividieron en dos subgrupos para el cálculo del ICARHS: S1 para la materia orgánica y S2 para los fisicoquímicos – metal.

Siendo así que para el cálculo del “Alcance” se aplicó la siguiente formula:

$$F_1 = \left( \frac{\text{Número de parámetros que NO cumplen el ECA – Agua}}{\text{Número Total de parámetros a Evaluar}} \right)$$

Para el cálculo de la “Frecuencia”, aplicando la siguiente formula:

$$F_2 = \left( \frac{\text{Número de datos que NO cumplen el ECA – Agua}}{\text{Número Total de datos a Evaluar}} \right)$$

Mientras que para el cálculo de la “Amplitud” primero se calculó los excedentes en cada parámetro analizado, para lo cual se aplicaron dos tipos de fórmulas, una para los parámetros que superan el ECA establecido y otro cuando el ECA es menor al que se estableció.

#### ***Excedente***

$$= \frac{\text{Valor del parámetro que NO cumple el ECA – Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA – Agua}} - 1$$

### ***Excedente***

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

Las fórmulas de los excedentes se calcularon por cada uno de los parámetros de forma individual, una vez terminado el cálculo se aplicó una sumatoria de los excedentes para calcular el “nse”, el cual se aplicó la siguiente fórmula matemática:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{excedente}_i}{\text{Total de datos}}$$

Finalmente se realizó el cálculo de la amplitud, por lo cual se aplicó la siguiente fórmula matemática:

$$F_3 = \left( \frac{nse}{nse + 1} \right) \times 100$$

Se cálculo ambos subíndices por cada campaña de monitoreo trabajado, lo que permitió conocer la calidad del agua en cada año. Dado que la metodología indica que se debe trabajar con un mínimo de 4 monitoreos para tener un cálculo más representativo se calculó los subíndices de forma general por cada punto de monitoreo desde el 2016 al 2021 para conocer la calidad del agua.

#### **3.5.4. Cálculo del ICARHS**

Después de calcular los subíndices en cada punto de monitoreo en cada año y de forma general se prosiguió al cálculo del ICARHS, para lo cual se aplicó la siguiente formula:

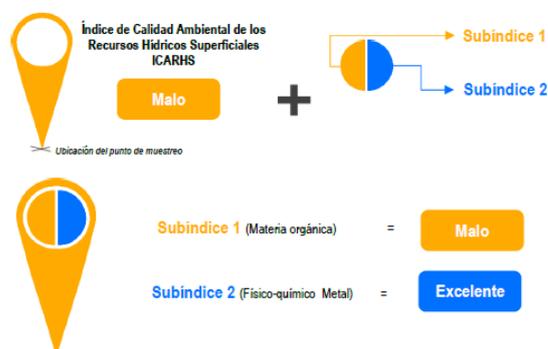
$$ICARHS = \text{mín.} (S_1 * S_2)$$

#### **3.5.5. Calificación del ICARHS**

Después de haber calculado los subíndices S1 y S2, al igual que el ICARHS en los puntos de monitoreo se le asigno una calificación a la valoración obtenida en cada cálculo. La calificación empleada se encuentra en la Tabla N°8.

### 3.5.6. Representación Gráfica del ICARHS

Por otra parte, la representación gráfica de los resultados se tuvo en consideración la ubicación espacial de cada punto de monitoreo, la calificación de los 2 subíndices y el resultado obtenido del ICARHS en el punto de monitoreo.



**Figura 15** Ejemplo del Icono para la representación del ICARHS

Fuente: “Metodología para la Determinación del ICARHS” (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

### 3.5.7. Objetivo del estudio de modelamiento

La finalidad de emplear esta herramienta es poder representar gráficamente el comportamiento de los parámetros de la calidad del agua superficial la cuenca Quilca-Chili haciendo uso del modelo Qual2k dado que el mismo modelo es ampliamente usado en la simulación de la calidad del agua en corrientes superficiales y se desarrolla bajo un formato de fácil manejo.

### 3.5.8. Información Preliminar

Se recopiló toda la información de fuentes primarias y secundarias necesarias para llevar a cabo el modelado, teniendo presente los datos de entrada para las hojas del QUAL2Kw.

- Campañas de monitoreo de la calidad del agua (parámetros físicoquímicos y microbiológicos)
- Características Hidrológicas del río principal.
- Información de estaciones hidrometeorológicas en la zona.
- Valores máximos y mínimos según los parámetros en la normativa de la calidad del agua según el D.S. 004-2017-MINAM.

- Informe Final del Estudio Hidrogeológico del Acuífero del Río Chili. (Autoridad Administrativa del Agua Caplina-Ocoña, 2018)

### 3.5.9. Definición de Parámetros a Modelar

Una vez definido el modelo a emplear se determinaron las variables fisicoquímicas, microbiológicas que se modelaron a lo largo de la cuenca.

**Tabla 14** Parámetros a modelar en el modelo matemático QUAL2K

Parámetros	Unidad
<b>Físico - Químicos</b>	
Temperatura	°C
Conductividad eléctrica	μS/cm
pH	Unidades de pH
Oxígeno Disuelto	mg/l
Nitrógeno Total	mg/l
DBO <sub>5</sub>	mg/l
Amoniacó – N	mg/l
Nitrato	mg/l
Fosforo Total	mg/l
<b>Biológicos</b>	
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 ml

### 3.5.10. Selección del Modelo

El modelo QUAL2K que es un modelo de calidad de agua unidimensional que representa cuerpos de agua lóticos, siendo un software gratuito y ampliamente empleado por distintos países. Este modelo fue creado con base a Microsoft Windows Environment, cuya programación está a base del lenguaje de Microsoft Office, Visual Basic for Applications (VBA). Emplea el Microsoft Excel como interfaz para la ejecución de las operaciones y resultados del modelamiento.

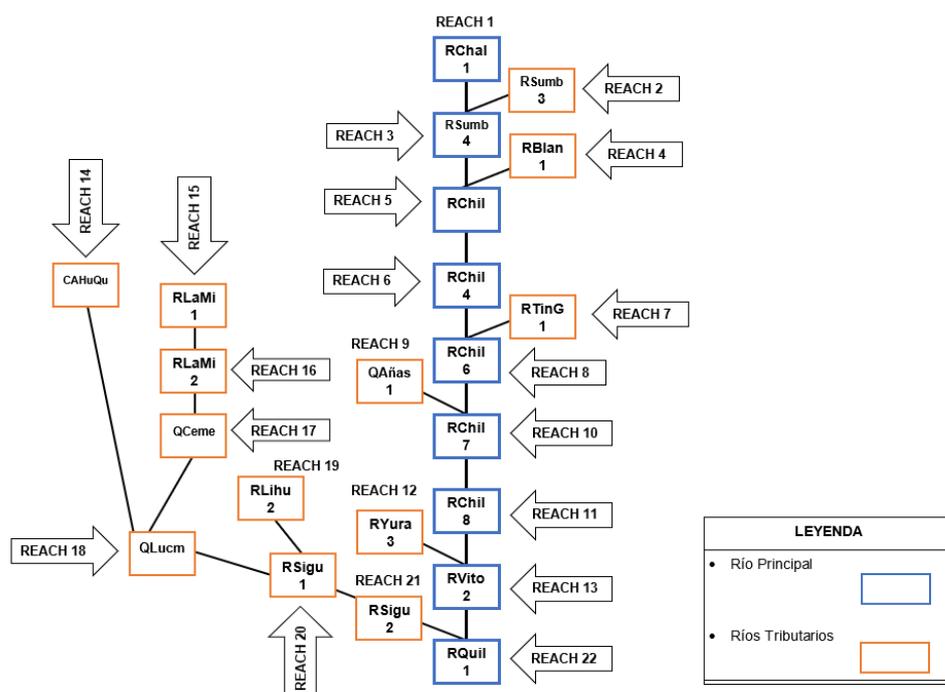
### 3.5.11. Análisis de Datos

#### A. Obtención de Caudales

La obtención de caudales en cada punto de monitoreo se extrajo de los informes técnicos de los monitoreos participativos del ALA-Chili.

#### B. Segmentación del Cuerpo de Agua

El río Chili se subdividió en tramos teniendo en consideración los puntos de monitoreo analizados por el ALA-Chili, teniendo así 22 tramos (Reach) entre el río principal y los ríos tributarios pertenecientes a la cuenca.



**Figura 16** Segmentación del río principal y los ríos Tributarios para la modelación con el QUAL2K.

Seguidamente se georreferenció cada uno de los tramos (Reach) de la cuenca Quilca-Chili, dado que el QUAL2K trabaja con coordenadas geográficas.

**Tabla 15** Georreferenciación de los tramos a modelar con el QUAL2K.

ID	Código	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
		Latitud	Longitud	Norte	Este
1	RChal1	15°47'53.43"S	71°19'56.46"O	8252004	250150
2	RSumb3	15°51'42.27"S	71° 9'25.75"O	8245169	268998
3	RSumb4	16° 3'54.89"S	71°21'44.55"O	8222405	247267
4	RBlan1	16° 8'48.89"S	71°12'19.62"O	8213551	264159
5	RChil	16°17'38.92"S	71°28'30.27"O	8198810	232782
6	RChil4	16°25'04.41"S	71°33'08.92"O	8183122	227405
7	RTinG1	16°27'35.24"S	71°34'27.21"O	8178454	225140
8	RChil6	16°27'18.67"S	71°35'50.36"O	8178932	222666
9	QAñas1	16°25'32.20"S	71°40'30.42"O	8182098	214311
10	RChil7	16°25'35.70"S	71°40'26.12"O	8181992	214440
11	RChil8	16°24'09.17"S	71°43'46.81"O	8184574	208447
12	RYura3	16°15'33.31"S	71°43'12.01"O	8200454	209268
13	RVito2	16°35'24.28"S	72° 0'33.37"O	8163412	819149
14	CAHuQu	15°54'46.66"S	72° 4'39.84"O	8238503	812909
15	RLaMi1	15°58'12.20"S	71°59'32.38"O	8232074	179674
16	RLaMi2	15°58'19.73"S	71°59'58.91"O	8231831	178888
17	Qceme1	15°58'17.50"S	71°59'41.74"O	8231907	179398
18	QLucm1	16° 1'19.00"S	72° 1'3.46"O	8226343	819177
19	RLihu2	16° 2'20.48"S	71°52'45.19"O	8224608	191897
20	RSigu1	16°11'33.11"S	72° 2'50.84"O	8207498	815712
21	RSigu2	16°23'56.22"S	72° 9'47.25"O	8184815	803017
22	RQuil1	16°41'26.83"S	72°24'21.94"O	8152852	776632

### C. Características Hidráulicas

Para la modelación de la cuenca con el QUAL2K se emplearon las distancias entre cada tramo, la altitud, la pendiente del río, el coeficiente de Manning entre otros.

**Tabla 16** Características Hidráulicas de los tramos a modelar con el QUAL2K

ID	Código	Altitud m.s.n.m	Distancia		Pendiente del río (m)
			Km	m	
1	RChal1	4387	20.05	20049.05	0.46
2	RSumb3	4440	31.47	31471.19	3.46
3	RSumb4	4011	19.07	19071.78	0.15
4	RBlan1	3988	34.67	34667.18	1.46
5	RChil	3724	16.58	16583.89	12.72
6	RChil4	2274	5.19	5188.49	3.37
7	RTinG1	2184	2.52	2519.75	0.70
8	RChil6	2139	8.93	8934.74	2.08
9	QAñas1	1957	0.17	166.96	0.02
10	RChil7	1956	6.53	6525.55	1.06
11	RChil8	1857	15.90	15901.21	0.08
12	RYura3	2352	611.00	611004.86	0.24
13	RVito2	1065	75.35	75349.82	0.48
14	CAHuQu	3757	633.27	633267.63	0.05
15	RLaMi1	3434	0.82	822.71	80.76
16	RLaMi2	3186	0.52	515.63	0.01
17	Qceme1	3228	639.80	639803.19	2.08
18	QLucm1	2967	627.28	627282.40	2.75
19	RLihu2	3056	624.05	624049.60	0.22
20	RSigu1	1752	25.99	25993.87	3.79
21	RSigu2	1167	41.45	41446.37	2.51
22	RQuil1	128	7.09	7086.73	1.81

#### D. Configuración del Modelo

Se empleo el modelo QUAL2Kw versión 5.1 elaborado por el departamento de ecología del estado de Washington y la universidad de Tufts.

La configuración del QUAL2K empiezo con la introducción de información en la primera pestaña llamada “QUAL2K”, primeramente, en la zona de “System ID” se introdujo el nombre del río, la ubicación de los archivos, la fecha, la zona horaria. Posteriormente en “Simulation and output options” colocando el número de días que definen la duración del cálculo siendo  $\geq$  a 2 días, además de seleccionar el método de solución de Euler, dado que este método permite resultados suficientemente precisos para un sistema computacional moderado. Por otra parte, se seleccionó el método de solución de pH de Newton-Raphson siendo el método predeterminado por la rapidez del mismo. (Chapra & Pelletier, 2008)

<b>QUAL2Kw (version 5.1)</b>		
<b>Stream Water Quality Model</b>		
<i>Greg Pelletier, Steve Chapra, and Hua Tao</i>		
<i>Department of Ecology and Tufts University</i>		
<input type="button" value="Open File"/> <input type="button" value="Run VBA"/> <input type="button" value="Run Fortran"/>		
<b>System ID:</b>		
River name	Cuenca Quilca-Chili (Arequipa, Perú)	
Saved file name	Cuenca_Quilca_Chili	
Directory where the input/output files are saved	C:\Users\kimy_OneDrive\Escritorio\QUAL2K	
Month	3	
Day	22	
Year	2022	
Local standard time zone relative to UTC	-5 hours	
Daylight savings time	No	
<b>Simulation and output options:</b>		
Calculation step	0.17578125	minutes
Number of days	2	days
Solution method (integration)	Euler	
Solution method (pH)	Newton-Raphson	
Simulate hyporheic exchange and pore water quality	Level 1	
Display dynamic diel output	No	
State variables for simulation	All	
Simulate sediment diagenesis	Option 1	
Simulate alkalinity change due to nutrient change	Yes	
Write dynamic output of water quality	No	
Program determined calc step	0.17578125	minutes
Time elapsed during last model run	0.30	minutes
Time of sunrise	5:52 AM	
Time of solar noon	11:56 AM	
Time of sunset	6:00 PM	
Photoperiod	12.15 hours	

**Figura 17** Configuración del modelo en QUAL2Kw

Posteriormente en la segunda pestaña “Headwater” se introdujeron los datos de la calidad del agua en la cabecera de la cuenca, el punto RChal1.

Headwater Flow	0.040	m3/s
Prescribed downstream boundary?	No	
Headwater Water Quality	Units	12:00 a. m.
Temperature	C	13.40
Conductivity	umhos	74.60
Inorganic Solids	mgD/L	8.00
Dissolved Oxygen	mg/L	6.26
CBODslow	mgO2/L	2.00
CBODfast	mgO2/L	2.00
Organic Nitrogen	ugN/L	0.00
NH4-Nitrogen	ugN/L	0.15
NO3-Nitrogen	ugN/L	0.01
Organic Phosphorus	ugP/L	0.00
Inorganic Phosphorus (SRP)	ugP/L	0.00
Phytoplankton	ugA/L	0.00
Detritus (POM)	mgD/L	0.00
Pathogen	cfu/100 mL	1.80
Generic constituent	user defined	1.80
Alkalinity	mgCaCO3/L	90.91
pH	s.u.	7.94

Figura 18 Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Headwater"

Seguidamente en la pestaña "Reach" se introdujeron las características hidrológicas de cada tramo.

Reach for diel plot:	21		← change diel plots to this reach		Downstream location		Elevation		Downstream Latitude					
Reach Label	Downstream end of reach label	Number	Reach length (km)	Downstream Latitude	Downstream Longitude	Upstream (m)	Downstream (m)	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	
RChI4	RTinG1	5	11.39	16.42	71.55	5.190	2274.000	2184.000	16.00	25	4	71.00	33	9
RTinG1	RChI6	6	2.67	16.46	71.57	2.620	2184.000	2139.000	16.00	27	35	71.00	34	27
RChI6	QAnas1	7	-6.41	16.46	71.60	8.930	2139.000	1957.000	16.00	27	19	71.00	35	50
QAnas1	RChI7	8	8.76	16.43	71.68	0.170	1957.000	1856.000	16.00	25	32	71.00	40	30
RChI7	RChI8	9	-6.36	16.43	71.67	6.530	1856.000	1857.000	16.00	26	36	71.00	40	26
RChI8	RYura3	10	-9.37	16.40	71.73	15.900	1857.000	2352.000	16.00	24	9	71.00	43	47
RYura3	RVito2	11	-595.10	16.26	71.72	611.000	2352.000	1065.000	16.00	15	33	71.00	43	12
RVito2	CaHuQu	12	535.65	16.59	72.01	75.350	1065.000	3757.000	16.00	35	24	72.00	0	33
CaHuQu	RLaMI1	13	-557.92	15.91	72.08	633.270	3757.000	3434.000	15.00	54	47	72.00	4	40
RLaMI1	RLaMI2	14	632.45	15.97	71.99	0.820	3434.000	3186.000	15.00	56	12	71.00	59	33
RLaMI2	QCeme1	15	0.30	15.97	72.00	0.520	3186.000	3228.000	15.00	58	20	71.00	59	59
QCeme1	QLucm1	16	-639.28	15.97	71.99	639.800	3228.000	2967.000	15.00	58	18	71.00	59	42
QLucm1	RLihu2	17	12.52	16.02	72.02	627.280	2967.000	3056.000	16.00	1	19	72.00	1	3
RLihu2	RSigu1	18	3.23	16.04	71.88	624.050	3056.000	1752.000	16.00	2	20	71.00	52	45
RSigu1	RSigu2	19	598.06	16.19	72.05	25.990	1752.000	1167.000	16.00	11	33	72.00	2	51
RSigu2	RQuil1	20	-15.46	16.49	72.16	41.450	1167.000	128.000	16.00	23	56	72.00	9	47
RQuil1	RQuil1	21	41.45	16.69	72.41	0.005	128.000	0.000	16.00	41	27	72.00	24	22

Figura 19 Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Reach"

Por otra parte, se empleó la data proveniente de las estaciones meteorológicas Convencionales "La Pampilla" y "Huasacache" puesto que fueron las dos estaciones más cercanas a los puntos de modelamiento colocando dicha información en las pestañas "Air Temperature", mientras que para la pestaña "Wind Speed" se empleó la data de las estaciones Meteorológicas Automáticas "San José de Uzuna" y "Patahuasi".

Upstream	Reach	Downstream	Reach	Upstream	Downstream	12:00 AM
Label	Label	Label	Number	Distance	Distance	Hourly air te
				km	km	(The input v
RChil	RChil	RChil4	4	34.67	16.58	14.90
RChil4	RChil4	RTinG1	5	16.58	5.19	22.80
RTinG1	RTinG1	RChil6	6	5.19	2.52	22.80
RChil6	RChil6	QAñas1	7	2.52	8.93	22.80
QAñas1	QAñas1	RChil7	8	8.93	0.17	22.80
RChil7	RChil7	RChil8	9	0.17	6.53	22.80
RChil8	RChil8	RYura3	10	6.53	15.90	22.80
RYura3	RYura3	RVito2	11	15.90	611.00	22.80
RVito2	RVit2	CaHuQu	12	611.00	75.35	22.80
CaHuQu	CaHuQu	RLaMi1	13	75.35	633.27	22.80
RLaMi1	RLaMi1	RLaMli2	14	633.27	0.82	22.80
RLaMli2	RLaMli2	QCeme1	15	0.82	0.52	22.80
QCeme1	QCeme1	QLucm1	16	0.52	639.80	22.80
QLucm1	QLucm1	RLihu2	17	639.80	627.28	22.80
RLihu2	RLihu2	RSigu1	18	627.28	624.05	22.80
RSigu1	RSigu1	RSigu2	19	624.05	25.99	22.80
RSigu2	RSigu2	RQuil1	20	25.99	41.45	22.80
RQuil1	RQuil1		21	41.45	0.01	22.80

**Figura 20** Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Air Temperature"

Upstream	Reach	Downstream	Reach	Upstream	Downstream	12:00 a. m.
Label	Label	Label	Number	Distance	Distance	Wind speed
				km	km	(The input v
RChil	RChil	RChil4	4	34.67	16.58	5.30
RChil4	RChil4	RTinG1	5	16.58	5.19	5.30
RTinG1	RTinG1	RChil6	6	5.19	2.52	5.30
RChil6	RChil6	QAñas1	7	2.52	8.93	5.30
QAñas1	QAñas1	RChil7	8	8.93	0.17	5.30
RChil7	RChil7	RChil8	9	0.17	6.53	5.30
RChil8	RChil8	RYura3	10	6.53	15.90	5.30
RYura3	RYura3	RVito2	11	15.90	611.00	5.30
RVito2	RVit2	CaHuQu	12	611.00	75.35	5.30
CaHuQu	CaHuQu	RLaMi1	13	75.35	633.27	5.30
RLaMi1	RLaMi1	RLaMli2	14	633.27	0.82	5.30
RLaMli2	RLaMli2	QCeme1	15	0.82	0.52	5.30
QCeme1	QCeme1	QLucm1	16	0.52	639.80	1.80
QLucm1	QLucm1	RLihu2	17	639.80	627.28	1.80
RLihu2	RLihu2	RSigu1	18	627.28	624.05	1.80
RSigu1	RSigu1	RSigu2	19	624.05	25.99	1.80
RSigu2	RSigu2	RQuil1	20	25.99	41.45	1.80
RQuil1	RQuil1		21	41.45	0.01	1.80

**Figura 21** Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Wind Speed"

Para el modelamiento con el QUAL2K, se consideraron 5 puntos de vertimiento de aguas residuales en la cuenca, datos que fueron introducidos en la pestaña "Point Sources".

Name	Location (km)	Point		Temperature			Specific Conductance		
		Abstraction	Inflow	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
		m3/s	m3/s	°C	°C	max	umhos	umhos	max
VChil6	5.19	0.0000	0.2660	22.10	0.00	2:15 PM	1.60	0.00	2:15 PM
VChil4	5.19	0.0000	1.3150	20.00	0.00	12:00 AM	1730.00	0.00	12:00 AM
VChil7	8.93	0.0000	0.2970	23.70	0.00	12:00 AM	2250.00	0.00	12:00 AM
VChil8	8.93	0.0000	0.0150	18.10	0.00	12:00 AM	2910.00	0.00	12:00 AM
VChil10	8.93	0.0000	0.0560	18.20	0.00	2:50 PM	1.26	0.00	2:50 PM

**Figura 22** Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Point Sources"

Seguidamente, en la pestaña “Temperatura Data” se introdujo la temperatura medida en el cuerpo de agua en cada uno de los puntos de monitoreo.

x(km)	Temp-data	Temp-data	Temp-data
20.050	13.40	3.00	15.00
31.470	7.70	3.00	15.00
19.070	9.50	3.00	15.00
34.670	14.00	3.00	15.00
16.580	13.50	3.00	15.00
5.190	18.40	7.20	25.80
2.520	16.70	7.20	25.80
8.930	15.00	7.20	25.80
0.170	21.40	7.20	25.80
6.530	16.40	7.20	25.80
15.900	17.10	7.20	25.80
611.000	14.00	7.20	25.80
75.350	25.40	7.80	26.40
633.270	11.10	7.80	26.40
0.820	14.20	7.80	26.40
0.520	14.20	7.80	26.40
639.800	13.50	7.80	26.40
627.280	14.10	7.80	26.40
624.050	17.20	7.80	26.40
25.990	15.50	7.80	26.40
41.450	12.50	7.80	26.40
0.000	24.70	7.80	26.40

**Figura 23** Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "Temperature Data"

Finalmente, en la pestaña “WQ Data” se introdujeron los parámetros de calidad del agua tomados en cada uno de los tramos que se emplearon para el modelamiento.

Distance km	Cond (umhos) data	ES (mgO <sub>2</sub> ) data	DO (mgO <sub>2</sub> L) data	CBOD <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> L) data	CBOD <sub>T</sub> (mgO <sub>2</sub> L) data	Org (ug/l) data	NH4 (ug/l) data	NO3 (ug/l) data	Phg (ug/l) data	Org P (ugPL) data	Phyt (ug4L) data	Detr (mgD/L) data	Pathogens (rfu/100 mL) data	Alk (mgCaCO3/L) data	pH
20.050	74.60	8.00	6.26	2.00	2.00	0.15	0.01							1.80	7.54
31.470	64.40	6.00	6.95	2.00	2.00	0	0.83							1.80	7.97
19.070	104.20	6.00	7.06	2.00	2.00	0	0.11							11.00	7.82
34.670	216.00	3.00	8.80	2.00	2.00	0	0.91							1.80	8.21
16.580	151.20	3.00	7.54	2.00	2.00	0	0.01							1.80	8.13
5.190	216.00		6.70	7.00	7.00	0	1.11					17000.00		7.88	7.88
2.520	360.00		10.00	2.00	2.00	0	37.74					8400.00		1.80	8.42
8.930	312.00		7.99	2.00	2.00	0	3.39					22000.00		1.80	8.58
0.170	1900.00		6.70	9.00	9.00	2	46.50					28000.00		1.80	7.93
6.530	637.00		7.54	8.00	8.00	2	10.24					8400.00		1.80	8.05
15.900	974.00		7.95	2.00	2.00	1	14.98					360.00		1.80	8.21
611.000	628.00		7.84	2.00	2.00	0	2.77					40.00		1.80	8.00
75.350	3850.00		8.22	2.00	2.00	0	129.90					79.00		1.80	8.45
633.270	420.00		9.45	2.00	2.00	0						17.00		1.80	8.47
0.820	837.00		6.70	2.00	2.00	0						1.80		1.80	8.47
0.520	2960.00		6.86	2.00	2.00	0						1.80		1.80	8.44
639.800	2410.00		6.99	2.00	2.00	0						1.80		1.80	8.50
627.280	1063.00		6.30	4.00	4.00	0						17000.00		1.80	8.34
624.050	418.00		7.30	2.00	2.00	0						6.80		1.80	8.50
25.990	687.00		6.38	2.00	2.00	0						40.00		1.80	8.30
41.450	1655.00		7.60	2.00	2.00	0	87.33					330.00		1.80	8.40
0.000	2890.00		8.73	2.00	2.00	0	169.40					1.80		1.80	8.60

**Figura 24** Configuración del modelo QUAL2K de la pestaña "WQ Data"

### 3.5.12. Calibración del Modelo

El modelamiento QUAL2K en su versión 5.1 viene incorporado con una auto calibración, evitando así una calibración manual tal como se realizaba en las primeras versiones del software.

### 3.5.13. Implementación del Modelo QUAL2K

Después de haber introducido y configurado el software QUAL2K se realizó la ejecución de la simulación de la calidad del agua en el río Chili con precisión por la auto calibración existente en el programa.

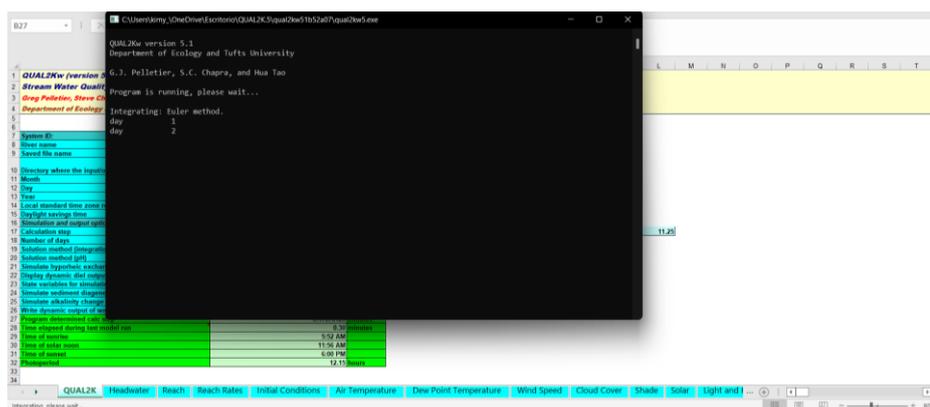


Figura 25 Corrida de datos de modelación con el QUAL2K

### 3.6. Método de análisis de datos

La investigación realizó la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la cuenca Quilca – Chili mediante los informes de monitoreo participativo que realiza el ALA-Chili cada año.

Con los datos ya procesados y analizados se determinó el índice de la calidad del agua del recurso hídrico superficial, empleando así las fórmulas matemáticas indicadas en la guía metodología aprobada por la R.J. N° 084-2020-ANA, en la cual plantea las fórmulas para hallar el alcance (F1), la frecuencia (F2) y la amplitud (F3).

Los cálculos se procesaron en el software Excel 2016, las valoraciones calculadas obtuvieron la calificación pertinente según

lo indica la metodología, posteriormente se representaron gráficamente en mapas geográficos creados con el software Qgis. Por otra parte, con los datos procesados y analizados de la caracterización de la cuenca se modeló la calidad del agua a lo largo de la cuenca haciendo uso de la herramienta matemática QUAL2K, la simulación de la cuenca se vio reflejado en graficas obtenidas observando así el comportamiento de los parámetros modelados.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación titulada “Modelamiento de la calidad del agua superficial en la Cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016-2021, Arequipa, 2021” fue realizado en su totalidad con información verídica y fidedigna proveniente de artículos científicos y tesis, haciendo alusión en todo momento a sus respectivos autores, respetando así los derechos de autor.

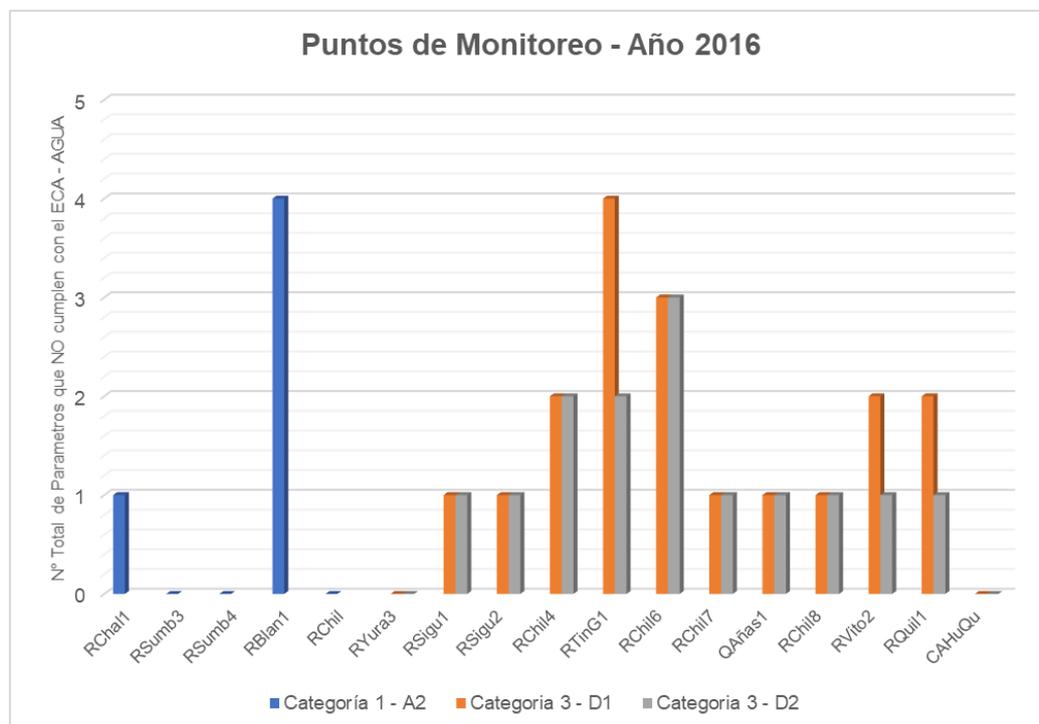
De igual forma se aplicó los principios de ética que se encuentran estipulados en la Resolución de Consejo Universitario N° 0262-2020/UCV Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo.

La investigación busco dar un aporte ambiental y académico, exigiendo en todo momento al investigador tener una postura honesta y ética en la obtención de los resultados que aquí se muestran.

## **IV. RESULTADOS**

#### 4.1. Características fisicoquímicas y biológicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo del 2016-2021.

Mediante los informes de monitoreo del ALA – Chili, se analizaron las características de los 22 puntos de monitoreo desde el año 2016 hasta el 2021, comparándolos con el ECA según la categoría que pertenecían al momento de ser evaluados. **Ver Anexo 4.**



**Figura 26** Gráfica de los Puntos de Monitoreo del Año 2016.

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca – Chili” (Administración Local del Agua Chili, 2016)

En la Figura N° 26 se observa que en el año 2016 se trabajaron 17 puntos de monitoreo, dentro de los cuales 12 puntos pertenecen a la categoría 3 “Riego de Cultivos y Bebida de Animales” y 5 puntos son de categoría 1 – A2 “Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Convencional”. Además, se puede observar que 12 puntos de monitoreo sobrepasan entre 1 a 4 parámetros de calidad.

**Tabla 17** Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA - AGUA. Año 2016

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>ECA</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Categoría 1 - A2</b>				
RChal1	pH	6.5 - 8.5	9.27	Unidad pH
RBlan1	Conductividad Eléctrica	1600	3190	mg/l
	Arsenico (As)	0.01	0.056	mg/l
	Hierro (Fe)	1	1.014	mg/l
	Boro (B)	2.4	2.576	mg/l
<b>Categoría 3 - D1</b>				
RSigu1	Conductividad Eléctrica	2500	8280	µS/cm
RSigu2	Conductividad Eléctrica	2500	243000	µS/cm
RChil4	Coliformes Termotolerantes	1000	330000	NMP/100
	Manganeso (Mn)	0.2	0.248	mg/l
RChil6	DQO	40	44	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	49000	NMP/100
	Manganeso (Mn)	0.2	0.204	mg/l
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	23000	NMP/100
RChil8	Coliformes Termotolerantes	1000	4900	NMP/100
RVito2	Conductividad Eléctrica	2500	5280	µS/cm
	Boro (B)	1.0	2.869	mg/l
RQuil1	Conductividad Eléctrica	2500	5110	µS/cm
	Boro (B)	1.0	2.614	mg/l
RTing	Coliformes Termotolerantes	1000	2300	NMP/100
	Conductividad Eléctrica	2500	3010	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	8.76	Unidad pH
	Boro (B)	1.0	4.472	mg/l
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	140000	NMP/100
<b>Categoría 3 - D2</b>				
RSigu1	Conductividad Eléctrica	5000	8280	µS/cm
RSigu2	Conductividad Eléctrica	5000	243000	µS/cm
RChil4	Coliformes Termotolerantes	1000	330000	NMP/100
	Manganeso (Mn)	0.2	0.248	mg/l
RChil6	DQO	40	44	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	49000	NMP/100
	Manganeso (Mn)	0.2	0.204	mg/l
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	23000	NMP/100
RChil8	Coliformes Termotolerantes	1000	4900	NMP/100
RVito2	Conductividad Eléctrica	5000	5280	µS/cm
RQuil1	Conductividad Eléctrica	5000	5110	µS/cm
RTing	Coliformes Termotolerantes	1000	2300	NMP/100
	pH	6.5 - 8.4	8.76	Unidad pH
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	140000	NMP/100

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca – Chili” (Administración Local del Agua Chili, 2016)

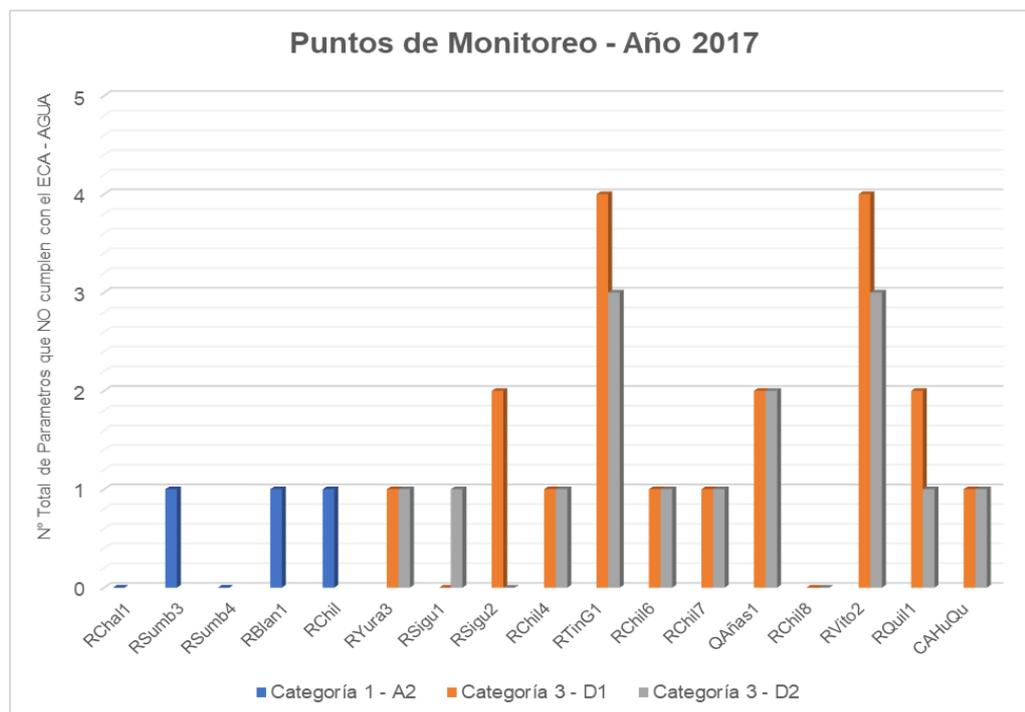
En la Tabla N 17 se observan los puntos de monitoreo y parámetros que no cumplen con los valores asignados para cada categoría según el D.S. 015-2015-MINAM a lo largo de la cuenca en el año 2016. Siendo así que en el punto RChal1 el pH excede en 9.06% los rangos para este parámetro, mientras que en el punto RBlan1 la conductividad eléctrica, el arsénico (As), el boro (B) y el hierro (Fe) superan en un 99.38%, 0.46%, 7.33% y 1.40% respectivamente el rango establecido en la norma vigente del 2015.

Al mismo tiempo, se observa que en los puntos RSigu1 y RSigu2 los valores de la conductividad eléctrica supera en 2.31% y 96.20% respectivamente el valor máximo para la subcategoría D-1, mientras que para la subcategoría D-2 supera en 0.66% y 47.6% respectivamente.

De la misma forma, en la Tabla N°17 se observa que los puntos RChil4, RChil6, Chil7 y RChil8 superan los valores para la categoría 3 para los coliformes termo tolerantes en 330%, 48%, 22% y 3.90%. En el punto RChil4 el manganeso supera en 0.02% el estándar, a su vez en el punto RChil6 el manganeso y el DQO sobrepasan un 0.002% y 10% respectivamente.

Por otra parte, en el punto RVito2 la conductividad eléctrica excede en 11.20% y 5.60% la subcategoría D-1 y D-2 respectivamente, y los niveles de boro en esta zona exceden en 186.90% para la subcategoría D-1. En el punto RQuil1 la conductividad eléctrica se excede en 1.04% y 2.20% para la subcategoría D-1 y D-2 respectivamente mientras que el boro supera en 1.61% la subcategoría D-1.

Finalmente, en la Tabla N° 17 se observa que el punto QAñas sobrepasa 139% los niveles de coliformes termo tolerantes, mientras que en RTing4 los coliformes tolerantes, la conductividad eléctrica, el pH y el boro sobrepasaron en 130%, 20.40%, 3.06% y 347.20% los valores para la subcategoría D-1, además que el pH y los coliformes termo tolerantes excedieron en 4.26% y 130% la subcategoría D-2.



**Figura 27** Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2017.

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2017)

En la Figura N° 27 se observa que en el año 2017 se trabajaron 17 puntos de monitoreo, de los cuales 3 puntos de monitoreo de categoría 1 – A2 presentaron un parámetro que no cumplía con los estándares, mientras que 10 puntos de monitoreo presentaron entre 1 a 4 parámetros que no cumplían con los valores para la subcategoría D-1 y D-2.

**Tabla 18** Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA.  
Año 2017.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>ECA</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Categoría 1 - A2</b>				
RCil	Arsénico (As)	0.01	0.02175	mg/l
RSumb3	pH	5.5 - 9.0	9.24	Unidad pH
RBlan1	Arsénico (As)	0.01	0.04645	mg/l
<b>Categoría 3 - D1</b>				
RYura3	pH	6.5 - 8.5	8.55	Unidad pH
RSigu2	Conductividad Eléctrica	2500	4910	µS/cm
	Boro (B)	1	1.963	mg/l
CAHuQu	pH	6.5 - 8.5	8.55	Unidad pH
RChil4	pH	6.5 - 8.5	8.77	Unidad pH
RChil6	Coliformes Termotolerantes	1000	17000	NMP/100 ml
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	17000	NMP/100 ml
RVito2	Coliformes Termotolerantes	1000	1300	NMP/100 ml
	Conductividad Eléctrica	2500	6150	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	8.74	Unidad pH
	Boro (B)	1	4.272	mg/l
RQuil1	Conductividad Eléctrica	2500	6440	µS/cm
	Boro (B)	1	4.323	mg/l
RTing	Coliformes Termotolerantes	1000	3500	NMP/100 ml
	Conductividad Eléctrica	2500	3080	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	8.8	Unidad pH
	Boro (B)	1	6.108	mg/l
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	1400	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.5	9.01	Unidad pH
<b>Categoría 3 - D2</b>				
RYura3	pH	6.5 - 8.4	8.55	Unidad pH
RSigu1	pH	6.5 - 8.4	8.49	Unidad pH
CAHuQu	pH	6.5 - 8.4	8.55	Unidad pH
RChil4	pH	6.5 - 8.4	8.77	Unidad pH
RChil6	Coliformes Termotolerantes	1000	17000	NMP/100 ml
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	17000	NMP/100 ml
RVito2	Coliformes Termotolerantes	1000	1300	NMP/100 ml
	Conductividad Eléctrica	5000	6150	µS/cm
	pH	6.5 - 8.4	8.74	Unidad pH
	Conductividad Eléctrica	5000	6440	µS/cm
RQuil1	Conductividad Eléctrica	5000	6440	µS/cm
	Coliformes Termotolerantes	1000	3500	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	8.8	Unidad pH
RTing	Boro (B)	5	6.108	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	1400	NMP/100 ml
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	1400	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	9.01	Unidad pH

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2017)

En la Tabla N° 18, se observa los puntos de monitoreo y los parámetros que no cumplieron con el ECA vigente en el año 2017, siendo así que el punto RChil y RBlan1 presentan valores elevados de arsénico, superando en 1.18% y 3.65% respectivamente, mientras que en el RSub3 el pH se excede en 0.003% los rangos establecidos para este parámetro.

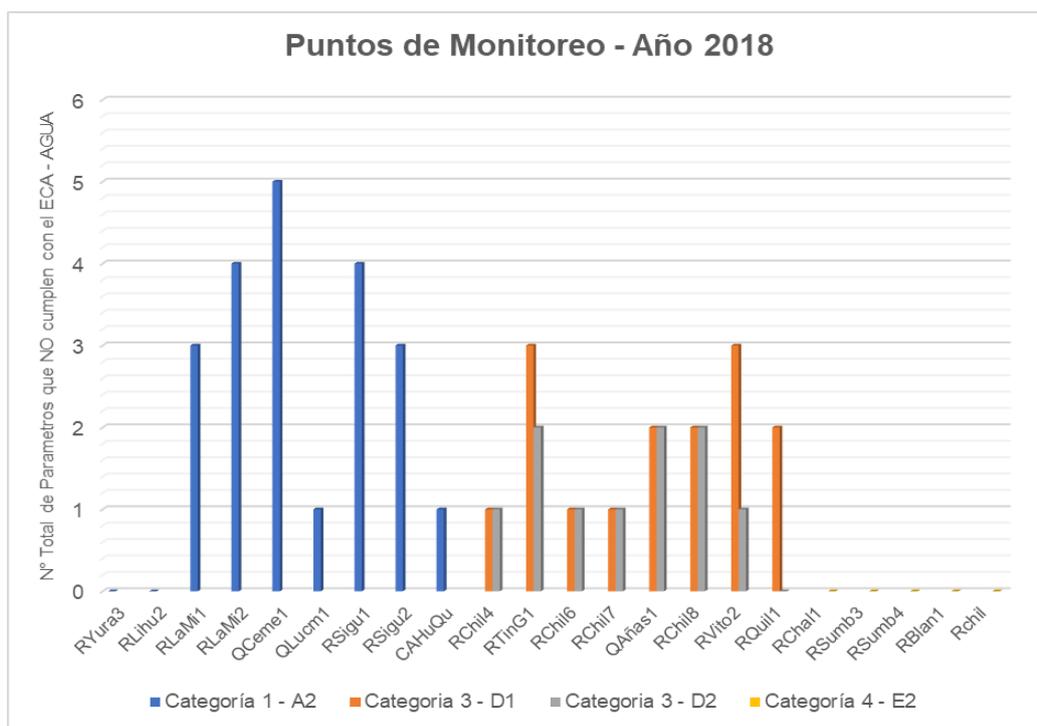
De la misma forma, en la tabla se observa que en el punto RYura3 el pH supera en 0.59% para la subcategoría D-1 mientras que para la subcategoría D-2 se excede en 1.79%. Por otra parte, se observa que los puntos CAHuQu y Rchil4 el pH supera en 0.59% y 3.18% respectivamente para la subcategoría D-1, y en 1.79% y 4.40% para la subcategoría D-2.

Así mismo, se observa que los puntos RChil6 y RChil7 los niveles de coliformes termo tolerantes supera en 16% para la categoría 3, a su vez en el punto QAñas los coliformes termo tolerantes y el pH superan en 0.40% y 6% respectivamente los valores para la subcategoría D-1; y en 0.40% y 7.26% para la subcategoría D-2.

Además, en la Tabla N° 18, se observa que el punto RVito2 los coliformes termo tolerantes, la conductividad eléctrica y el pH superan en 0.30%, 1.46% y 0.003% respectivamente los valores para la subcategoría D-1 y en 0.30%, 0.23% y 0.0004% para la subcategoría D-2, mientras que los niveles de boro exceden en 3.27% para la subcategoría D-1. Por su parte, en el punto RTing los niveles de coliformes termo tolerantes, conductividad eléctrica, pH y boro exceden en 2.50%, 0.23%, 3.53% y 5.11% respectivamente para la subcategoría D-1, a su vez que los coliformes termo tolerantes, el pH y el boro exceden en 2.50%, 4.76% y 0.2% los valores para la subcategoría D-2.

Por último, en la tabla también se observa que en punto de monitoreo RSignu2 la conductividad eléctrica y el boro sobrepasan en 0.96% y 0.10% respectivamente para la subcategoría D-1, mientras que en RQuil1 la conductividad eléctrica y el boro llegaron a excederse en 1.58% y 3.32% respectivamente para la subcategoría D-1, además que la conductividad eléctrica también excede en 0.29% para la subcategoría D-2. Y en el

punto RSigu1 los valores del pH llegaron a exceder en 0.01% los rangos establecidos para la subcategoría D-2.



**Figura 28** Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2018.

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2018)

En la Figura N° 28 se observa los 22 puntos de monitoreo analizados en el año 2018 a lo largo de toda la cuenca, además que 9 puntos de monitoreo pertenecen a la categoría 1 – A2, 8 puntos están clasificados dentro de la categoría 3 y 5 puntos de monitoreo se encuentran dentro de la categoría 4 – E2.

A su vez, en la figura se observa que 7 puntos de monitoreo de categoría 1 – A2 tienen entre 1 a 5 parámetros que exceden los valores asignados en el ECA vigente, mientras que 8 puntos de monitoreo de categoría 3 cuentan entre 1 a 3 parámetros que incumplen los valores establecidos en la normativa vigente.

**Tabla 19** Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2018.

Puntos de Monitoreo	Parámetro	ECA	Valor	Unidad
<b>Categoría 1 - A2</b>				
RSigu1	Arsenico (As)	0.01	0.01604	mg/l
	Aluminio (Al)	5	5.04	mg/l
	Hierro (Fe)	1	5.92	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.379	mg/l
RSigu2	Conductividad Eléctrica	1600	2350	µS/cm
	Hierro (Fe)	1	2.78	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.184	mg/l
CAHuQu	Arsenico (As)	0.01	0.01368	mg/l
RLaMi1	Aluminio (Al)	5	15.7	mg/l
	Hierro (Fe)	1	17.5	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.986	mg/l
RLaMi2	Conductividad Eléctrica	1600	4580	µS/cm
	Aluminio (Al)	5	16.9	mg/l
	Hierro (Fe)	1	15.4	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	2.77	mg/l
QCeme	DQO	20	36	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	239000	µS/cm
	Aluminio (Al)	5	41	mg/l
	Boro (B)	2.4	5.83	mg/l
	Hierro (Fe)	1	50.8	mg/l
QLucm	Coliformes Termotolerantes	2000	16000	NMP/100 ml
<b>Categoría 3 - D1</b>				
RChil4	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
RChil6	Coliformes Termotolerantes	1000	11000	NMP/100 ml
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
RChil8	Coliformes Termotolerantes	1000	9200	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.5	8.6	Unidad pH
RVito2	Conductividad Eléctrica	2500	3030	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	9.41	Unidad pH
	Boro (B)	1	2.04	mg/l
RQuil1	Conductividad Eléctrica	2500	3480	µS/cm
	Boro (B)	1	2.29	mg/l
RTing	Conductividad Eléctrica	2500	3020	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	9.4	Unidad pH
	Boro (B)	1	5.97	mg/l
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	160000	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.5	9.3	Unidad pH
<b>Categoría 3 - D2</b>				
RChil4	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
RChil6	Coliformes Termotolerantes	1000	11000	NMP/100 ml
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
RChil8	Coliformes Termotolerantes	1000	9200	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	8.6	Unidad pH
RVito2	pH	6.5 - 8.4	9.41	Unidad pH
RTing	pH	6.5 - 8.4	9.4	Unidad pH
	Boro (B)	5	5.97	mg/l
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	160000	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	9.3	Unidad pH

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2018)

En la Tabla N° 19 se observa que en el punto RSignu1 los niveles de arsénico, aluminio, hierro y fósforo sobrepasaron en 60.4%, 0.80%, 492% y 152.67% respectivamente a los valores para la categoría A-1, mientras que el punto RSignu2 que fue tomado aguas abajo en el río la conductividad eléctrica, el hierro y el fósforo sobrepasaban en 0.47%, 178% y 22.67% la norma vigente.

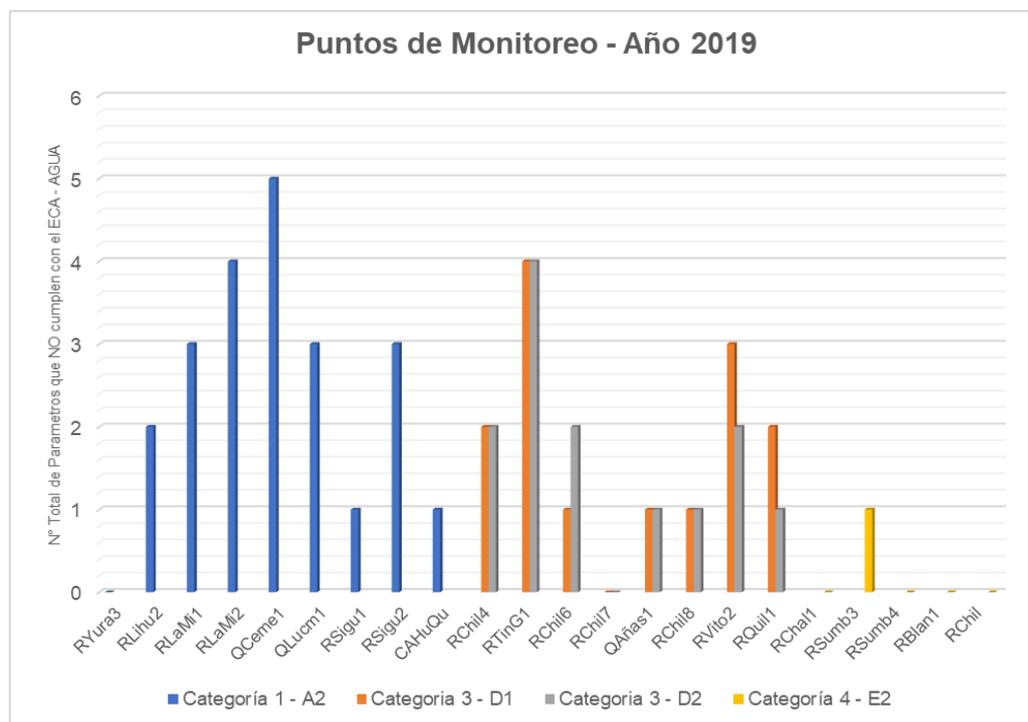
Al mismo tiempo, en la tabla se puede observar que en el punto RLaMi1 el aluminio, el hierro y el fósforo no cumplían lo estipulado en el ECA para categoría 1 – A2, dado que sobrepasaban en 214%, 1650% y 557% respectivamente, a su vez en el punto RLaMi2 los niveles de la conductividad eléctrica, el aluminio, el hierro y el fósforo sobrepasan en 1.86%, 238%, 1440% y 1746% respectivamente.

Por otra parte, en el punto CAHuQu los valores de arsénico superaban en 36.80%, mientras que en el punto QLucm los coliformes termo tolerantes superaban lo estipulado por la normativa en 700%. A su vez, se observa que en el punto QCeme los valores de DQO sobrepasaban en 80%, la conductividad eléctrica en 148.38%, el aluminio 720%, el boro en 142.92%, el hierro en 49.80% para la categoría 1 – A2.

Además, también se observa que los puntos RChil4, RChil6, RChil7 y RChil8 superan en 4.40%, 10%, 4.40% y 8.20% respectivamente la categoría 3; a su vez en el punto RChil8 los valores de pH superaban los rangos para la subcategoría D-1 en 1.18% y en 2.38% para la subcategoría D-2. Al mismo tiempo se observa que en el punto QAñas 1 los coliformes termo tolerantes superan los valores de la categoría 3 en 159%, mientras que el pH excede en 9.41% la subcategoría D-1 y en 10.71% para la subcategoría D-2.

Finalmente, en la Tabla N° 19 se observa que el punto RTing presenta valores elevados en la conductividad eléctrica, la cual supera en 20.80% la subcategoría D-1; el pH y el boro superan en 10.59% y 497% para la subcategoría D-1 y en 11.90% y 19.40% para la subcategoría D-2. Mientras que en el punto RQuil1 la conductividad eléctrica y el boro supera en 129% y 25% respectivamente para la subcategoría D-1 y en el punto RVito2 el pH supera los rangos para la subcategoría D-1 en

10.71% y en 12.02% para la subcategoría D-2, además que la conductividad eléctrica y el boro excedieron en 21.20% y 104% para la subcategoría D-1.



**Figura 29** Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2019.

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2019)

En la Figura N° 29 se observa los 22 puntos de monitoreo analizados a lo largo de la cuenca en el año 2019, dentro de los cuales 8 puntos de monitoreo de categoría 1 – A2 presentaron entre 1 a 5 parámetros que incumplían con la normativa vigente, 7 puntos de categoría 3 presentaron entre 1 a 4 parámetros que excedían los valores del ECA vigente y únicamente 1 punto de monitoreo de categoría 4-E2 conto con 1 parámetro que excedía lo estipulado en la normativa vigente.

**Tabla 20** Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2019.

Puntos de Monitoreo	Parámetro	ECA	Valor	Unidad
<b>Categoría 1 - A2</b>				
RSigu1	Arsénico (As)	0.01	0.02043	mg/l
RSigu2	Conductividad Eléctrica	1600	3870	μS/cm
	Hierro (Fe)	1	1.424	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.179	mg/l
CAHuQu	Arsénico (As)	0.01	0.02339	mg/l
RLihu2	Fosforo (P)	0.15	0.294	mg/l
	Hierro (Fe)	1	1.964	mg/l
RLaMi1	Fosforo (P)	0.15	0.582	mg/l
	Aluminio (Al)	5	6.131	mg/l
	Hierro (Fe)	1	5.176	mg/l
RLaMi2	Fosforo (P)	0.15	0.967	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	2710	μS/cm
	Aluminio (Al)	5	7.873	mg/l
	Hierro (Fe)	1	6.228	mg/l
QCeme	Fosforo (P)	0.15	0.435	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	28700	μS/cm
	Aluminio (Al)	5	10.83	mg/l
	Hierro (Fe)	1	3.943	mg/l
	Manganeso (Mn)	0.4	0.5234	mg/l
QLucm	Oxígeno Disuelto	≥5	4.92	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.477	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	2000	7000	NMP/100 ml
<b>Categoría 3 - D1</b>				
RChil4	DQO	40	50	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	220000	NMP/100 ml
RChil6	Coliformes Termotolerantes	1000	2800	NMP/100 ml
RChil8	Coliformes Termotolerantes	1000	4600	NMP/100 ml
RVito2	Conductividad Eléctrica	2500	5190	μS/cm
	pH	6.5 - 8.5	8.6	Unidad pH
	Boro (B)	1	4.059	mg/l
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	7000	NMP/100 ml
RTing	Coliformes Termotolerantes	1000	1100	NMP/100 ml
	Boro (B)	1	5.40	mg/l
	Manganeso (Mn)	0.2	0.22482	mg/l
	Conductividad Eléctrica	2500	3090	μS/cm
RQuil1	Conductividad Eléctrica	2500	6120	μS/cm
	Boro (B)	1	3.356	mg/l
<b>Categoría 3 - D2</b>				
RChil4	DQO	40	50	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	220000	NMP/100 ml
RChil6	Coliformes Termotolerantes	1000	2800	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	8.5	Unidad pH
RChil8	Coliformes Termotolerantes	1000	4600	NMP/100 ml
RVito2	Conductividad Eléctrica	5000	5190	μS/cm
	pH	6.5 - 8.4	8.6	Unidad pH
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	7000	NMP/100 ml
RTing	Coliformes Termotolerantes	1000	1100	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	8.5	Unidad pH
	Boro (B)	5	5.40	mg/l
	Manganeso (Mn)	0.2	0.22482	mg/l
RQuil1	Conductividad Eléctrica	5000	6120	μS/cm
<b>Categoría 4 - E2</b>				
RSumb3	pH	6.5 - 9.0	9.1	Unidad pH

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2019)

En la Tabla N° 20 se observa los puntos de monitoreo que en el año 2019 presentaron parámetros que no cumplían con la normativa vigente. Siendo así que en el punto CAHuQu los valores de arsénico exceden en 1.3% el ECA vigente, mientras que en el punto RLihu2 los parámetros de hierro y fósforo sobrepasaron en 0.964% y 0.96% respectivamente la categoría 1-A2; a su vez en el punto QLucm los niveles de oxígeno disuelto se encuentran en 0.016% por debajo al valor mínimo establecido para este parámetro, mientras que el fósforo y los coliformes termo tolerantes superan en 2.18% y 6% respectivamente la norma.

Por otra parte, en la tabla también se observa que en el punto RLaMi1 los valores de fósforo, aluminio y hierro sobrepasaban en 2.88%, 0.23% y 4.17% respectivamente los valores asignados para esos parámetros, mientras que en el punto RLaMi2 que fue tomado aguas abajo los mismos parámetros llegan a exceder en 5.44%, 0.57% y 5.23%. A su vez, en el punto QCeme la conductividad eléctrica se encontraba en 16.93% por encima al ECA, el aluminio sobrepasaba 1.16%, el hierro 2.94%, el fósforo en 0.435% y el manganeso en 0.30% no cumplían con los valores asignados para dichos parámetros.

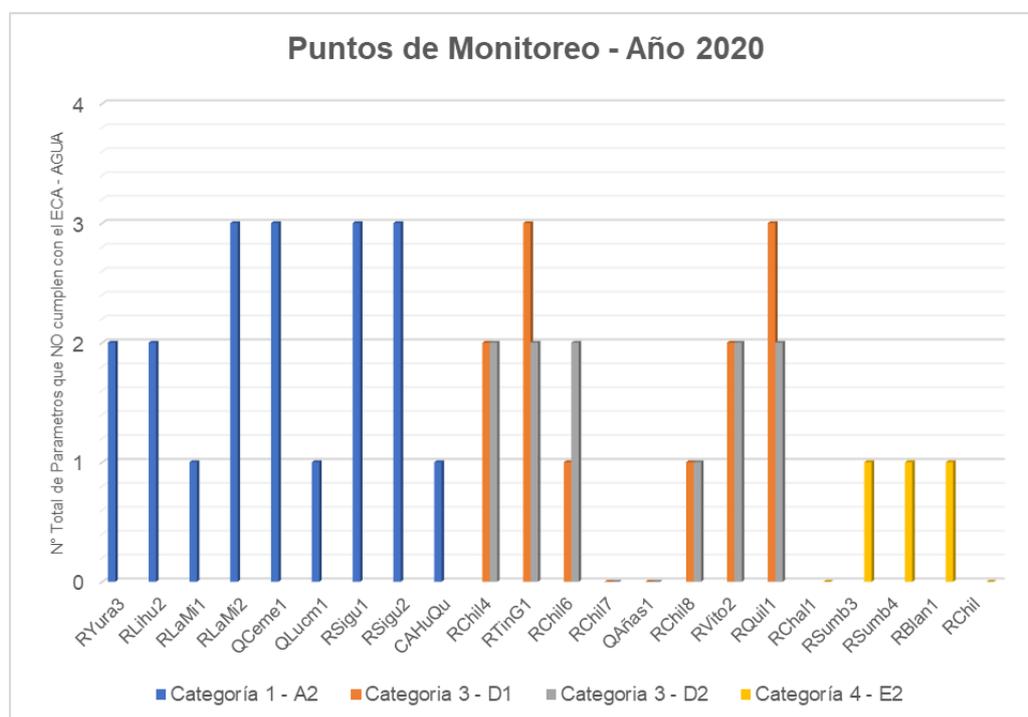
Además, los puntos RSigu1 y RSigu2 presentaron valores elevados de arsénico, el cual se encontraba en 1.04% por encima del estándar, mientras que la conductividad eléctrica, el hierro y el fósforo sobrepasaban en 0.548%, 0.14% y 0.19% respectivamente.

De igual forma, se observa que en los puntos RChil4, RChil6 y RChil8 presentaron valores altos de coliformes termo tolerantes dado que sobrepasan en 21.90%, 0.18% y 0.36% respectivamente, además que en el punto RChil4 el DQO sobrepasaba en 25%, y el pH en el punto RChil6 incumplía con los rangos en 1.19%. Por otra parte, en el punto QAñas los niveles de coliformes termo tolerantes se encontraron en 6% por encima de la norma.

A sí mismo, en el punto RTing los coliformes termo tolerantes, el boro y el manganeso superaban los valores del ECA en 0.1%, 4.4% y 0.12% para la subcategoría D-1, y en 0.1%, 0.0% y 0.12% para la subcategoría D-2; además que en este punto de monitoreo los niveles de pH

superaban en 0.01% los rangos para la subcategoría D-2 y la conductividad eléctrica en 0.236% para la subcategoría D-1.

Finalmente, en la Tabla N° 20 también se observa que en el punto RVito2 la conductividad eléctrica y el pH sobrepasaban en 1.1% y 0.02% la subcategoría D-1 y en 1.1% para la subcategoría D-2 para el pH, a su vez los niveles de boro excedían en 3.059% la subcategoría D-1. Además, que en el punto RQuil1 la conductividad eléctrica superaba en 0.224% y 1.04% para la subcategoría D-2 y D-1 respectivamente, mientras que los niveles de boro excedían en 2.356% la subcategoría D-1; y el punto RSumb3 presentaba valores de pH por encima del rango para la categoría 4 – E2 en 1.1.%.



**Figura 30** Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2020.

Fuente: “Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2020)

En la Figura N° 30 se observa los 20 puntos de monitoreo analizados a lo largo de la cuenca en el año 2020, donde los 9 puntos de monitoreo de categoría 1 – A2 presentaron entre 1 a 3 parámetros que incumplían

con lo establecido en la normativa vigente, mientras que 6 puntos de monitoreo de categoría 3 presentaron entre 1 a 3 parámetros que incumplían con el ECA y 3 puntos de monitoreo de categoría 4 – E2 tenían un parámetro que incumplía con los valores dados para el ECA.

**Tabla 21** Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2020.

Puntos de Monitoreo	Parámetro	ECA	Valor	Unidad
<b>Categoría 1 - A2</b>				
RYura3	Fosforo (P)	0.15	0.192	mg/l
	pH	5.5 - 9.0	9.09	Unidad pH
RSigu1	Fosforo (P)	0.15	0.211	mg/l
	Arsénico (As)	0.01	0.0277	mg/l
RSigu2	Hierro (Fe)	1	1.383	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.178	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	4390	µS/cm
RLihu2	Hierro (Fe)	1	1.619	mg/l
	DBO	5	6	mg/l
RLaMi1	Fosforo (P)	0.15	0.223	mg/l
RLaMi2	Fosforo (P)	0.15	0.181	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	2040	µS/cm
	Hierro (Fe)	1	1.371	mg/l
CAHuQu	Arsénico (As)	0.01	0.0316	mg/l
QCeme1	Fosforo (P)	0.15	0.152	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	12790	µS/cm
	Hierro (Fe)	1	1.649	mg/l
QLucm	Fosforo (P)	0.15	0.181	mg/l
<b>Categoría 3 - D1</b>				
RChi4	DQO	40	41	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	46000	NMP/100 ml
RChi6	Coliformes Termotolerantes	1000	11000	NMP/100 ml
RChi8	Coliformes Termotolerantes	1000	3300	NMP/100 ml
RTing	Conductividad Eléctrica	2500	2920	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	9.033	Unidad pH
	Boro (B)	1	8.035	mg/l
RVito2	Conductividad Eléctrica	2500	6700	µS/cm
	Boro (B)	1	6.193	mg/l
RQuil1	Conductividad Eléctrica	2500	6010	µS/cm
	pH	6.5 - 8.5	8.8	Unidad pH
	Boro (B)	1	4.727	mg/l
<b>Categoría 3 - D2</b>				
RChi4	DQO	40	41	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	46000	NMP/100 ml
RChi6	Coliformes Termotolerantes	1000	11000	NMP/100 ml
	pH	6.5 - 8.4	8.481	Unidad pH
RChi8	Coliformes Termotolerantes	1000	3300	NMP/100 ml
RTing	pH	6.5 - 8.4	9.033	Unidad pH
	Boro (B)	5	8.035	mg/l
RVito2	Conductividad Eléctrica	5000	6700	µS/cm
	Boro (B)	5	6.193	mg/l
RQuil1	Conductividad Eléctrica	5000	6010	µS/cm
	pH	6.5 - 8.4	8.8	Unidad pH
<b>Categoría 4 - E2</b>				
RSumb3	Fosforo (P)	0.05	0.121	mg/l
RSumb4	Fosforo (P)	0.05	0.109	mg/l
RBlan1	Fosforo (P)	0.05	0.126	mg/l

Fuente: “Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2020)

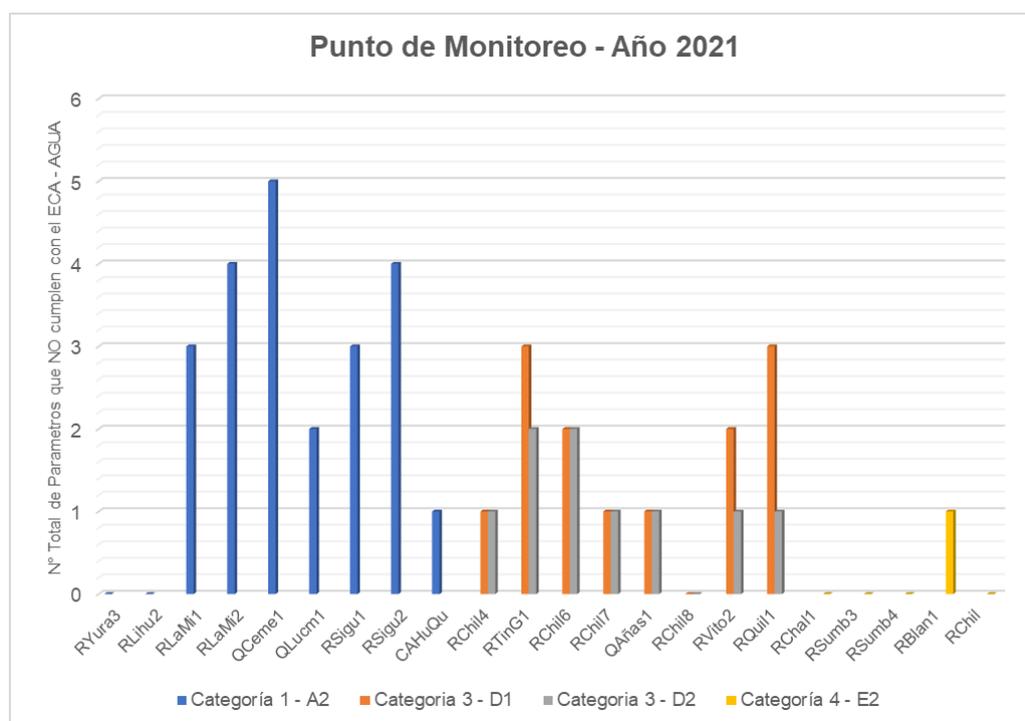
En la Tabla N° 21 se observan los parámetros que cuentan con uno o más parámetros que no cumplían con la normativa vigente para la calidad del agua en el año 2020. Siendo así que se observa que el punto RYura3 el pH se encontraba en 0.01% por encima del rango para la categoría 1-A2, a su vez en este punto de monitoreo en fósforo se encontraba en 0.03% por encima del estándar. Mientras tanto en el punto CAHuQu los valores de arsénico se encontraba en 2.16% por encima del valor asignado para este parámetro, a su vez en el punto RLihu2 el fósforo y la DBO sobrepasaban en 0.486% y 0.2% los ECA del agua; además, en QLucm se observa que los niveles de fósforo sobrepasaban en 0.17% para la categoría 1 – A2.

Por otra parte, en el punto RLaMi1 los niveles de fósforo sobrepasaban en 0.21% y en RLaMi2 los niveles de conductividad eléctrica, fósforo y hierro sobrepasaron en 0.275%, 0.15% y 0.371% respectivamente. De igual forma se observa que en el punto QCeme la conductividad eléctrica, el fósforo y el hierro sobrepasaron lo estipulado por la norma en 6.993%, 0.013% y 0.649%

Así mismo, se observa que en el punto RSigu1 el fósforo, arsénico y hierro se encuentran en 0.406%, 1.77% y 0.383% respectivamente, mientras que en el punto RSigu2 la conductividad eléctrica, el fósforo y el hierro superan en 1.74%, 0.02% y 0.61% respectivamente la normativa vigente. También en el punto RChil4 los coliformes termo tolerantes y el DQO sobrepasaban un 45% y 0.025% para la categoría 3, mientras que en los puntos RChil6 y RChil8 los coliformes termo tolerantes exceden un 10% y 2.3% respectivamente la categoría 3, además que los valores de pH del punto RChil6 superan en 0.010% lo estipulado para la subcategoría D-2.

Finalmente, también en la Tabla N° 21 se observa que en el punto RTing el pH y el boro se encuentra en 0.075% y 0.607% por encima de los valores para la subcategoría D-2 y en 0.063% y 0.70% para la subcategoría D-1. Mientras que el punto RVito2 la conductividad eléctrica y el boro presentan valores de 0.34% y 0.238% por encima de la subcategoría D-2 y en 1.68% y 0.238% para la subcategoría D-1.

Además, en el punto RQuil1 la conductividad eléctrica y el pH no cumplieron con los valores dados para la categoría 3 dado que se encuentran en 0.20% y 0.4% por encima de la subcategoría D-2 y en 1.40% y 3.53% para la subcategoría D-1, a su vez los valores del boro sobrepasan en 3.727% la subcategoría D-1. Mientras que en los puntos RSumb3, RSumb4 y RBlan1 los niveles de fosforo se encuentran en 1.42%, 1.18% y 1.52% por encima del ECA para la categoría 4-E2.



**Figura 31** Gráfica de los Puntos de Monitoreo - Año 2021.

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2021)

En la Figura N° 31 se observa 22 puntos de monitoreo analizados en la cuenca en el año 2021, dentro de los cuales 7 puntos de monitoreo de categoría 1 – A2 tienen entre 1 a 5 parámetros que no cumplen con la norma, 7 puntos de categoría 3 que tienen entre 1 a 3 parámetros que no cumplen con lo estipulado en la norma y 1 punto de monitoreo de categoría 4 que cuenta con 1 parámetro que no cumple con lo indicado en la norma vigente.

**Tabla 22** Puntos de Monitoreo que NO cumplen con el ECA – AGUA. Año 2021.

Puntos de Monitoreo	Parámetro	ECA	Valor	Unidad
<b>Categoría 1 - A2</b>				
RSigu1	Fosforo (P)	0.15	0.154	mg/l
	Arsénico (As)	0.01	0.0153	mg/l
	Hierro (Fe)	1	1.095	mg/l
RSigu2	Fosforo (P)	0.15	0.221	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	1655	µS/cm
	Arsénico (As)	0.01	0.0106	mg/l
	Hierro (Fe)	1	1.606	mg/l
CAHuQu	Arsénico (As)	0.01	0.0174	mg/l
RLaMi1	Fosforo (P)	0.15	1.01	mg/l
	Aluminio (Al)	5	9.978	mg/l
	Hierro (Fe)	1	8.391	mg/l
RLaMi2	Fosforo (P)	0.15	1.381	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	2960	µS/cm
	Aluminio (Al)	5	9.931	mg/l
	Hierro (Fe)	1	8.795	mg/l
QCeme1	DQO	20	85	mg/l
	Fosforo (P)	0.15	0.279	mg/l
	Conductividad Eléctrica	1600	3410	µS/cm
	Aluminio (Al)	5	5.735	mg/l
	Hierro (Fe)	1	2.684	mg/l
QLucm	Fosforo (P)	0.15	0.308	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	2000	170000	NMP/100 ml
<b>Categoría 3 - D1</b>				
RChil4	Coliformes Termotolerantes	1000	170000	NMP/100 ml
RChil6	pH	6.5 - 8.5	8.581	Unidad pH
	Coliformes Termotolerantes	1000	22000	NMP/100 ml
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
RTing	Conductividad Eléctrica	2500	3040	µS/cm
	Boro (B)	1	3.456	mg/l
	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	28000	NMP/100 ml
RVito2	Conductividad Eléctrica	2500	3850	µS/cm
	Boro (B)	1	2.692	mg/l
RQuil1	pH	6.5 - 8.5	8.6	
	Conductividad Eléctrica	2500	2890	µS/cm
	Boro (B)	1	1.778	mg/l
<b>Categoría 3 - D2</b>				
RChil4	Coliformes Termotolerantes	1000	170000	NMP/100 ml
RChil6	pH	6.5 - 8.4	8.581	Unidad pH
	Coliformes Termotolerantes	1000	22000	NMP/100 ml
RChil7	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
RTing	pH	6.5 - 8.4	8.421	Unidad pH
	Coliformes Termotolerantes	1000	5400	NMP/100 ml
QAñas	Coliformes Termotolerantes	1000	28000	NMP/100 ml
RVito2	pH	6.5 - 8.4	8.448	Unidad pH
RQuil1	pH	6.5 - 8.4	8.6	Unidad pH
<b>Categoría 4 - E2</b>				
RBlan1	Conductividad Eléctrica	1000	2150	µS/cm

Fuente: “Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca – Chili” (Administración Local de Agua Chili, 2021)

En la Tabla N° 22 se observan los puntos de monitoreo con cuyos parámetros exceden los estipulado en la normativa vigente para el año 2021. Siendo así que se observa que en el punto RSigu1 los niveles de fosforo, arsénico y hierro se exceden en 0.03%, 0.5% y 0.1% respectivamente, mientras que en RSigu2 los mismos parámetros exceden en 0.5%, 0.1% y 0.6%, adicionalmente la conductividad eléctrica en este último punto sobrepasa en 0.03% los valores dados para esta categoría.

Así mismo se observa que en el punto CAHuQu los valores de arsénico sobrepasaron en 0.7% el ECA, mientras que en QLucm el nivel del fosforo y los coliformes termo tolerantes sobrepasaron en 1.1% y 84% respectivamente, además que en el punto RLaMi1 el fosforo, aluminio y hierro sobrepasaron en 5.7%, 1% y 7.4% respectivamente y en RLaMi2 la conductividad eléctrica, el fosforo, el aluminio y el hierro se excedieron en 0.9%, 8.2%, 4.9% y 7.8% respectivamente.

Por otra parte, también se observa en el punto QCeme la conductividad eléctrica, el DQO, el fosforo, el aluminio y el hierro exceden lo establecido en la categoría 1 – A2 en 1.1%, 3.3%, 0.9%, 0.1% y 1.7% respectivamente, mientras que en los puntos RChil4, RChil6 y RChil7 los valores de los coliformes termo tolerantes superaron la normativa vigente en 169%, 21% y 4.4% respectivamente para la categoría 3, a su vez en el punto RChil6 los niveles de pH excedieron los rango para la subcategoría D-1 en 0.01% y en 0.02% para la subcategoría D-2.

Al mismo tiempo, se observa en la tabla que en el punto QAñas los coliformes termo tolerantes excedieron un 27% los valores para la categoría 3. Además, en el punto RVito2 la conductividad eléctrica excedía un 0.5% para la subcategoría D-1, mientras que el pH se encuentra en 0.006% por encima de los rangos establecidos para la subcategoría D-2, y el boro supero en 1.7% los valores para la subcategoría D-1.

De igual forma en el punto RQuil1 los valores de pH sobrepasaron los rangos establecidos en la subcategoría D-1 en 0.01% y en 0.02% para la

subcategoría D-2, a su vez que la conductividad eléctrica y el boro se encuentran en un 0.2% y 0.8% por encima del ECA.

Finalmente, se observa en la Tabla N° 22 que el punto de monitoreo RTing los coliformes termo tolerantes se encuentra en 4.4% por encima de los rangos para la categoría 3, mientras que la conductividad eléctrica y el boro en este punto de monitoreo se encuentra en un 0.2% y 2.5% por encima de lo estipulado en la subcategoría D-1 y el pH se encuentra en 0.002% por encima de la subcategoría D-2. Además, que en el punto RBlan1 la conductividad eléctrica se encuentra en 1.2% por encima del valor asignado para la categoría 4 – E2.

#### 4.2. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales en la cuenca Quilca-Chili en el periodo del 2016-2021.

Los resultados obtenidos del cálculo de la calidad del agua se encuentran en un rango de 0 a 100, la cual representa la calificación de la calidad del agua a lo largo de la cuenca Quilca – Chili.

La calificación obtenida en cada punto de monitoreo depende del tiempo y espacio de los parámetros analizados que influyen directamente en la calidad del agua, así como las fuentes de contaminación y las características propias de la zona de monitoreo.

**Tabla 23** Resultado ICARHS en la cuenca Quilca – Chili por Monitoreo.

Punto de Monitoreo	Epoca	Cat.	ICARHS											
			2016		2017		2018		2019		2020		2021	
			Avenida	Estiaje										
RChal1	1-A2 / 4-E2	99.68	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	86.62	BUENO	100.00	EXCELENTE	
RSumb4	1-A2 / 4-E2	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	86.62	BUENO	100.00	EXCELENTE	
RChil4	3 - D1	42.67	PESIMO	99.70	EXCELENTE	82.49	BUENO	43.73	PESIMO	50.56	MALO	44.60	PESIMO	
	3 - D2	42.67	PESIMO	99.63	EXCELENTE	69.47	REGULAR	42.72	PESIMO	46.40	MALO	43.31	PESIMO	
RChil6	3 - D1	46.12	MALO	53.52	MALO	69.14	REGULAR	81.79	BUENO	69.14	REGULAR	58.47	MALO	
	3 - D2	46.12	MALO	53.52	MALO	58.47	MALO	81.79	BUENO	58.47	MALO	51.21	MALO	
RChil7	3 - D1	50.86	MALO	53.52	MALO	82.49	BUENO	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	82.49	BUENO	
	3 - D2	50.86	MALO	53.52	MALO	69.47	REGULAR	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	69.47	REGULAR	
RChil8	3 - D1	71.21	REGULAR	100.00	EXCELENTE	72.36	REGULAR	72.36	REGULAR	91.64	BUENO	100.00	EXCELENTE	
	3 - D2	71.21	REGULAR	100.00	EXCELENTE	60.90	MALO	72.36	REGULAR	78.63	REGULAR	100.00	EXCELENTE	
RChil	1-A2 / 4-E2	100.00	EXCELENTE	93.20	BUENO	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	86.62	BUENO	100.00	EXCELENTE	
RVito2	3 - D1	86.51	BUENO	81.03	BUENO	92.75	BUENO	82.73	BUENO	76.25	REGULAR	89.23	BUENO	
	3 - D2	99.56	EXCELENTE	95.68	EXCELENTE	99.20	EXCELENTE	99.41	EXCELENTE	96.61	EXCELENTE	99.85	EXCELENTE	
RQull1	3 - D1	87.65	BUENO	80.78	BUENO	91.46	BUENO	83.86	BUENO	79.99	REGULAR	94.66	BUENO	
	3 - D2	99.76	EXCELENTE	98.27	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	98.62	EXCELENTE	98.36	EXCELENTE	99.75	EXCELENTE	
RSumb3	1-A2 / 4-E2	100.00	EXCELENTE	99.70	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	99.79	EXCELENTE	84.64	BUENO	100.00	EXCELENTE	
RBlan1	1-A2 / 4-E2	77.14	REGULAR	83.23	BUENO	99.28	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	83.87	BUENO	93.90	BUENO	
RYura3	3 - D1	100.00	EXCELENTE	99.85	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	97.23	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	
	3 - D2	100.00	EXCELENTE	99.78	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	97.23	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	
QAñas1	3 - D1	43.59	PESIMO	94.46	BUENO	44.76	PESIMO	65.07	REGULAR	100.00	EXCELENTE	55.56	MALO	
	3 - D2	43.59	PESIMO	94.46	BUENO	43.39	PESIMO	65.07	REGULAR	100.00	EXCELENTE	55.56	MALO	
RTing1	3 - D1	84.04	BUENO	77.50	REGULAR	79.69	REGULAR	81.03	BUENO	75.36	REGULAR	82.49	BUENO	
	3 - D2	74.96	REGULAR	77.50	REGULAR	98.02	EXCELENTE	98.30	EXCELENTE	96.08	EXCELENTE	69.47	REGULAR	
CAHuQu	3 - D1	100.00	EXCELENTE	99.85	EXCELENTE	97.60	EXCELENTE	92.39	BUENO	88.70	BUENO	95.49	EXCELENTE	
	3 - D2	100.00	EXCELENTE	99.78	EXCELENTE	97.60	EXCELENTE	92.39	BUENO	88.70	BUENO	95.49	EXCELENTE	
RSigu1	3 - D1	89.04	BUENO	100.00	EXCELENTE	77.64	REGULAR	93.88	BUENO	88.60	BUENO	95.99	EXCELENTE	
	3 - D2	96.33	EXCELENTE	99.82	EXCELENTE	77.64	REGULAR	93.88	BUENO	88.60	BUENO	95.99	EXCELENTE	
RSigu2	3 - D1	47.58	MALO	90.44	BUENO	88.20	BUENO	89.93	BUENO	87.74	BUENO	95.45	EXCELENTE	
	3 - D2	52.17	MALO	100.00	EXCELENTE	88.20	BUENO	89.93	BUENO	87.74	BUENO	95.45	EXCELENTE	
RLihu2	1 - A2			100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	91.84	BUENO	93.69	BUENO	100.00	EXCELENTE	
RLaMi1	1 - A2			60.81	MALO	80.78	BUENO	97.89	EXCELENTE	71.60	REGULAR	66.46	REGULAR	
RLaMi2	1 - A2			56.83	MALO	72.33	REGULAR	92.33	BUENO	66.46	REGULAR	66.46	REGULAR	
QCeme1	1 - A2			44.16	PESIMO	56.87	MALO	73.23	REGULAR	76.14	REGULAR	76.14	REGULAR	
QLucm1	1 - A2			68.72	REGULAR	74.07	REGULAR	97.89	EXCELENTE	45.68	MALO	45.68	MALO	

En la Tabla N° 23 se presentan los resultados puntuales de la calidad del agua por monitoreo realizado observando así el estado de la calidad del agua a lo largo del tiempo, en época de avenida y estiaje, según las características de la cuenca.

**Tabla 24** Calificación ICARHS en el río Principal de la cuenca Quilca - Chili entre 2016 - 2021.

Estación de Monitoreo	Periodo	S1: Materia Organica		S2: Físicoquímico - Metal		Valoración ICARHS	Calificación ICARHS
		Valoración	Calificación	Valoración	Calificación		
RChal1	2016 - 2019	100.00	EXCELENTE	99.80	EXCELENTE	99.80	EXCELENTE
RSumb4	2016 - 2021	97.85	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE	97.85	EXCELENTE
RChil4	2016 - 2021	41.81	PÉSIMO	99.60	EXCELENTE	41.81	PÉSIMO
RChil6	2016 - 2021	53.26	MALO	99.80	EXCELENTE	53.26	MALO
RChil7	2016 - 2021	61.59	MALO	100.00	EXCELENTE	61.59	MALO
RChil8	2016 - 2021	75.02	REGULAR	99.92	EXCELENTE	75.02	REGULAR
RChil	2016 - 2019	100.00	EXCELENTE	97.89	EXCELENTE	97.89	EXCELENTE
RVito2	2016 - 2021	99.12	EXCELENTE	83.98	BUENO	83.98	BUENO
RQuil1	2016 - 2021	100.00	EXCELENTE	99.65	EXCELENTE	99.65	EXCELENTE

**Tabla 25** Calificación ICARHS en los ríos tributarios de la cuenca Quilca - Chili entre 2016 - 2021.

Estación de Monitoreo	Periodo	S1: Materia Organica		S2: Físicoquímico - Metal		Valoración ICARHS	Calificación ICARHS
		Valoración	Calificación	Valoración	Calificación		
RSumb3	2016 - 2021	97.45	EXCELENTE	99.89	EXCELENTE	97.45	EXCELENTE
RBlan1	2016 - 2021	97.28	EXCELENTE	89.45	BUENO	89.45	BUENO
RYura3	2016 - 2021	99.38	EXCELENTE	99.91	EXCELENTE	99.38	EXCELENTE
QAñas1	2016 - 2021	45.9	MALO	99.75	EXCELENTE	45.9	MALO
RTing1	2016 - 2021	84.92	BUENO	79.97	REGULAR	79.97	REGULAR
CAHuQu	2016 - 2021	100	EXCELENTE	95.44	EXCELENTE	95.44	EXCELENTE
RSigu1	2016 - 2021	96.52	EXCELENTE	86.38	BUENO	86.38	BUENO
RSigu2	2016 - 2021	97.82	EXCELENTE	61.96	MALO	61.96	MALO
RLihu2	2018 - 2021	96.03	EXCELENTE	98.41	EXCELENTE	96.03	EXCELENTE
RLaMi1	2018 - 2021	78.16	REGULAR	72.86	REGULAR	72.86	REGULAR
RLaMi2	2018 - 2021	66.81	REGULAR	71	REGULAR	66.81	REGULAR
QCeme1	2018 - 2021	86.91	BUENO	49.3	MALO	49.3	MALO
QLucm1	2018 - 2021	51.36	MALO	100	EXCELENTE	51.36	MALO

En la Tablan N° 24 y 25 se observa la calificación ICARHS del río principal y los ríos tributarios que conforman la cuenca Quilca Chili, dado que los resultados ICARHS se grafican mediante herramientas cartográficas, en la siguiente figura se observa el Mapa 02 mediante el software Qgis.

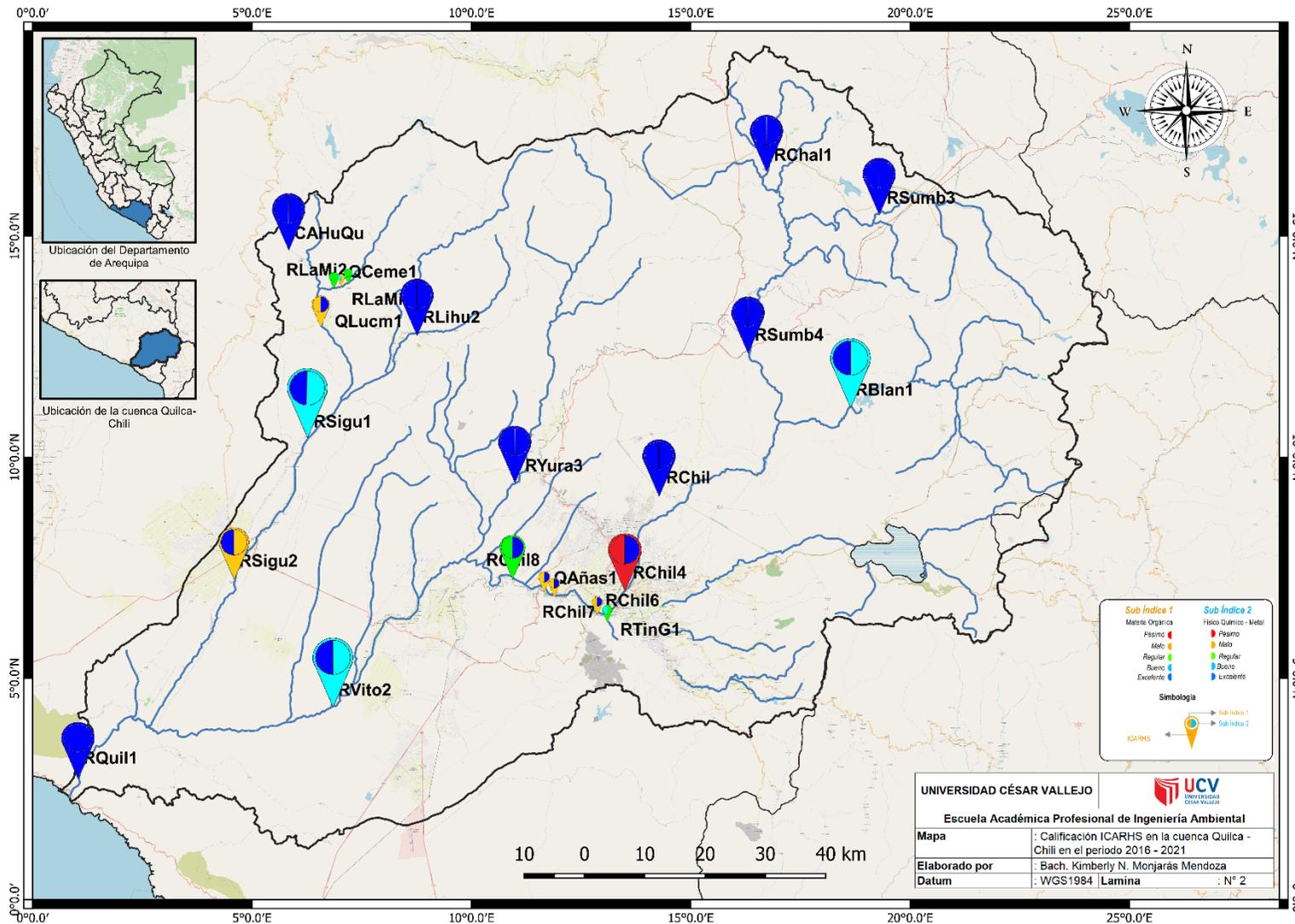
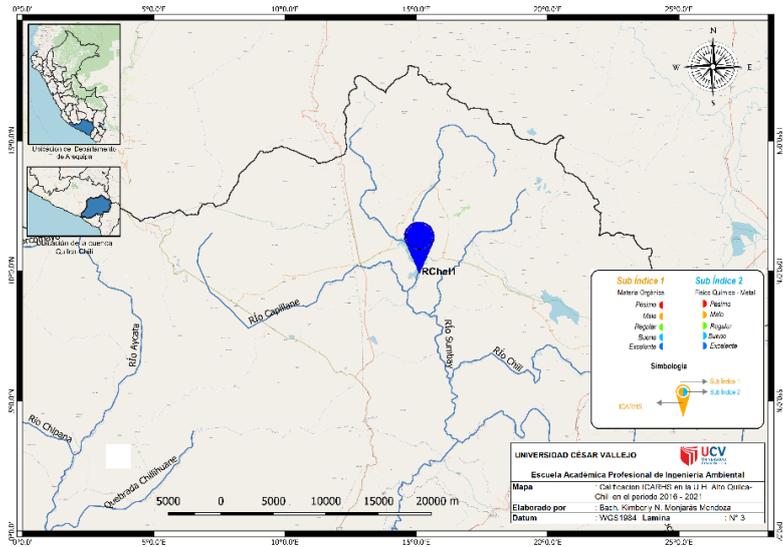


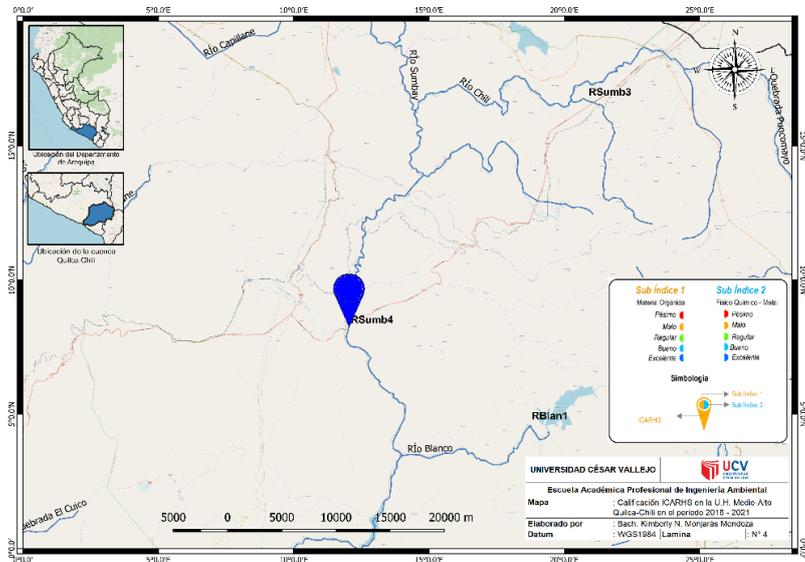
Figura 32 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021.

Los resultados obtenidos del ICARHS analizados desde el punto de vista espacial, se toma de forma individual cada una de las estaciones de monitoreo entre los años 2016 al 2017.



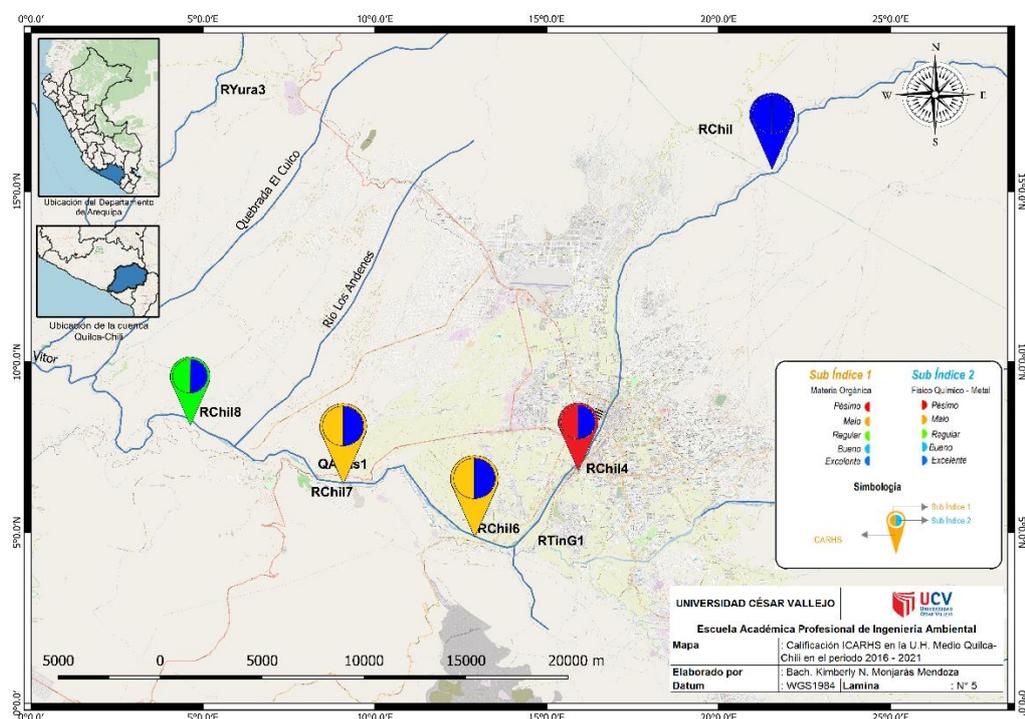
**Figura 33** Mapa del ICARHS en la U.H. Alto Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.

Siendo así que en la Figura N° 33 se observa que en la Unidad Hidrográfica Alto Quilca-Vítor-Chili el río Chahuanca (RChal1) obtuvo la calificación ICARHS de “EXCELENTE”, cuya valoración fue de 99.80, donde el subíndice 1 y 2 tuvieron una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 100 y 99.80 respectivamente.



**Figura 34** Mapa del ICARHS en la U.H. Medio-Alto Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.

En la Figura N° 34 se observa que en la Unidad Hidrográfica Medio-Alto Quilca-Vítor-Chili el río Sumbay (RSumb4) obtuvo la calificación ICARHS “EXCELENTE” cuya valoración fue de 97.85, cuyos subíndices 1 y 2 tuvieron la calificación de “EXCELENTE” con un valor de 97.85 y 100 respectivamente.



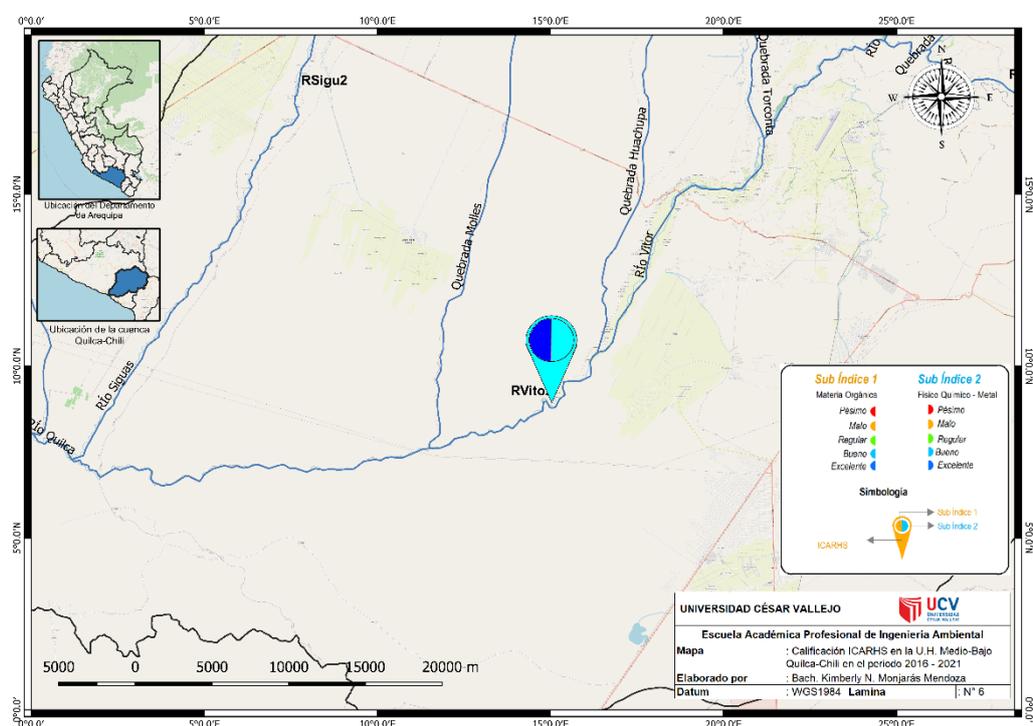
**Figura 35** Mapa del ICARHS en la U.H. Medio Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.

Así mismo, en la Figura N° 35 se observa que la Unidad Hidrográfica Medio Quilca-Vítor-Chili el río Chili en el punto RChil4 tuvo una calificación ICARHS “PÉSIMO” con una valoración de 41.81, dado que el subíndice 1 presento una calificación de “PÉSIMO” debido a que en los últimos 6 años en esta zona han existido vertimientos de aguas residuales domesticas aguas arriba que han dañado la calidad del agua por la presencia elevada de los coliformes termo tolerantes; mientras que el subíndice 2 obtuvo una calificación de “EXCELENTE” con un valor de 99.60.

A su vez, se observa en la Figura N° 35 que los puntos RChil6 y RChil7 tuvieron una calificación ICARHS “MALO” con una valoración de 53.26 y 61.59 respectivamente, donde el subíndice 1 tuvo una calificación de

“MALO” con una valoración de 53.26 y 61.29 respectivamente dado que existen vertimiento de aguas residuales aguas arriba que han dañado la calidad del agua con una elevada presencia de coliformes termo tolerantes en el cuerpo de agua, mientras que el subíndice 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 99.80 y 100 respectivamente.

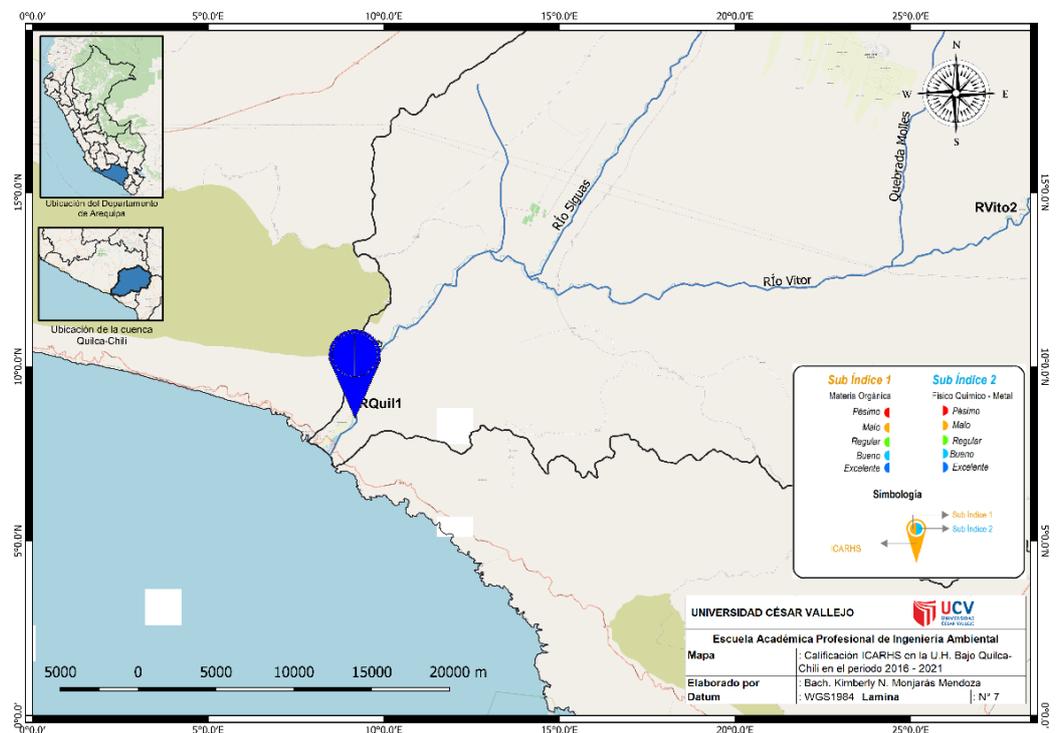
De la misma forma, se observa que en el punto RChil8 se tuvo una calificación ICARHS “REGULAR” con una valoración de 75.02, donde el subíndice 1 tuvo una calificación ICARHS “REGULAR” con una valoración de 75.02 por los vertimientos de aguas residuales domésticas existentes y el subíndice 2 tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con un valor de 99.92. Finalmente, en la zona media de la cuenca el punto RChil tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 97.89, donde el subíndice 1 y 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 100 y 97.89 respectivamente.



**Figura 36** Mapa del ICARHS en la U.H. Medio-Bajo Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.

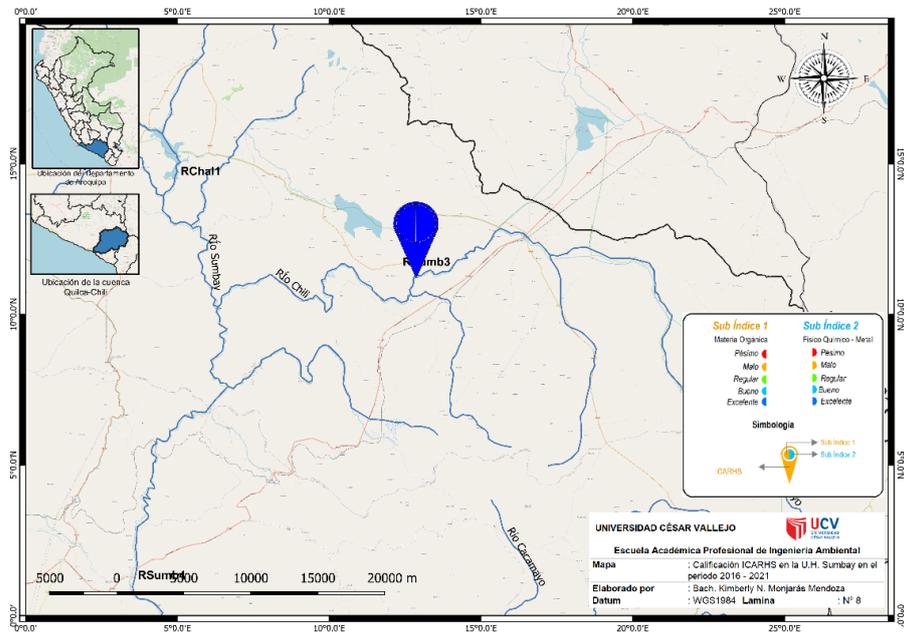
En la Figura N° 36 se observa que en la unidad hidrográfica Medio Bajo Quilca-Vítor-Chili el río Vítor (RVito2) tuvo una calificación ICARHS

“BUENO” con una valoración de 83.98, dado que el subíndice 1 tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 99.12, mientras que el subíndice 2 tuvo una calificación ICARHS “BUENO” con una valoración de 83.98 dado que han existido durante los últimos 6 años vertimientos de aguas residuales agrícolas y algunos vertimientos clandestinos aguas arriba.



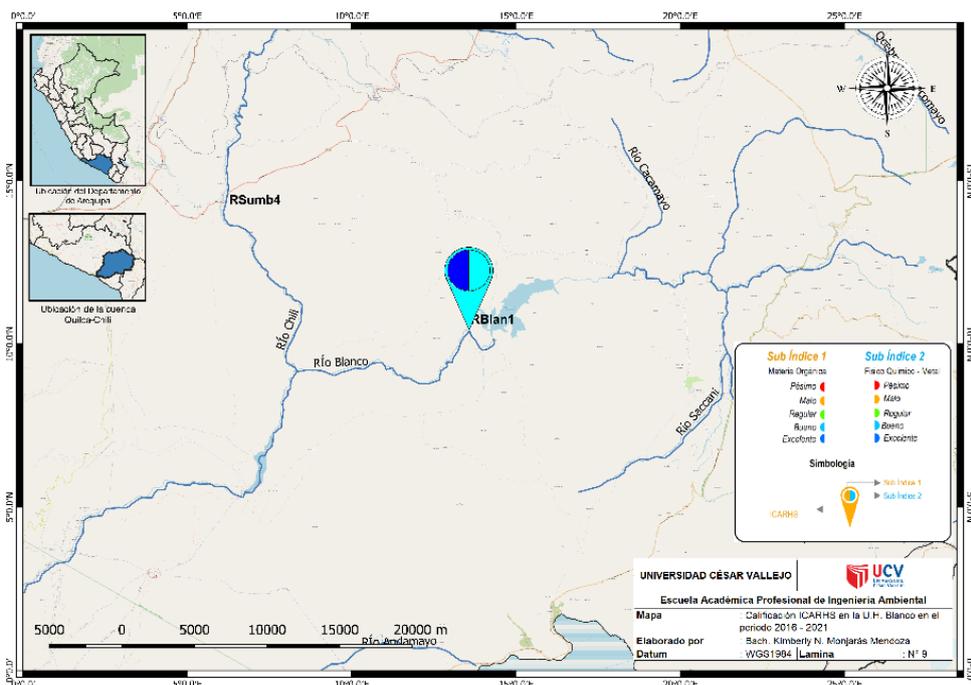
**Figura 37** Mapa del ICARHS en la U.H. Bajo Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021.

De igual forma, en la Figura N° 37 se observa que en la unidad hidrográfico Bajo Quilca-Vítor-Chili el río Quilca (RQuil1) tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 99.65, cuyo subíndice 1 y 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 100 y 99.65 respectivamente.



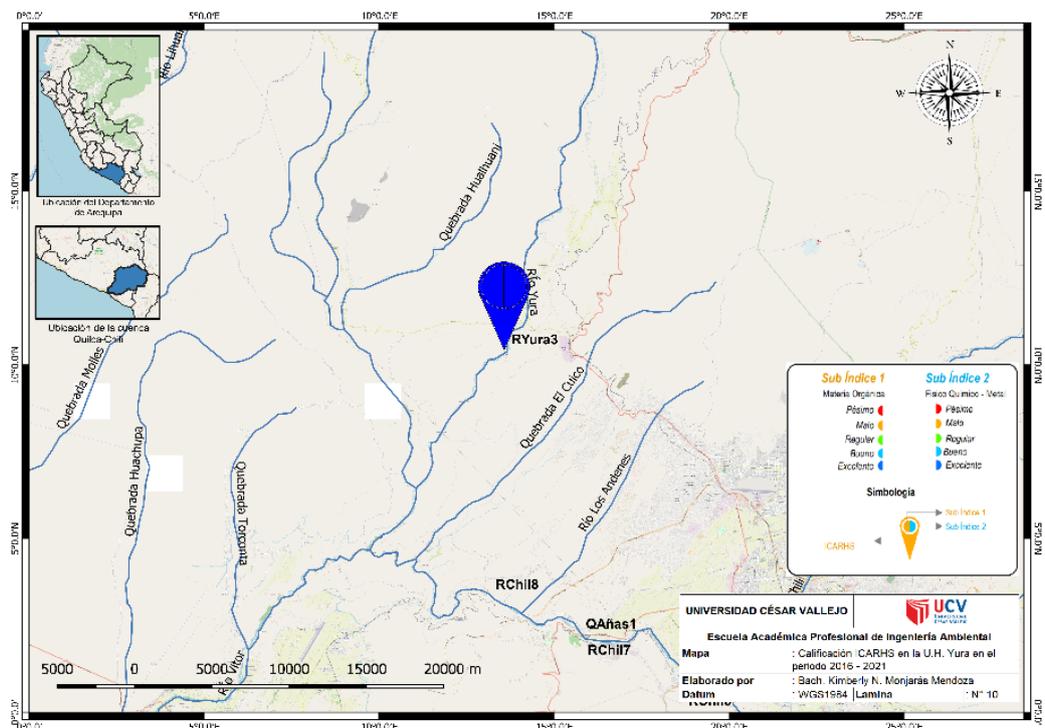
**Figura 38** Mapa del ICARHS en la U.H. Sumbay periodo 2016-2021.

Por otra parte, en la Figura N° 38 se observa que en la unidad Hidrográfica Sumbay el río tributario Sumbay (RSumb3) se tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 97.45 dado que el subíndice 1 y 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 97.45 y 99.89 respectivamente.



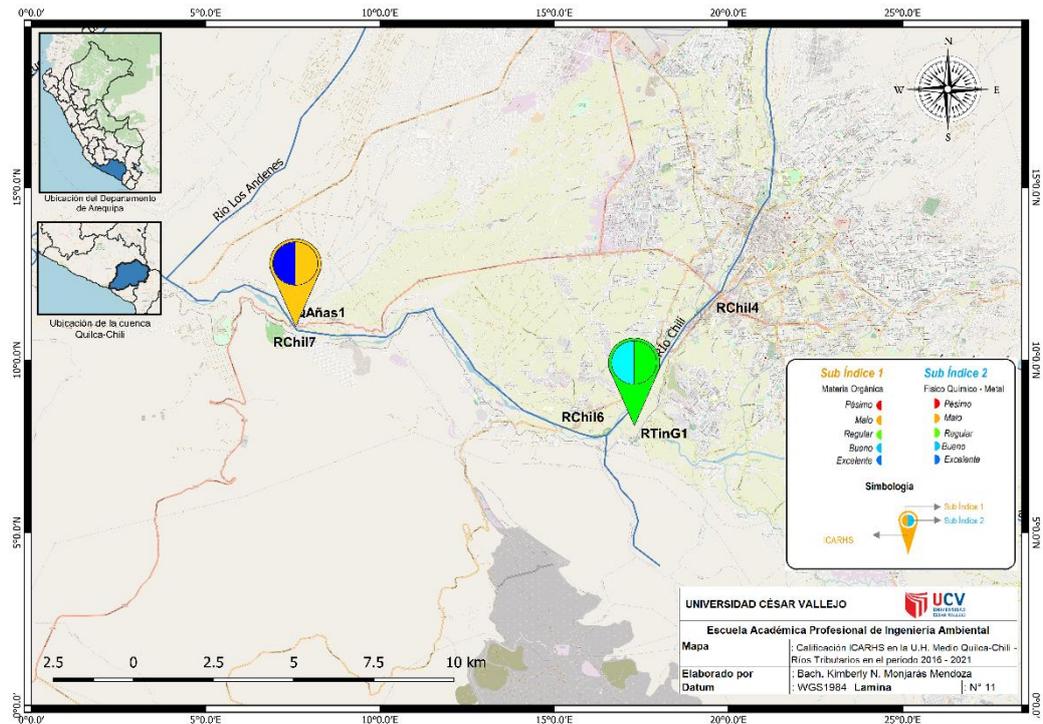
**Figura 39** Mapa del ICARHS en la U.H. Blanco periodo 2016-2021.

Al mismo tiempo en la Figura N° 39 se observa que en la unidad Hidrográfica Blanco el río tributario Blanco tuvo una calificación ICARHS “BUENO” con una valoración de 89.45 dado que la calidad del agua se acercó ocasionalmente a un daño que afecta su calidad, dado que el subíndice 1 tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 97.28, pero el subíndice 2 tuvo una calificación de “BUENO” con una valoración de 89.45.



**Figura 40** Mapa del ICARHS en la U.H. Yura periodo 2016-2021.

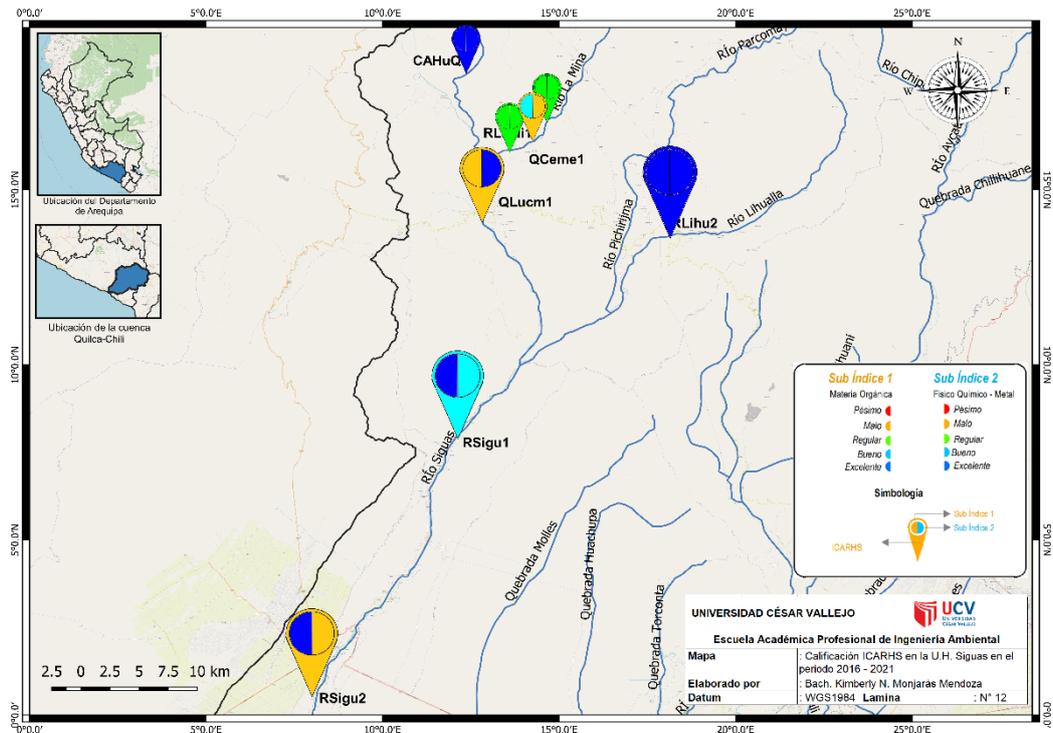
Inclusive en la Figura N° 40 se observa que en el río tributario Yura (RYura3) perteneciente de la unidad hidrográfica Yura tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 99.38, cuyos subíndices 1 y 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 99.38 y 99.91 respectivamente.



**Figura 41** Mapa del ICARHS en la U.H. Medio Quilca-Vítor-Chili periodo 2016-2021. - Ríos Tributarios

Además, en la Figura N° 41 se observa que en la zona media de la cuenca en la Quebrada Añashuayco (QAñas1) y el río Tingo Grande (RTinG1) tuvieron una calificación ICARHS “MALO” y “REGULAR” respectivamente, dado en QAÑAS el subíndice 1 tuvo una calificación de “MALO” con una valoración de 45.9 debido a que existen vertimientos de aguas residuales provenientes del Parque Industrial de Río Seco, así como vertimientos de aguas residuales provenientes del distrito de Uchumayo alterando así la calidad del agua incumpliendo con las condiciones deseables para el uso del recurso hídrico, mientras que el subíndice 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 99.75.

De igual forma, en el punto RTinG1 el subíndice 1 tuvo una calificación de “BUENO” con una valoración de 84.92 y el subíndice 2 tuvo una calificación de “REGULAR” cuya valoración fue de 79.97, dado que existen vertimientos de aguas de origen doméstico, así como de origen agrícola lo cual altera la calidad natural del agua requiriendo de un tratamiento previo.



**Figura 42** Mapa del ICARHS en la U.H. Sigvas periodo 2016-2021.

Finalmente, en la Figura N° 42 se observa que en los ríos tributarios de la unidad hidrográfica Sigvas la calificación ICARHS estuvo entre “MALO” a “EXCELENTE” a lo largo de los ríos. Puesto que en el Canal Huambo Querque (CAHuQu) tuvo la calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 95.44, dado que el subíndice 1 y 2 tuvieron como calificación “EXCELENTE” con una valoración de 100 y 95.44 respectivamente.

Inclusive, en el río tributario Sigvas en el punto RSigu1 se tuvo una calificación ICARHS “BUENO” con una valoración de 86.38, dado que el subíndice 1 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 96.52, pero el subíndice 2 tuvo una calificación de “BUENO” con una valoración de 86.38 debido a las características propias de la zona que ocasionalmente presentan una amenaza para la calidad del agua; mientras que en el punto RSigu2 tuvo una calificación ICARHS “MALO” con una valoración de 61.96, puesto que el subíndice 1 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 97.82 y el subíndice 2 tuvo una calificación de “MALO” con una valoración de 61.96 debido a

la presencia de afloramientos de agua de origen agrario provenientes de la zona del Pedregal.

También, en el río Lihuaya (RLihu2) se tuvo una calificación ICARHS “EXCELENTE” con una valoración de 96.03, dado que tanto el subíndice 1 y 2 tuvieron una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 96.03 y 98.41 respectivamente. Mientras que en el río tributario La Mina en los puntos RLaMi1 y RLaMi2 se tuvo una calificación ICARHS “REGULAR” con una valoración de 72.86 y 66.81 respectivamente, dado que en el subíndice 1 y 2 se tuvo una calificación de “REGULAR” para ambos puntos de monitoreo debido a la existencia de minas de sal abandonadas cerca de los cuerpos de agua trayendo daño a la calidad del agua.

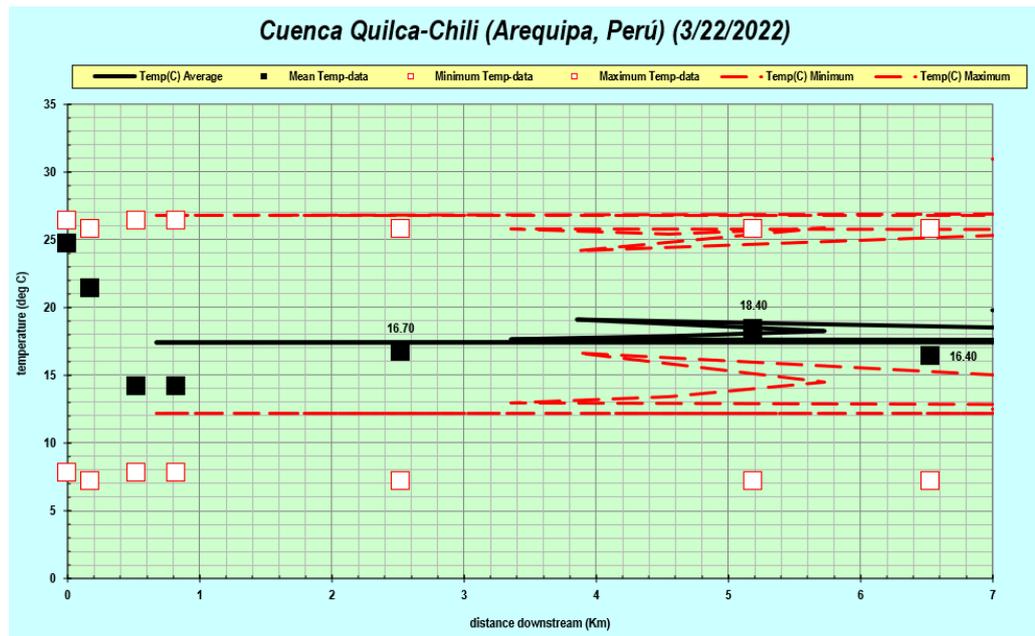
De la misma forma, en la Quebrada Cementerio (QCeme1) se tuvo una calificación ICARSH “MALO” con una valoración de 49.30, puesto que el subíndice 1 tuvo una calificación “BUENO” con una valoración de 86.91 y el subíndice 2 tuvo una calificación de “MALO” con una calificación de 49.30 debido a la presencia de minas de sal abandonadas por la zona de Toroy que obliga que el cuerpo de agua requiera de un tratamiento previo para su uso.

Finalmente, en la Quebrada Lucmani (QLucm1) se tuvo una calificación ICARHS “MALO” con una valoración de 51.36, debido a que el subíndice 1 tuvo una calificación de “MALO” con una valoración de 51.36 debido a los vertimientos de aguas residuales provenientes de la PETAR del distrito de Luta que altera la calidad del agua, mientras que el subíndice 2 tuvo una calificación de “EXCELENTE” con una valoración de 100.

#### **4.3. Modelamiento de la Calidad del Agua en la cuenca Quilca-Chili aplicando el modelo matemático QUAL2K.**

Para la ejecución de la modelación con el QUAL2K en la presente investigación tuvo en cuenta las campañas de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca.

### 4.3.1. Temperatura (°C)



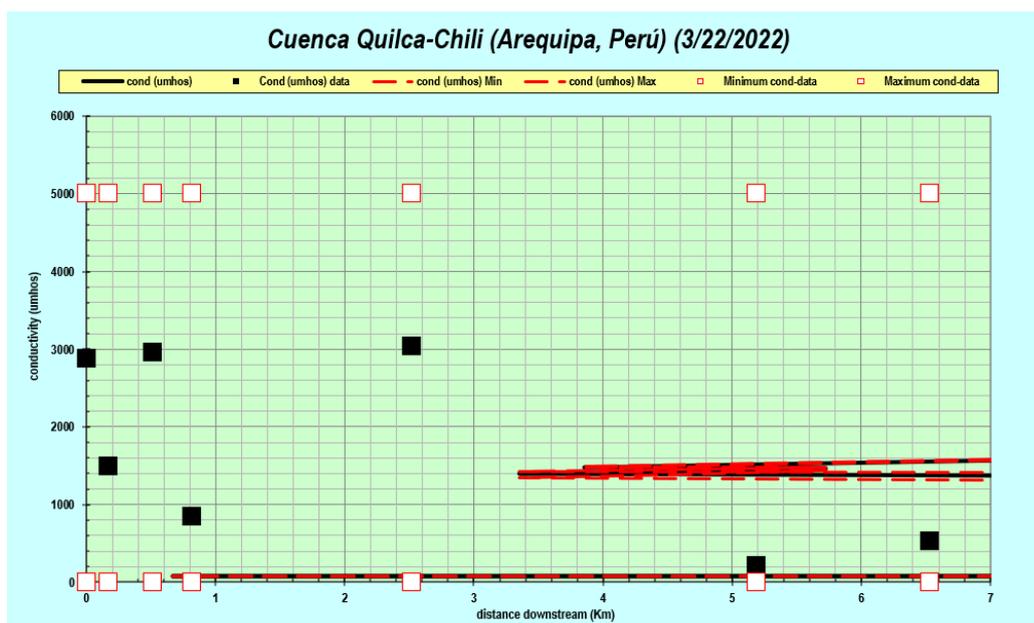
**Figura 43** Modelamiento de la Temperatura en la Cuenca Quilca-Chili para el año 2021.

En la Figura N°43 se observa la modelación de la temperatura en la cuenca Quilca-Chili, las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos de temperatura, cuyos valores empleados se consideraron según a las Estaciones Hidrometeorológicas ubicadas a lo largo de la cuenca.

Por otra parte, los cuadrados de color blanco son los puntos mínimos y máximos simulados por el QUAL2K en la pestaña “Temperature Output” al igual que la línea de color negro que representa los valores simulados a lo largo de la cuenca, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “Temperatura Data”.

Tal como se observa en la figura, algunos de los datos modelados coinciden ligeramente con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili en el punto RTinG1 con una temperatura de 16.70 °C, en RChil4 con una temperatura de 18.40°C y en RChil7 con una temperatura de 16.40 °C.

### 4.3.2. Conductividad Eléctrica



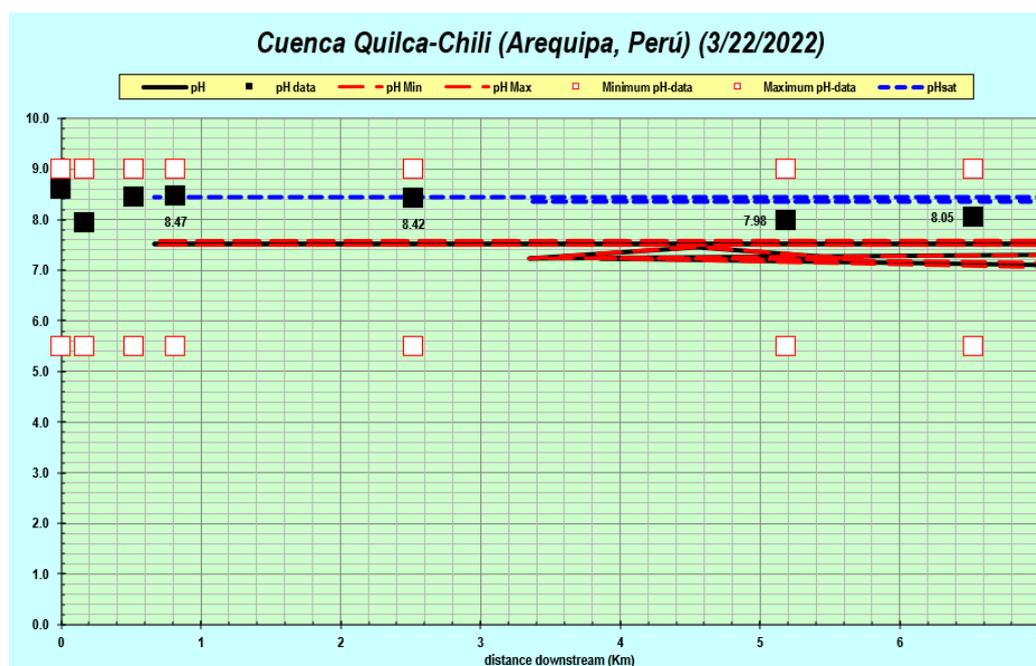
**Figura 44** Modelamiento de la Conductividad Eléctrica en la Cuenca Quilca-Chili para el año 2021.

En la Figura N°44 se observa la modelación de la conductividad eléctrica en la cuenca Quilca-Chili, las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos de la conductividad eléctrica, los valores máximos empleados fueron extraídos de lo establecido en el ECA cat.1, 3 y 4.

Por otra parte, los cuadrados de color blanco son los puntos mínimos y máximos simulados por el QUAL2K en la pestaña “WQ Output” al igual que la línea de color negro que representa los valores simulados a lo largo de la cuenca, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, los datos modelados varían con los datos obtenidos en el monitoreo realizado por el ALA-Chili en el 2021, mostrando que los valores de la conductividad eléctrica monitoreada son superiores a la modelada.

### 4.3.3. Potencial de Hidrogeno (pH)



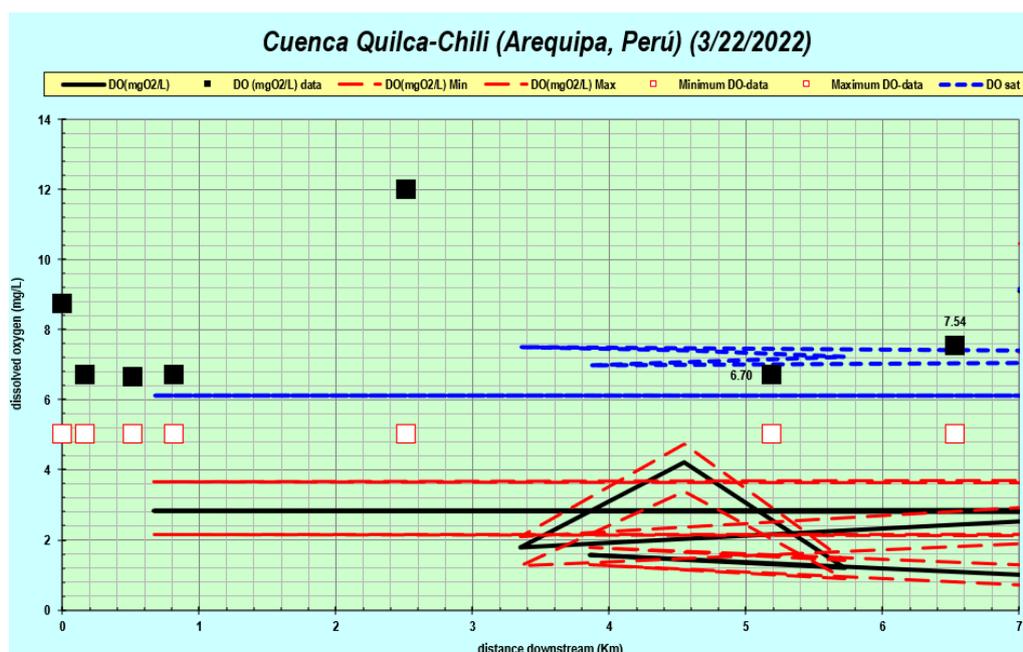
**Figura 45** Modelamiento del pH en la Cuenca Quilca-Chili para el año 2021.

En la Figura N°45 se observa la modelación del potencial de hidrogeno en la cuenca Quilca-Chili, las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para el pH, los valores mínimos y máximos fueron considerados según lo establecido en el ECA cat.1, 3 y 4.

Por otra parte, los cuadrados de color blanco son los puntos mínimos y máximos simulados por el QUAL2K en la pestaña "WQ Output" al igual que la línea negra y azul que representan los valores simulados a lo largo de la cuenca, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña "WQ Data".

Tal como se observa en la figura, algunos de los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili en el punto CAHuQu con un valor de 8.47 unidades de pH, RTinG1 con un valor de 8.42 unidades de pH, RChil4 con un valor de 7.98 unidades de pH y finalmente en el punto RChil7 con un valor de 8.05 unidades de pH.

#### 4.3.4. Oxígeno Disuelto (OD)



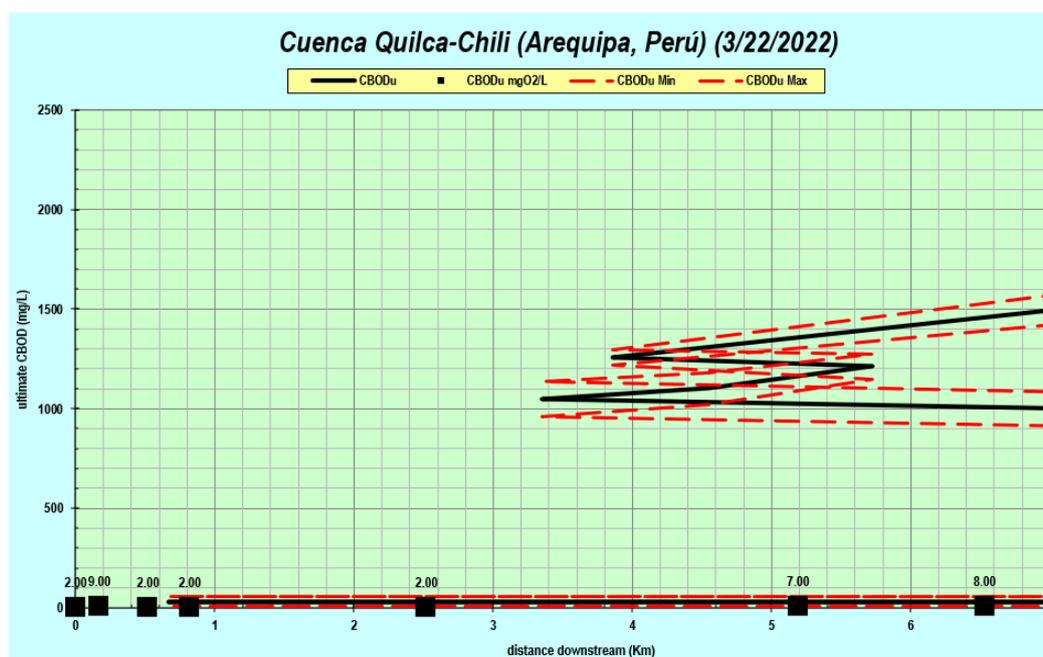
**Figura 46** Modelamiento del Oxígeno Disuelto en la cuenca Quilca-Chili para el año 2021.

En la Figura N°46 se observa la simulación del Oxígeno Disuelto en la cuenca Quilca-Chili, las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos del oxígeno disuelto, los valores mínimos fueron extraídos de lo establecido en el ECA cat.1, 3 y 4.

Por otra parte, los cuadrados de color blanco son los puntos mínimos y máximos simulados por el QUAL2K en la pestaña “Temperature Output” al igual que la línea negra y azul que representan los valores simulados a lo largo de la cuenca, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, algunos de los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili en el punto QAñas1 con 6.70 mg/l y en el punto RChil con 7.54 mg/l.

#### 4.3.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)



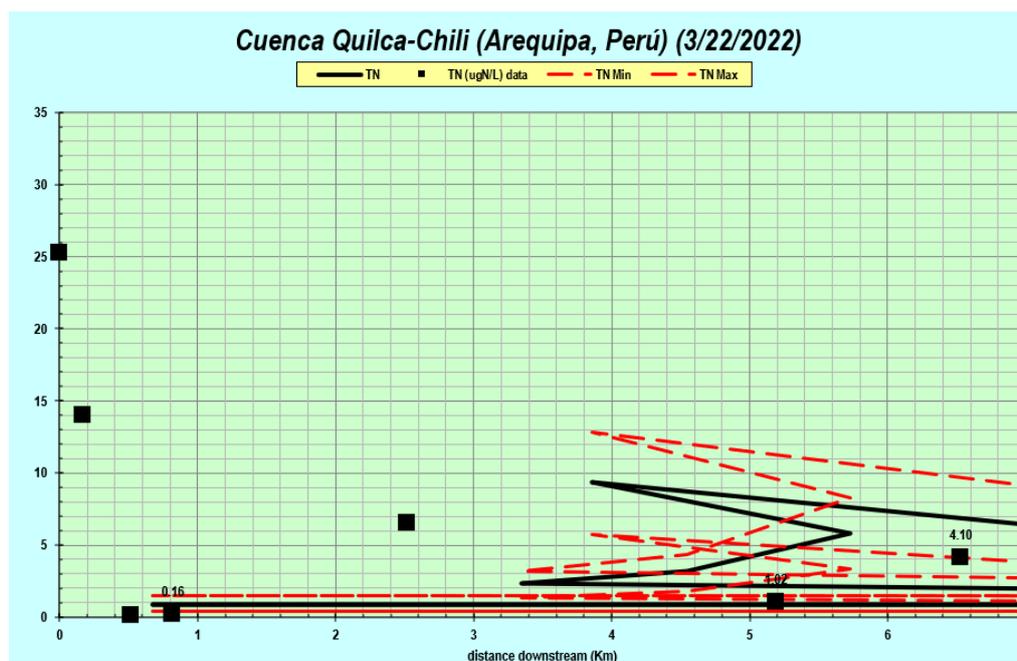
**Figura 47** Modelamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021.

En la Figura N°47 se observa la modelación de la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5) en la cuenca Quilca-Chili, donde las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para dicho parámetro, los valores mínimos fueron extraídos del límite de detección por parte del laboratorio y los valores máximos de lo establecido en el ECA cat.1, 3 y 4.

Por otra parte, la línea de color negro representa los valores simulados a lo largo de la cuenca en la pestaña “WQ Output”, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili a lo largo de la cuenca.

### 4.3.6. Nitrógeno Total



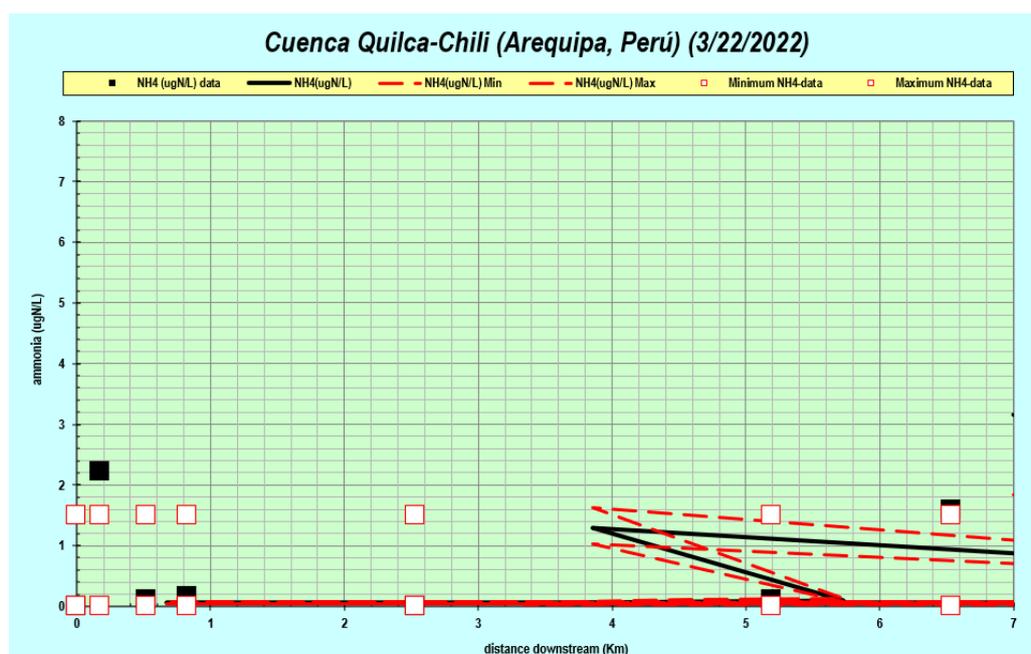
**Figura 48** Modelamiento del Nitrógeno Total en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021.

En la Figura N°48 se observa la modelación del nitrógeno total en la cuenca Quilca-Chili, donde las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para el Nitrógeno Total, los valores máximos fueron extraídos de los valores establecidos en el ECA cat.1, 3 y 4.

Por otra parte, la línea de color negro representa los valores simulados por el QUAL2K en la pestaña “WQ Output”, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, algunos de los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili, tal como es el caso del punto RLaMi2 con 0.16 mg/l, RChil4 con 1.02 mg/l y en los puntos RChil7 y RChil8 con 4.10 mg/l.

### 4.3.7. Amoniaco - N



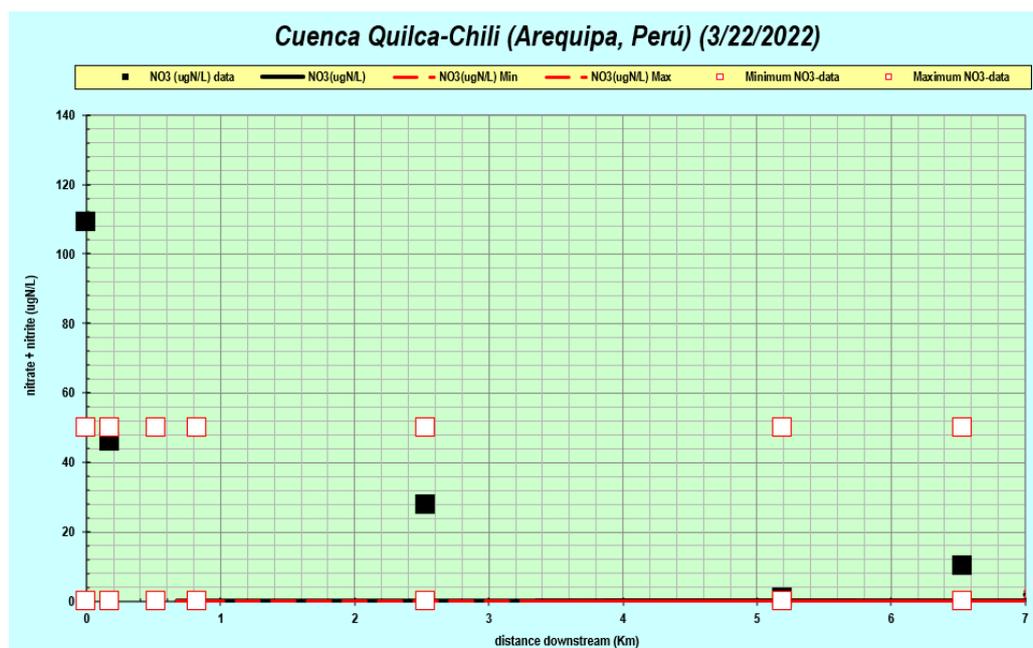
**Figura 49** Modelamiento del Amoniaco-N en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021.

En la Figura N°49 se observa la modelación del Amoniaco-N en la cuenca Quilca-Chili, donde las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para Amoniaco-N, los valores mínimos fueron extraídos del límite de detección por parte del laboratorio y los valores máximos según lo establecido en el ECA cat. 1, 3 y 4.

Por otra parte, los cuadrados de color blanco son los puntos mínimos y máximos simulados por el QUAL2K en la pestaña “WQ Output” al igual que la línea de color negro que representa los valores simulados a lo largo de la cuenca, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili en el año 2021.

### 4.3.8. Nitrato

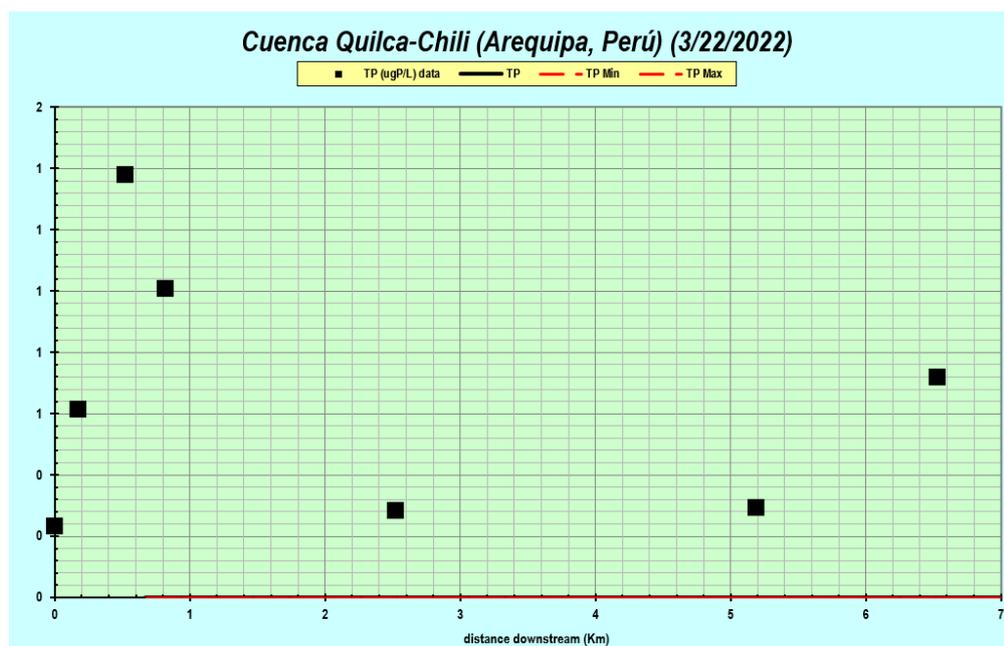


**Figura 50** Modelamiento del Nitrato en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021

En la Figura N°50 se observa la modelación del nitrato en la cuenca Quilca-Chili, donde las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para dicho parámetro, los valores mínimos fueron extraídos del límite de detección por parte del laboratorio y los valores máximos fueron establecidos según lo indicado en el ECA cat. 1, 3 y 4. Por otra parte, los cuadrados de color blanco son los puntos mínimos y máximos simulados por el QUAL2K en la pestaña “WQ Output” al igual que la línea de color negro que representa los valores simulados a lo largo de la cuenca, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, algunos de los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili.

### 4.3.9. Fosforo Total



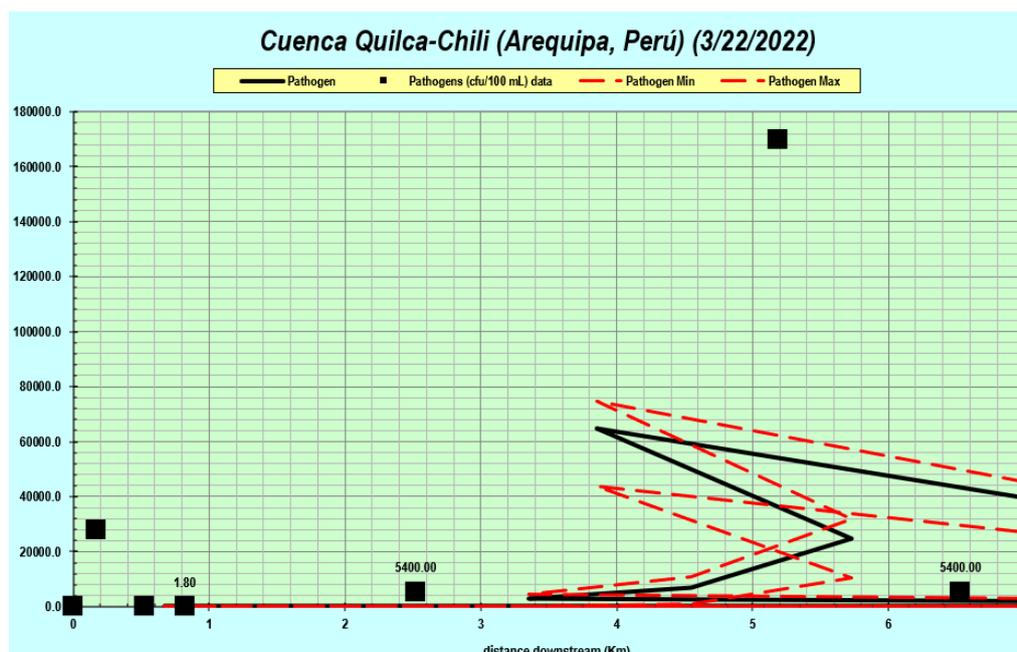
**Figura 51** Modelamiento del Fosforo Total en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021

En la Figura N°51 se observa la modelación del Fosforo Total en la cuenca Quilca-Chili, donde las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para dicho parámetro, los valores mínimos fueron extraídos del límite de detección por parte del laboratorio y los valores máximos según lo estipulado en el ECA cat. 1, 3 y 4.

Por otra parte, los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili en el año 2021 son bajos.

#### 4.3.10. Coliformes Termotolerantes



**Figura 52** Modelamiento de los Coliformes Termotolerantes en la cuenca Quilca-Chili en el año 2021

En la Figura N°52 se observa la modelación de los coliformes termotolerantes en la cuenca Quilca-Chili, donde las líneas rojas discontinuas representan los valores mínimos y máximos para los coliformes fecales, los valores mínimos fueron extraídos del límite de detección por parte del laboratorio y los valores máximos se establecieron según lo estipulado en el ECA cat. 1, 3 y 4.

Por otra parte, la línea de color negro representa los valores simulados por el QUAL2K en la pestaña “WQ Output”, mientras que los cuadrados de color negro son la representación de los datos ingresados en la pestaña “WQ Data”.

Tal como se observa en la figura, algunos de los datos modelados coinciden con los datos obtenidos en los monitoreos realizados por el ALA-Chili.

## **V. DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos de la investigación con relación a la caracterización de la cuenca Tamayo Vidal, (2021) analizo 13 parámetros a lo largo del río Huari de la provincia de Ancash, presento en el último punto monitoreado un valor elevado de plomo de 0.05 mg/l junto con un valor elevado de coliformes termo tolerantes de 2006 NMP/100 ml, además de un pH de 7.23 y de oxígeno disuelto 8.09 mg/l. En la cuenca Quilca-Chili no hay una diferencia elevada con el parámetro de coliformes termo tolerantes con el río Huari dado que en el río Chili de la cuenca también se presentaron valores elevados de 22000 por aguas residuales domesticas cerca del río. También se difiere con la investigación de Huallanca Saavedra & Toscano Salazar, (2019) cuya investigación trabajo la microcuenca de Huatatas donde los coliformes fecales se encontraron entre 2 y 90 NMP/100 ml dando un incumplimiento al ECA cat. 1-A1 la contaminación es moderada por vertimientos de aguas residuales y residuos sólidos. A diferencia de la investigación realizada por Vargas Maquera, (2021) quien evaluó el río Chili coincidiendo con los valores elevados de coliformes termo tolerantes en la zona del río chili cuyos valores fueron entre 920 NMP/ml a 17000 ml, el oxígeno disuelto se encontraba entre 4.32 a 5.7 mg/l, los SST se encontraba entre 4.4 a 11.2 mg/l, el DBO5 con valores de 2 mg/l, y los coliformes totales cuyo valor máximo de 160000 NMP/ml debido a los vertimientos clandestinos existentes en el río. En la investigación los parámetros fueron comparados con la cat. 1-A2 cuando la zona monitoreada se encuentra clasificada como cat. 3 lo cual igual ocasiona que los valores obtenidos en la investigación llegan a pasar dicha categoría.

Ahora bien, con respecto a los resultados obtenidos del ICARHS en la investigación de Choque Quispe, et al., (2021) empleo el ICA Dinius donde la calificación de la calidad del agua no difiere mucho en la calificación ICARHS empleada por el ANA, los puntos de monitoreo tuvieron una calificación que va entre “EXCELENTE” en la cabecera de la microcuenca a “ACEPTABLE” en las lagunas y “EXCESIVAMENTE CONTAMINADA” por las zonas urbanas. Sin embargo, el empleo del ICA Dinius coincide con los criterios para la calificación de la calidad del agua en la metodología del ICARHS. Mientras que, en la investigación de González Marañón, Palacios Mulgado, & Domínguez Gonzáles, (2021) que evaluó la cuenca Hidrográfica Guaos-Gascón aplicando la metodología ICA-S que trabaja con una clasificación de 5 clases parecidas a la metodología de ICA-Dinius, el punto 5 se

encuentra bajo la calificación de “ACEPTABLE CALIDAD”, mientras que el resto de puntos de monitoreo se encuentran entre el rango de “ALTAMENTE CONTAMINADA” a “MEDIANAMENTE CONTAMINADA”. La causa de la calificación de la calidad del agua en la cuenca se debe a las altas concentraciones de coliformes totales, termo tolerantes y *Escherichia coli*. De igual forma, difiere en la investigación de Gil Marín, Vizcaino, & Montaña Mata, (2018) que evaluó la calidad del agua en la cuenca del río Guarapiche haciendo uso de la clasificación de Ramakrishnaiah et al (2009) con 5 tipos de clases. En esta investigación el valor mínimo fue de 44.38 clasificado como “EXCELENTE” a 363.69 clasificado como “NO APTA PARA CONSUMO HUMANO”. Sin embargo, coincide con la presente investigación en una de las causas que alteran la calidad del agua por los vertimientos de aguas residuales y otras actividades antropogénicas. En cambio, concuerda en la investigación de Velarde Frías, (2019) que evaluó el ICA-PE en la cuenca Quilca-Chili donde los puntos RChil4, RChil8, RVito1, RVito2 y RQuil1 obtuvieron una calificación ICA-PE “REGULAR”, sin embargo, en la presente investigación realizada en el punto RChil4 la calificación ICARHS fue “PÉSIMO”, mientras que en RVito2 fue de “BUENO” y en RQuil1 obtuvo una calificación ICARHS de “EXCELENTE”. Por otra parte, la calificación ICA-PE en los puntos RChil1, RChil2, RChal1 y RSumb4 fue de “BUENO”, pero en la presente investigación los puntos RChal1 y RSumb4 fue de “EXCELENTE”. A su vez en los ríos tributarios la calificación ICA-PE iba de “MALO” a “EXCELENTE”, y si bien el rango de la calificación coincide con la de la presente investigación la calificación en cada punto de monitoreo varia, siendo el caso del punto RSumb3, RBlan1, QAñas1, RTinG1, RSignu2 dado que obtuvieron una calificación ICA-PE “BUENO”, “EXCELENTE”, “REGULAR”, “MALO” y “BUENO” respectivamente, mientras que la calificación ICARHS obtenida en la presente investigación en esos puntos fue de “EXCELENTE”, “BUENO”, “MALO”, “REGULAR” y “MALO” respectivamente. Esta variación de resultados se debe al espacio-tiempo que se realizó la investigación, así como el empleo de la metodología. Con relación a los resultados de la modelación coincide con la metodología aplicada en la investigación de Cruz Cárdenas, (2016) quien primeramente determino el índice de calidad del agua aplicando la metodología estadounidense WQI en la Quebrada El Arenal, además de aplicar el método IDEAM cuya escala de clasificación y ponderación varia de la

primera. En esta investigación en la zona alta de la quebrada el ICA WQI tuvo una calificación promedio “MEDIA” mientras que el ICA IDEAM en la misma zona tuvo una calificación promedio “ACEPTABLE”, en la zona media tuvo una calificación promedio ICA WQI “MEDIA”, mientras que el ICA IDEAM fue de “REGULAR”, mientras que en la zona baja de la Quebrada El Arenal tuvo una calificación promedio ICA WQI “MEDIA” y un ICA IDEAM promedio “ACEPTABLE”. Se realizó la simulación de la calidad del agua haciendo uso del modelo matemático QUAL2K donde los valores del pH mostraron una tendencia de aumento de concentración a lo largo del cauce, manteniendo un valor estable después de 3.25 km de los puntos de monitoreo, por otra parte, el modelamiento demostró que los valores de coliformes totales son el principal problema de las aguas residuales domésticas vertidas en el cuerpo de agua. También, coincide con la investigación de Rodríguez Amézquita, (2020) quien empleó la herramienta del QUAL2K en un tramo del río Pamplonita modelando la calidad del agua, en comparación con la presente investigación donde se simuló la condición actual en el cuerpo de agua, Rodríguez Amézquita planteó en 4 escenarios distintos. La simulación del río Pamplonita del pH se encontró entre 7.75 a 8.10 unidades de pH, el oxígeno disuelto por encima de los 4 mg/l y el DBO5 con un valor mínimo de 34 mg/l; mientras que la simulación de la cuenca Quilca-Chili los valores del pH se encontraron entre 7.98 a 8.58 unidades de pH y el DBO5 con un valor mínimo de 7 mg/l, esta diferencia de valores se debe a la ubicación hidro geográfica entre ambos ríos. En la investigación de Arenas F., (2004) que realizó la modelación de un río de montaña en Colombia empleó el modelamiento matemático QUAL2K, pero la versión empleada para la simulación del río de montaña en Colombia fue la versión 2.1, mientras que en la presente investigación se empleó la versión 5.1, donde la primera versión requiere de una calibración manual del investigador teniendo presente algunas campañas de monitoreo previas a la de la modelación. Finalmente, en la reciente investigación de Ordoñez Machicao, (2020) quien también empleando un modelo matemático analizó la calidad del agua en el río Chili empleando el modelo matemático WASP, difiere con la presente investigación al demostrar que la simulación de los coliformes termo tolerantes iban disminuyendo las concentraciones de los coliformes termo tolerantes en el río Chili, dado que la presente investigación este parámetro llega a una concentración máxima de 22000 NMP/100ml.

## **VI. CONCLUSIONES**

La cuenca Quilca – Chili se encuentra clasificado con tres categorías para el uso de agua desde el año 2018 mediante la R.J.056-2018-ANA, el río principal se encuentra con la categoría 3 y categoría 4-E2; mientras los ríos tributarios tienen la categoría 1-A2, categoría 3 y categoría 4-E2. Se analizaron 20 parámetros (19 parámetros fisicoquímicos y 1 parámetro microbiológico), según la categoría del cuerpo de agua en los 22 puntos de monitoreo según el año de monitoreo.

Los resultados del ICARHS demostraron que, en la zona alta, medio-alto y baja de la cuenca Quilca-Chili tuvieron una calificación ICARHS de “EXCELENTE”, mientras que en la zona media de la cuenca tuvo una calificación ICARHS de “PÉSIMO” a “REGULAR” por la presencia de vertimientos de aguas residuales y finalmente en la zona medio-bajo tuvo la calificación ICARHS de “BUENO”. Por otra parte, los ríos tributarios de la cuenca tuvieron una calificación ICARHS que va desde “MALO” a “EXCELENTE”. En conclusión, los ICARHS son una metodología eficaz que permite determinar la calidad del agua superficial del recurso hídrico haciendo fácil su comprensión e interpretación para personas sin conocimiento técnico sobre calidad del agua en un recurso hídrico.

La modelación con el QUAL2K en la cuenca Quilca-Chili logró evidenciar el comportamiento de los 10 parámetros simulados en el cuerpo de agua, demostrando la perturbación que existen en la calidad en la cuenca para la época de avenida y estiaje en el año 2021 por las elevadas concentraciones de los coliformes termo tolerantes cuyo máximo valor fue de 22000 NMP/100ml por los vertimientos de aguas residuales existentes en el río Chili, así como los niveles de pH que llegaron a 8.581. En conclusión, la aplicación de un modelo matemático permite observar el comportamiento de la calidad del agua en un recurso hídrico según el tiempo y espacio.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda emplear los resultados obtenidos del cálculo del ICARHS de la cuenca Quilca – Chili para buscar mejoras en la calidad del agua a lo largo de la cuenca.
2. Para un desarrollo más óptimo el cálculo del ICARHS en la cuenca Quilca-Chili se recomienda contar con dos monitoreos al año, uno en época de estiaje y otro en época de avenida para que los resultados sean más representativos sobre la calidad del agua superficial en el transcurso del tiempo.
3. Para las zonas donde los puntos de monitoreo obtuvieron una calificación de “PÉSIMO”, “MALO” y “REGULAR” implementar mejoras en la gestión de la calidad del agua superficial teniendo en consideración la influencia antropogénica existente en la zona.
4. Aumentar el área de modelación analizando los puntos de vertimientos existente a lo largo de la Cuenca Quilca-Chili haciendo un mayor énfasis en las zonas donde la calidad del agua se ha visto afectada.
5. Hacer una investigación más profunda planteando diversos escenarios donde se tenga presente el aumento de las concentraciones de los parámetros y el crecimiento poblacional en la cuenca.
6. Realizar simulaciones de la calidad del agua por subcuencas para tener resultados más representativos sobre la calidad del agua según las características de la zona.

# REFERENCIAS

- Abbasi, T., & Abbasi, S. (2012). *Water Quality Indices*. Elsevier B.V. doi:10.1016/B978-0-444-54304-2.00001-4
- Administración Local de Agua Chili. (2017). *Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca - Chili*. Informe Técnico, Autoridad Nacional del Agua, Arequipa.
- Administración Local de Agua Chili. (2018). *Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca - Chili*. Informe Técnico, Autoridad Nacional del Agua, Arequipa.
- Administración Local de Agua Chili. (2019). *Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili*. Autoridad Nacional del Agua. Arequipa: Gobierno del Perú.
- Administración Local de Agua Chili. (2020). *Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca Quilca - Chili*. Informe Técnico, Autoridad Nacional del Agua, Arequipa.
- Administración Local de Agua Chili. (2021). *Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili*. Arequipa: Gobierno del Perú.
- Administración Local del Agua Chili. (2012). *Primer Monitoreo de Calidad de Aguas del Río Chili-Arequipa del 20 al 27 de agosto del 2011*. Informe Técnico, Autoridad Nacional del Agua, Lima, Arequipa.
- Administración Local del Agua Chili. (2016). *Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili*. Autoridad Nacional del Agua. Arequipa: Gobierno del Perú.
- Agudelo, G., Aigner, M., & Ruiz Restrepo, J. (2010). Experimental y No Experimental. *La Sociología en sus Escenarios*.
- Aliaga, M. (2006). *Interactive Statistics* (Tercera ed.). Brenda Gunderson.
- Amarildo Fernández, E. (2011). *Aguas Residuales en el Perú, Problemática y uso en la Agricultura*. Lima: Gobierno del Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4516>
- American Institute of Aeronautics and Astronautics. (1998). Guide for the Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulation. *AIAA Journal*. doi:10.2514/4.472855.001

- Arenas F., G. A. (2004). *Modelación de la Calidad del Agua en un Río de Montaña Colombiano (Quebrada La Lejía)*. Tesis pregrado, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Autoridad Administrativa del Agua Caplina-Ocoña. (2018). *Estudio Hidrogeológico del Acuífero del Río Chili*. MINAGRI. Lima: Gobierno del Perú.
- Autoridad Administrativa del Agua I Caplina Ocoña. (2013). *Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos*. Arequipa.
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Quilca - Chili*. Arequipa.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Quilca - Chili*. Gobierno del Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA - PE aplicado a los cuerpos de Agua Continentales Superficiales*. Lima: Gobierno del Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (13 de mayo de 2020). Aprueban la Metodología "Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)". *El peruano*, págs. 7 - 8.
- B. Selic. (septiembre - octubre de 2003). The pragmatics of model - driven Development. *IEEE Software*, 20(5), 19-25. doi:10.1109/MS.2003.1231146
- Bézivin, J., & Gerbé, O. (2001). Towards a precise definition of the OMG/MDA framework. *Automated Software Engineering (ASE)*, 273-280. doi:10.1109/ASE.2001.989813
- Cabezas Mejía, E. D., Andrade Naranjo, D., & Torres Santamaría, J. (2018). *Introducción a la metodología de la Investigación Científica*. (D. Andrade Aguirre, Ed.) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Caïs, J., Folguera, L., & Formoso, C. (1995). *Investigación Cualitativa Longitudinal*. Limusa.
- Castro Huertas, M. A. (2015). *Aplicación del Qual2Kw en la modelación de la calidad del agua del río Guacaica, departamento de Caldas*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería Química.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (enero - diciembre de 2014). Indicadores de la Calidad del Agua: Evolución y Tendencias a Nivel Global.

- CCMEWQI. (2017). Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. *Canadian Council of Ministers of the Environment*.
- Chapra, S. C. (2008). *Surface Water - Quality Modeling*. Illinois: Publisher Waveland Press.
- Chapra, S., & Pelletier, G. (2003). *QUAL2K: A modeling framework for simulating river and stream water quality: Documentaion and Users Manual*. Civil and Environmental Engineering.
- Chapra, S., & Pelletier, G. (2008). *QUAL2Kw Theory and documentation (version 5.1) A modeling framework for simulating river and stream water quality* (Vol. 08). Washington State Department of Ecology.
- Choque Quispe, D., Ligarda Samanez, C., Solano Reynoso, A., Ramos Pacheco, B., Quispe Quispe, Y., Choque Quispe, Y., & Kari Ferro, A. (2021). Índice de Calidad de agua en la microcuenca altoandina del río Chumbao, Andahuaylas, Apurímac, Perú. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(1), 37-73. doi:10.24850/j-tyca-2021-01-02
- Cruz Cárdenas, L. F. (2016). *Diseño de Modelo de Simulación de la Calidad de Agua Superficial en la Quebrada el Arenal, Municipio Junín - Cundinamarca en época de Estiaje*. Tesis de posgrado, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Davies, J. M., & Mazumder, A. (July de 2003). Health and environmental policy issues in Canada: the role of watershed management in sustaining clean drinking water quality at surface sources. *Journal of Environmental Management*, 68(3), 273-286. doi: [http://doi.org/10.1016/S0301-4797\(03\)00070-7](http://doi.org/10.1016/S0301-4797(03)00070-7)
- EPA. (2009). *Guidance on the Development, Evaluation, and Application of Environmental Models*. Washington, DC.
- Escudero Sánchez, C. L., & Cortez Suárez, L. A. (2018). *Técnicas y Métodos Cualitativos para la Investigación Científica*. Editorial Utmach.
- Espinoza, P. A. (2017). *Calidad del Agua en el Perú: Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. (D. Villena Delgado, & V. Cueto La Rosa, Edits.) Lima, Perú: Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR).

- Frascati Manual. (2002). *Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*. doi: <http://doi.org/10.1787/9789264199040-en>
- Gil Marín, J. A., Vizcaino, C., & Montañó Mata, N. J. (enero - junio de 2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de Estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *La Molina*, 79(1), 111-119. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>
- González Marañón, A., Palacios Mulgado, I., & Domínguez Gonzáles, A. L. (enero - abril de 2021). Evaluación espacio - temporal de la calidad de las aguas en la Cuenca Hidrográfica Guaos - Gascón. *Revista Cubana de Química*, 33(1), 70-92.
- Gray, W. G., & Gray, G. A. (2017). *Introduction to Environmental Modeling*. Cambridge University Press.
- Heath, A. W. (March de 1997). The Proposal in Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 3(1).
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). MC GRAW HILL Education.
- Huallanca Saavedra, K. J., & Toscano Salazar, R. T. (2019). *Aplicación del método "Índice de calidad de agua The National Sanitation Foundation - ICA NSF" en un tramo de microcuenca de Huatatas, provincia de Huamanga*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima.
- Jeppsson, U. (2012). *Modelling Aspects of Wastewater Treatment Processes*. Lund University.
- Kim, A., & Cardone, C. (diciembre de 2005). Scatterscore: A Reconnaissance Method to Evaluate Changes in water Quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 111, 277-295. doi: <http://doi.org/10.1007/s10661-005-8225-2>
- Liou, S.-M., Lo, S.-L., & Wang, S.-H. (August de 2004). A Generalized Water Quality Index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96, 35-52.
- Ministerio del Ambiente. (julio de 31 de 2008). Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. *El peruano*, págs. 377222-377227.

- Ministerio del Ambiente. (7 de junio de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *El peruano*, págs. 10-19.
- Mityushev, V., Nawalaniec, W., & Rylko, N. (2018). *Introduction to Mathematical Modeling and Computer Simulations*. CRC PRESS.
- Nigenda, G., & Langer, A. (diciembre de 1995). Métodos cualitativos para la investigación en salud pública. *Instituto Nacional de Salud Pública*, 104.
- Nirmala Khandan, N. (2002). *Modeling tools for environmental engineers and scientists*. CRC Press LLC.
- OECD. (2021). *Gobernanza del Agua en Perú*. Paris, Francia: OECD Publishing. doi: <http://doi.org/10.1787/f826f55f-es>.
- Ordoñez Machicao, N. (2020). *Análisis de la Calidad del Agua en el Río Chili (Distritos de Tiabaya y Uchumayo) antes y después de la puesta en marcha y operación de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales "La Enlozada" aplicando un Modelo Matemático*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Naturales y Formales, Arequipa.
- Rocchini, R., & Swain, L. (1995). The British Columbia water quality index. Water Quality Branch. *Lands and Parks*, 13.
- Rodríguez Amézquita, D. N. (2020). *Implementación del Modelo de Calidad de Agua Qual2K, sobre un Tramo del Río Pamplonita, para Simulación de Escenarios*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Roy, R. (January de 2019). An Introduction to Water Quality Analysis. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6(1), 201-205. doi:10.31786/09756272.18.9.2.214
- Sargaonkar, A., & Deshpande, V. (noviembre de 2003). Development of an Overall Index of Pollution for Surface Water Based on a General Classification Scheme in Indian Context. *Environmental Monitoring and Assessment*, 89, 43-67.
- Schlesingers, S. (1 de marzo de 1979). Terminology for model Credibility. *SAGE JOURNALS*, 32(3). doi: <http://doi.org/10.1177/003754977903200304>

- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). *Agua Potable, Diversidad Biológica y Desarrollo: Guía de Prácticas Recomendadas*. Guía, Montreal.
- Stachowiak, H. (01 de marzo de 1980). Der Modellbegriff in der Erkenntnistheorie. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 11, 53-68. doi: <http://doi.org/10.1007/BF01801279>
- Sutadian, A. D., Muttill, N., Yilmaz, A., & Perera, C. (2016). Developmente of River Water Quality Indices - A Review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(58), 1-33.
- Tamayo Vidal, A. (2021). *Evaluación del Índice de Calidad del Agua del Río Huari en Ancash*. Tesis pregrado, Universidad Nacional José Faustino, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Huacho.
- Thacker, B. H., Doebling, S. W., Hemez, F. M., Anderson, M. C., Pepin, J. E., & Rodriguez, E. A. (2014). *Concepts of Model Verification and Validation*. (Charmian Shaller, Ed.) Los Álamos National Laboratory. doi:10.2172/835920
- Thesen, A. (2007). Some Notes on Systems Models and Modelling. *International Journal of Systems Science*, 5, 145-152. doi: <http://doi.org/10.1080/00207727408920085>
- Tsegaye, T., Sheppard, D., islam, K., Tadesse, W., Atalay, A., & Marzen, L. (mayo de 2006). Development of Chemical Index as a Measure of In-Stream Water Quality in Response to Land-Use and Land Cover Changes. *Water, Air and Soli Pollution*, 174, 161-179.
- UNESCO. (2003). *Water for People, Water for Life*. UNESCO - WWAP. Paris: UNESCO/Mundi - Prensa.
- United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System. (2007). *Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report*. United Nations Environment Programme Global Environment.
- Vargas Maquera, M. C. (2021). *Determinación de Índice Simplificado de Calidad de Agua en el Río Chili, Arequipa*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas, Arequipa.

- Velarde Frías, A. J. (2019). *Determinación del Índice de Calidad de Agua de la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2011 al 2017 empleando la metodología CCME WQI*. Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, Arequipa.
- Washington State Department of Ecology. (2008). *QUAL2Kw user manual (version 5.1) A Modeling framework for simulating river and stream water quality*. Washington State Department of Ecology.

# **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de la Operacionalización de la Variable

**Tabla 26** Operacionalización de las Variables

		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad / escala	Escala de Medición
Variable Independiente	Calidad del agua superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021	Calidad del agua es la característica química, física y biológica del agua con relación a su idoneidad para un uso designado. Siendo así que hablar de calidad del agua varía según los usos que se le dan. (Roy, 2019)	El ICARHS se determino haciendo uso de las características fisicoquímicas y organicas en la cuenca Quilca - Chili entre los años 2016 - 2021 y la valoración obtenida de la formula matematica CCWI.	Características fisicoquímicas y biológicas de la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	Razón
					Conductividad Electrica	µS/cm	
					Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidades de pH	
					Oxígeno Disuelto	mg/l	
					Demanda Química de Oxígeno (DQO5)	mg/l	
					Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	
					Amoniaco - N	mg/l	
					Nitratos	mg/l	
					Aluminio (Al)	mg/l	
					Arsénico (As)	mg/l	
					Boro (B)	mg/l	
					Cadmio (Cd)	mg/l	
					Cobre (Cu)	mg/l	
					Fosforo (P)	mg/l	
					Hierro (Fe)	mg/l	
				Manganeso (Mn)	mg/l		
				Mercurio (Hg)	mg/l		
				Nitrógeno Total (N)	mg/l		
				Plomo (Pb)	mg/l		
				Zinc (Zn)	mg/l		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	Intervalo					
Alcance $F_1 = \left( \frac{\text{Número de parámetros que NO cumplen el ECA - Agua}}{\text{Número Total de parámetros a Evaluar}} \right)$	und						
Frecuencia $F_2 = \left( \frac{\text{Número de datos que NO cumplen el ECA - Agua}}{\text{Número Total de datos a Evaluar}} \right)$	und						
Amplitud $F_3 = \left( \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} \right) * 100$	und						
Calificación ICARHS	Excelente Bueno Regular Malo Pésimo						

## Anexo 2: Instrumentos de Recolección de Datos y Validación del Instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
**1.1. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 1 – A2.  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente		Regular		Bueno		Muy bueno		Excelente	
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%					
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90
----

Lalo José Monzón Martínez  
CIP: 208812

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D1  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
 CIP: 208812

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
**1.3. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D2  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
CIP: 208812

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
 1.4. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 4 -E2  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
CIP: 208812

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
**1.5. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 1 – A2 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
CIP: 208812

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
**1.6. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D1 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente		Regular		Bueno		Muy bueno		Excelente	
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%					
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

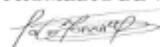
### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
 CIP: 208812

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
 1.7. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D2 en el periodo 2016 - 2021  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
 CIP: 208812

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
**1.8. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 4 – E2 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
CIP: 208812

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. **Apellidos y Nombres del experto:** MG. LALO JOSÉ MONZÓN MARTÍNEZ  
 1.9. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Nacional de San Agustín  
 5.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ingeniería Ambiental  
 5.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales en el periodo 2016 - 2021  
 5.4. **Título de Investigación:** "Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021"  
 5.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 5.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

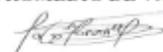
**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90
----



Lalo José Monzón Martínez  
 CIP: 208812

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
**1.1. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 1 – A2.  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D1.  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
 1.3. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D2  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 95250

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
 1.4. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 4 -E2  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25459

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
**1.5. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 1 – A2 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%
-----



Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25459

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
**1.6. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D1 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 C.I.D. N° 95470

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
**1.7. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D2 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25436

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
**1.8. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 4 – E2 en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR  
**1.9. Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Conservación y Protección de Recursos Naturales  
**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales en el periodo 2016 - 2021  
**1.4. Título de Investigación:** "Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021"  
**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Direct Docente investigador  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 1 – A2.  
 1.5. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.6. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.7. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



DR. ELMER G. GONZALES ALFARO  
 DR. GONZALES  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

**1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

**1.1. Cargo e institución donde labora:** Docente investigador

**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental

**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D1.

**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”

**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska

**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X



DR. ELMER G. GONZALES ALFARO  
 Exp. Ambiental  
 MSc. WILBER SAMUEL QUIJANO PACHECO  
 COORDINADOR DE ASesorIA

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%
-----

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente investigador  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 – D2  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



DR. ELMER G. BENITES ALFARO  
 ING. QUÍMICO  
 INVESTIGADOR CIENTÍFICO  
 CATEDRÁTICO PROFESOR  
 CP TURNO

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**
**1.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

**1.3. Cargo e institución donde labora:** Docente investigador

**1.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental

**1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características fisicoquímicas y orgánicas de la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016 – 2021 para cuerpos de agua de Categoría 4 -E2

**1.4. Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”

**1.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska

**1.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----




**DR. ELMER G. GONZALES ALFARO**  
 ING. QUÍMICO  
 INVESTIGADOR ASISTENTE  
 CENTRO TECNOLÓGICO  
 CUSV TAMBOPATA

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 1.4. **Cargo e institución donde labora:** Docente investigador  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 1 – A2 en el periodo 2016 - 2021  
 1.4. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



Dr. ELMER G. GONZALES ALFARO  
 Ing. Químico  
 INVESTIGADOR INDEPENDIENTE  
 CONGO-PERU y PERU-CHILE  
 CIP-72388

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente investigador  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D1 en el periodo 2016 - 2021  
 1.5. **Título de Investigación:** “Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021”  
 1.6. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.7. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
---



DR. ELMER GONZALES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CC-0001783  
 Cédula Profesional 70034555  
 CP 71496

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 1.5. **Cargo e institución donde labora:** Docente investigador  
 1.2. **Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental  
 1.3. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales para cuerpos de agua de categoría 3 – D2 en el periodo 2016 - 2021  
 1.4. **Título de Investigación:** "Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021"  
 1.5. **Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska  
 1.6. **Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



DR. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador Científico  
 Colegio Profesional de Químicos



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES**
**5.1. Apellidos y Nombres del experto:** DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

**1.7. Cargo e institución donde labora:** Docente investigador

**5.2. Especialidad o línea de investigación del experto:** Ing. Químico / Gestión Ambiental / Ing. Ambiental

**5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Calculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales en el periodo 2016 - 2021

**5.4. Título de Investigación:** "Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021"

**5.5. Autora del Instrumento:** Monjarás Mendoza Kimberly Ninoska

**5.6. Asesor:** MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0 - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.				X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.				X	

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80%
-----



DR. ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 ING. QUÍMICO  
 INVESTIGADOR ASISTENTE  
 CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA  
 UCV



FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 1

DATOS GENERALES

TÍTULO	Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental
INTEGRANTE	KIMBERLY NINOSKA MONJARÁS MENDOZA
ASESOR	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco
FICHA	Características Físicoquímicas y Orgánicas de la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 al 2021 para cuerpos de agua de Categoría 1 - A2
FECHA	

Puntos de Monitoreo	Materia Orgánica							Físico - Químico Metal								
	Oxígeno Disuelto	DBO5	DQO	Fosforo Total	Nitrógeno Amoniacal	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Hierro	Manganeso	Plomo Total	
14 MP	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
RChalt1	2016															
	2017															
RSumb3	2016															
	2017															
RSumb4	2016															
	2017															
RBlant1	2016															
	2017															
RChil1	2016															
	2017															
RYara3	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
RSigt1	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
RSigt2	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
ChHuCu1	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
RlLhu2	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
RlLhu1	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
QCannet	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
Qlucant	2018															
	2019															
	2020															
	2021															
ECA - AGUA	2015	≥ 5	5	20	0.15	1.5	2000	1600	5.5 - 9.0	0.01	5	2.4	0.005	1	0.4	0.05
	2017	≥ 5	5	20	0.15	1.5	2000	1600	5.5 - 9.0	0.01	5	2.4	0.005	1	0.4	0.05
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		Oxígeno Disuelto	DBO	DQO	Fosforo Total	Nitrógeno Amoniacal	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Hierro	Manganeso	Plomo Total

Nota:      No cumplen con el ECA < Menor al Límite de detección

Validación del Instrumento:	
D.N.I	45826913
C.I.P.	208812

Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450



FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 2

DATOS GENERALES

TÍTULO	Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chill en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental
INTEGRANTE	KIMBERLY NINOSKA MONJARÁS MENDOZA
ASESOR	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco
FICHA	Características Físicoquímicas y Orgánicas de la Cuenca Quilca - Chill en el periodo 2016 al 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 - D1
FECHA	

Puntos de Monitoreo	Materia Orgánica					Físico - Químico Metal									
	Oxígeno Disuelto	DBO5	DOO	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	
12 MP	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µs/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
RVin3	2016														
	2017														
RSigut	2016														
	2017														
RSiguz	2016														
	2017														
CAHuDu	2016														
	2017														
RCh14	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RCh16	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RCh17	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RCh18	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RViez	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RQui1	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RTin01	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
QAlas1	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
ECA - AGUA	2015 3 - D1	4	15	40	1000	2500	6.5 - 8.5	0.1	5	1	0.01	0.2	5	0.2	0.05
	2017 3 - D1	≥4	15	40	1000 / 2000	2500	6.5 - 8.5	0.1	5	1	0.01	0.2	5	0.2	0.05
		mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µs/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		Oxígeno Disuelto	DBO	DOO	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total

Nota:   No cumplen con el ECA < Menor al Límite de detección

Validación del Instrumento:	
D.N.I	45826913
C.I.P.	208812

Dr. Eusebio Horacio Acosta Sussumbar  
CIP N° 25430



FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 3

DATOS GENERALES

TITULO	Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chile en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021
LINEA DE INVESTIGACION	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental
INTEGRANTE	KIMBERLY NINOSKA MONJARÁS MENDOZA
ASESOR	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco
FICHA	Características Fisicoquímicas y Orgánicas de la Cuenca Quilca - Chile en el periodo 2016 al 2021 para cuerpos de agua de Categoría 3 - D2
FECHA	

Parámetros a Monitorear	Materia Orgánica					Físico - Químico Metal									
	Origeno Disuelto	DBO5	DOO	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Aniónico	Aluminio	Boro	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	
13 MP	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
RTur03	2016														
	2017														
RBigu1	2016														
	2017														
RBigu2	2016														
	2017														
CAM04	2016														
	2017														
RCh04	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
	2020														
RCh06	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
RCh07	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
RCh08	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
RWin2	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
RQu01	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
RTIn01	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
OAlus1	2016														
	2017														
	2018														
	2019														
ECA AGUA	2015	5	15	40	1000	5000	6.5 - 8.4	0.2	5	5	0.05	0.5	**	0.2	0.05
	2017	35	15	40	1000	5000	6.5 - 8.4	0.2	5	5	0.05	0.5	**	0.2	0.05
3 - D2	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
Origeno Disuelto	DBO	DOO	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Aniónico	Aluminio	Boro	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total		

Nota:      No cumplen con el ECA      < Menor al Límite de detección

Validación del Instrumento:	
D.N.I.	49826913
C.I.P.	209812

Dr. Esteria Hancía Acosta Suanabur  
 CIP N° 25430



FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 4

DATOS GENERALES

TÍTULO	Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental
INTEGRANTE	KIMBERLY NINOSKA MONJARÁS MENDOZA
ASESOR	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco
FICHA	Características Fisicoquímicas y Organicas de la Cuenca Quilca - Chili en el periodo 2016 al 2021 para cuerpos de agua de Categoría 4 - E2
FECHA	

Puntos de Monitoreo	Materia Organica					Fisico - Químico Metal								
	Oxigeno Disuelto	DBO5	Fosforo Total	Nitratos	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Electrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Cobre	Mercurio	Plomo Total	Zinc	Sólidos Suspendidos Totales	
5 MP	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
RChili	2018													
	2019													
RCha11	2018													
	2019													
RSumb4	2018													
	2019													
	2020													
	2021													
RSumb3	2018													
	2019													
	2020													
	2021													
RBlan1	2018													
	2019													
	2020													
	2021													
ECA - AGUA	2015 Cat. 4 - E2	≥5	10	0.05	13	2000	1000	6.5 - 9.0	0.15	0.1	0.0001	0.0025	0.12	≤100
	2017 Cat. 4 - E2	≥5	10	0.05	13	2000	1000	6.5 - 9.0	0.15	0.1	0.0001	0.0025	0.12	≤100
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
	Oxigeno Disuelto	DBO	Fosforo Total	Nitratos	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Electrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Cobre	Mercurio	Plomo Total	Zinc	Sólidos Suspendidos Totales	

Nota:   No cumplen con el ECA < Menor al Limite de detección

Validación del Instrumento:

		 <small>DR. EUSTERIO HORACIO ACOSTA SUASNABAR          CIP N° 25450          INGENIERO AMBIENTAL          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO          ARAUCO, PERU</small>
D.N.I	45826913	
C.I.P.	208812	

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450











FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 9

DATOS GENERALES

TÍTULO	Modelamiento de la Calidad del Agua Superficial en la cuenca Quilca - Chill en el periodo 2016 - 2021, Arequipa 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental
INTEGRANTE	KIMBERLY NINOSKA MONJARRAS MENDOZA
ASESOR	Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco
FICHA	Cálculo del Índice de Calidad del Agua en Recursos Hídricos Superficiales en el periodo 2016 - 2021
FECHA	

PUNTOS DE MONITOREO	2016						2017						2018						2019						2020						2021					
N° de parametros que NO cumplen con el ECA																																				
N° Total de parametros a Evaluar																																				
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA																																				
N° Total de Datos a Evaluar																																				
<b>F1</b>																																				
<b>F2</b>																																				
Oxigeno Disuelto	mg/l																																			
DBO	mg/l																																			
DQO	mg/l																																			
Fosforo Total	mg/l																																			
Amoniaco - N	mg/l																																			
Nitratos	mg/l																																			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml																																			
Sumatoria de los Excedentes																																				
<b>F3</b>																																				
ICARHS (S1)																																				
N° de parametros que NO cumplen con el ECA																																				
N° Total de parametros a Evaluar																																				
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA																																				
N° Total de Datos a Evaluar																																				
<b>F1</b>																																				
<b>F2</b>																																				
Conductividad Electrica	µS/cm																																			
Potencial de Hidrogeno	Unidades de pH																																			
Arsénico	mg/l																																			
Aluminio	mg/l																																			
Manganeso	mg/l																																			
Hierro	mg/l																																			
Boro	mg/l																																			
Cadmio	mg/l																																			
Cobre	mg/l																																			
Mercurio	mg/l																																			
Piomo Total	mg/l																																			
Zinc	mg/l																																			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l																																			
Sumatoria de los Excedentes																																				
<b>F3</b>																																				
ICARHS (S2)																																				
ICARHS (S1,S2)																																				

Validación del Instrumento

D.N.I	45626913
C.I.P.	208812



Dr. Eusebio Horacio Acosta Suazoobar	
C.I.P. N° 25430	

# Anexo 3: Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales

**El Peruano**

Firmado Digitalmente por:  
EDITORIA PERU  
Fecha: 21/02/2018 04:30:00

**El Peruano** / Miércoles 21 de febrero de 2018

**NORMAS LEGALES**

**9**

## Aprueban la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales

**RESOLUCIÓN JEFATURAL  
N° 056-2018-ANA**

Lima, 13 de febrero de 2018

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 73 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos concordado con el artículo 106 de su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que la Autoridad Nacional del Agua, clasifica los cuerpos de agua en función a sus características naturales y a los usos que se destinan, tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA-Agua) que apruebe el Ministerio del Ambiente, de acuerdo con los usos actuales y potenciales al que se destina el agua;

Que, en base a la normatividad expedida por el Ministerio del Ambiente, con Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA se aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino - costeros, según relación contenida en el Anexo N° 1, que contempla: i) la Clasificación de cuerpos de agua superficiales, ríos, lagos y lagunas, ii) Clasificación de cuerpos de agua superficiales lentos y zonas protegidas; y iii) Clasificación de cuerpos marino - costeros;

Que, con Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA se aprueba la clasificación del cuerpo de agua marino - costero, dejando sin efecto legal la clasificación aprobada con el Anexo N° 1 de la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, en el extremo de la clasificación marino - costero, dejando subsistente la clasificación de cuerpos de agua superficiales;

Que, posteriormente con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, en el cual se indica que la Autoridad Nacional del Agua, es la encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua, categorías, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, según el marco normativo vigente;

Que, en ese sentido, con Resolución Jefatural N° 270-2017-ANA se prepublicó la propuesta de "Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales", habiéndose recibido los aportes y sugerencias respectivas por parte de entidades públicas, privadas y ciudadanos en general;

Que, la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos a través del Informe Técnico N° 002-2018-ANA-DCERH/AGITN concluye que la clasificación de cuerpos de agua constituye una herramienta de uso obligatorio por personas naturales o jurídicas del territorio nacional, que como resultado de sus actividades generen agua residuales domésticas, municipales, industriales o agrícolas; cuyos vertimientos tratados serán descargados a un cuerpo natural de agua, por lo que se recomienda su aprobación;

Que, la Oficina de Asesoría Jurídica con Informe Legal N° 095-2018-ANA-OAJ, opina que la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales propuesta debe ser aprobada;

Que, la propuesta de clasificación tiene como finalidad contribuir a la conservación y protección de la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales considerando los usos presentes y potenciales, en concordancia con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, en consecuencia, resulta necesario aprobar la Clasificación propuesta y dejar sin efecto la clasificación aprobada mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos y la Oficina de Asesoría Jurídica, y de conformidad con lo previsto en el numeral q) del artículo 12 del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI;

SE RESUELVE:

### Artículo 1.- Aprobar la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales

Aprobar la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la presente resolución.

### Artículo 2.- Aplicación de la Clasificación de Cuerpos de Agua a los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados

Los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados que hayan considerado la Clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, se adecuarán a la Clasificación aprobada mediante la presente resolución, en la próxima modificación o actualización del Instrumento de Gestión Ambiental respectivo, según corresponda, de conformidad a la Primera Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### Artículo 3.- Adecuación de Instrumentos de Gestión Ambiental en evaluación

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración la Clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en el Artículo 2 precedente, a efectos de aplicar la Clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante la presente Resolución.

### Artículo 4.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto, esta Autoridad no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua a través del procedimiento de clasificación, se aplica la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de esta Autoridad, conforme a lo previsto en la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### Artículo 5.- Publicación

Disponer la publicación de la presente Resolución en el diario oficial El Peruano y del Anexo aprobado en el Artículo 1 en la página web institucional: [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)

### Artículo 6.- Derogaciones

Deróguese la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA  
Jefe  
Autoridad Nacional del Agua

1618477-1

**AMBIENTE**

## Autorizan viaje de servidora del Ministerio a Colombia, en comisión de servicios

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N° 55-2018-MINAM**

Lima, 20 de febrero de 2018

Vistos; el Memorando N° 173-2018-MINAM/SG/OGPP y Memorando N° 025-2018-MINAM/SG/OGPP-OCAl de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto; el Informe N° 124-2018-MINAM/SG/OGAJ de la Oficina General de Asesoría Jurídica; la Solicitud de Autorización de Viaje al Exterior; y,

CURSO DE AGUA					UNIDAD HIDROGRÁFICA		
Nº	Código Curso	Nombre	Categoría	Longitud (km)	Código UH	Nombre	
42	131723	Río Ilo	Categoría 3	6,42	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
43	131724	Quebrada Guaneros	Categoría 3	91,59	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
44	131725	Río Osmore	Categoría 3	60,41	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
45	131726	Río Tumilaca	Categoría 3	67,91	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
46	131727	Río Torata	Categoría 3	2,33	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
47	131728	Río Torata	Categoría 3	69,94	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
48	131729	Río Huaracané	Categoría 3	65,48	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	
49	13174	Quebrada Carrizal	Categoría 3	11,00	13174	Cuenca Carrizal	
50	13176	Quebrada Caleta	Categoría 3	13,29	13176	Cuenca Caleta	
51	13178	Quebrada Honda	Categoría 3	101,01	13178	Cuenca Honda	
52	13181	Río Tambo	Categoría 3	32,13	1318	Cuenca Tambo	
53	13181	Río Tambo	Categoría 4	2,00	1318	Cuenca Tambo	
54	13182	Quebrada Linga	Categoría 3	62,70	1318	Cuenca Tambo	
55	13183	Río Tambo	Categoría 3	3,91	1318	Cuenca Tambo	
56	13184	Quebrada Huayrondo	Categoría 3	79,53	1318	Cuenca Tambo	
57	13185	Río Tambo	Categoría 3	158,57	1318	Cuenca Tambo	
58	13186	Río Coralaque	Categoría 3	86,18	1318	Cuenca Tambo	
59	13186	Río Coralaque	Categoría 4	31,45	1318	Cuenca Tambo	
60	13187	Río Tambo	Categoría 3	35,20	1318	Cuenca Tambo	
61	13188	Río Ichuña	Categoría 3	66,62	1318	Cuenca Tambo	
62	13189	Río Paltutire	Categoría 3	72,36	1318	Cuenca Tambo	
63	13192	Quebrada Salinas	Categoría 3	41,92	1319	Intercuenca 1319	
64	13194	Quebrada Pucará	Categoría 3	24,05	1319	Intercuenca 1319	
65	13196	Quebrada Centeno	Categoría 3	25,44	1319	Intercuenca 1319	
66	13198	Quebrada San José	Categoría 3	24,25	1319	Intercuenca 1319	
67	13202	Quebrada 13202	Categoría 4	12,43	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
68	13204	Río Chacalque	Categoría 4	20,48	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
69	13206	Quebrada Huerta	Categoría 4	20,52	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
70	13208	Quebrada Ticma	Categoría 4	13,97	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
71	13211	Río Quilca	Categoría 3	0,79	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
72	13212	Quebrada Saucillo	Categoría 3	12,93	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
73	13213	Río Quilca	Categoría 3	2,90	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
74	13214	Quebrada Platanal	Categoría 3	21,42	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
75	13215	Río Quilca	Categoría 3	9,09	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
76	13216	Quebrada Omo	Categoría 3	14,83	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
77	13217	Río Quilca	Categoría 3	6,76	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
78	13218	Quebrada Carachosa	Categoría 3	53,42	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
79	13219	Río Quilca	Categoría 3	3,60	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
80	13221	Río Sihuas	Categoría 3	32,68	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
81	13221	Río Sihuas	Categoría 1A2	26,35	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
82	13222	Quebrada Caracharma	Categoría 1A2	23,82	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
83	13223	Río Sihuas	Categoría 1A2	10,58	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
84	13224	Río Lluta	Categoría 1A2	55,87	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
85	13225	Río Sihuas	Categoría 1A2	9,73	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	

CURSO DE AGUA					UNIDAD HIDROGRÁFICA		
Nº	Código Curso	Nombre	Categoría	Longitud (km)	Código UH	Nombre	
86	13226	Río Lihualla	Categoría 1A2	37,67	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
87	13227	Río Pichirijma	Categoría 1A2	39,05	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
88	13228	Río Sallalli	Categoría 1A2	13,03	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
89	13229	Río Parcomayo	Categoría 1A2	23,20	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
90	13231	Río Vitor	Categoría 3	23,93	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
91	13233	Río Vitor	Categoría 3	5,83	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
92	13234	Quebrada Molles	Categoría 3	61,26	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
93	13235	Río Vitor	Categoría 3	8,08	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
94	13236	Quebrada Molle Chico	Categoría 3	44,97	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
95	13237	Río Vitor	Categoría 3	11,63	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
96	13238	Quebrada Huachipa	Categoría 3	43,38	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
97	13239	Río Vitor	Categoría 3	31,15	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
98	13241	Río Yura	Categoría 1A2	5,60	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
99	13242	Quebrada Aguasalada	Categoría 1A2	44,41	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
100	13243	Río Yura	Categoría 1A2	16,71	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
101	13244	Quebrada La Paccha	Categoría 1A2	24,52	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
102	13244	Quebrada La Paccha	Categoría 4	14,15	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
103	13245	Río Yura	Categoría 1A2	27,96	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
104	13246	Río Ocoruro	Categoría 1A2	19,97	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
105	13247	Río Acomayo	Categoría 1A2	9,17	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
106	13248	Río Chipana	Categoría 1A2	16,60	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
107	13249	Río Aycata	Categoría 1A2	29,71	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
108	13251	Río Chili	Categoría 3	4,02	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
109	13252	Quebrada El Cuico	Categoría 1A2	29,18	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
110	13253	Río Chili	Categoría 3	18,33	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
111	13254	Quebrada Estanquillo	Categoría 3	17,89	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
112	13254	Quebrada Estanquillo	Categoría 4	11,69	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
113	13255	Río Chili	Categoría 3	12,29	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
114	13256	Río Yarabamba	Categoría 1A2	49,25	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
115	13256	Río Yarabamba	Categoría 3	8,09	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
116	13257	Río Chili	Categoría 4	20,03	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
117	13257	Río Chili	Categoría 3	16,81	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
118	13257	Río Chili	Categoría 1A2	8,08	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
119	13259	Río Chili	Categoría 4	6,87	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
120	13261	Río Blanco	Categoría 4	19,64	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
121	13262	Río Pasto Grande	Categoría 4	22,80	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
122	13263	Río Blanco	Categoría 4	19,87	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
123	13264	Río Yanamayo	Categoría 4	26,86	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
124	13265	Río Blanco	Categoría 4	2,79	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
125	13266	Río Patimayo	Categoría 4	23,09	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
126	13267	Río Cancusane	Categoría 4	4,29	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
127	13268	Río Saccani	Categoría 4	16,92	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
128	13269	Río Cancusane	Categoría 4	36,61	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
129	13271	Río Chili	Categoría 4	0,44	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	

CURSO DE AGUA					UNIDAD HIDROGRÁFICA		
Nº	Código Curso	Nombre	Categoría	Longitud (km)	Código UH	Nombre	
130	13272	Quebrada Palca	Categoría 4	12,90	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
131	13273	Río Chili	Categoría 4	11,55	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
132	13274	Quebrada Huancune	Categoría 4	18,69	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
133	13275	Río Chili	Categoría 4	4,46	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
134	13276	Quebrada Huata	Categoría 4	24,27	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
135	13277	Río Chili	Categoría 4	23,11	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
136	13278	Río Pausa	Categoría 4	26,39	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
137	13279	Río Chili	Categoría 4	9,37	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
138	13281	Río Chili - Sumbay	Categoría 4	25,52	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
139	13282	Quebrada Piscamayo	Categoría 4	18,37	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
140	13283	Río Chili - Sumbay	Categoría 4	13,79	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
141	13284	Quebrada 13284	Categoría 4	14,99	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
142	13285	Río Chili - Cuchinasa	Categoría 4	8,48	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
143	13286	Río Puncochane	Categoría 4	17,31	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
144	13287	Río Arizaca Mayo o Cochi	Categoría 4	5,19	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
145	13288	Río Colquiuta	Categoría 4	18,02	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
146	13289	Río Cochinas	Categoría 4	33,89	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
147	13291	Río Chaupichimpanamay	Categoría 4	8,66	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
148	13292	Río Caquemayo	Categoría 4	36,00	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
149	13293	Río Chaupichimpanamay	Categoría 4	4,15	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
150	13294	Río Chalhuanca	Categoría 4	30,30	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
151	13295	Río Capillane	Categoría 4	14,85	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
152	13296	Quebrada 13296	Categoría 4	13,86	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
153	13297	Río Capillane	Categoría 4	6,01	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
154	13298	Río Sulluma	Categoría 4	13,71	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
155	13299	Río Pillo	Categoría 4	8,89	132	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	
156	13411	Río Camaná	Categoría 3	9,09	134	Cuenca Camaná	
157	13412	Quebrada Herrera	Categoría 3	12,05	134	Cuenca Camaná	
158	13413	Río Camaná	Categoría 3	2,84	134	Cuenca Camaná	
159	13414	Quebrada Tinta	Categoría 3	13,42	134	Cuenca Camaná	
160	13415	Río Camaná	Categoría 3	13,11	134	Cuenca Camaná	
161	13416	Quebrada Pisques	Categoría 3	10,03	134	Cuenca Camaná	
162	13417	Río Camaná	Categoría 3	1,68	134	Cuenca Camaná	
163	13418	Quebrada Puluviñas	Categoría 1A2	80,01	134	Cuenca Camaná	
164	13419	Río Camaná	Categoría 3	7,81	134	Cuenca Camaná	
165	13421	Quebrada Molles	Categoría 3	12,14	134	Cuenca Camaná	
166	13422	Quebrada Hospicio	Categoría 3	56,47	134	Cuenca Camaná	
167	13423	Quebrada Molles	Categoría 3	12,93	134	Cuenca Camaná	
168	13424	Quebrada 13424	Categoría 3	42,22	134	Cuenca Camaná	
169	13425	Quebrada Molles	Categoría 3	9,34	134	Cuenca Camaná	
170	13426	Quebrada Crespón	Categoría 3	24,05	134	Cuenca Camaná	
171	13427	Quebrada Molles	Categoría 3	14,41	134	Cuenca Camaná	

## Anexo 4: Características Físico – Químicas y Orgánicas de la Cuenca Quilca – Chili en el periodo 2016 al 2021.

**Tabla 27** Características Fisicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 1 - A2

Puntos de Monitoreo	Materia Orgánica						Físico - Químico Metal									
	Oxígeno Disuelto	DBO5	DQO	Fosforo Total	Nitrógeno Amomiacal	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Hierro	Manganeso	Plomo Total	
<b>14 MP</b>	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
<b>RCChait</b>	2016	8.24	5	8	0.04	0.03	4.0	96.8	9.27	< 0.007	0.084	0.138	< 0.00018	0.207	0.118	< 0.001
	2017	6.64	< 2	8	< 0.010	< 0.006	< 1.8	99.1	6.54	0.00198	0.027	0.028	< 0.00001	0.1560	0.02501	< 0.0002
<b>RSumb3</b>	2016	6.61	3	8	0.05	0.03	14	64.2	8.58	< 0.007	0.250	0.042	< 0.00018	0.251	0.033	< 0.001
	2017	7.25	< 2	5	< 0.010	< 0.006	2.0	62.1	9.24	0.00335	0.098	0.087	< 0.00001	0.1417	0.01838	0.0006
<b>RSumb4</b>	2016	7.25	< 3	8	0.06	0.04	33	121	8.03	< 0.007	0.167	0.140	< 0.00018	0.420	0.048	< 0.001
	2017	7.13	< 2	< 2	< 0.010	< 0.006	6.8	128.2	7.34	0.00293	0.487	0.248	< 0.00001	0.4348	0.03728	0.0007
<b>RBliari</b>	2016	7.99	< 3	< 6	0.04	0.06	14	3190	7.92	0.056	0.243	2.576	< 0.00018	1.014	0.276	< 0.001
	2017	7.25	< 2	6	0.020	< 0.006	2.0	550	7.09	0.04645	0.057	0.444	< 0.00001	0.0535	0.02405	< 0.0002
<b>RCChil</b>	2016	7.29	< 3	8	0.06	0.096	79	221	7.54	< 0.007	0.229	0.163	< 0.00018	0.824	0.369	< 0.001
	2017	8.36	< 2	4	0.026	< 0.006	2.0	307	8.1	0.02175	0.145	0.247	< 0.00001	0.1223	0.02974	< 0.0002
<b>RRora3</b>	2018	7.37	< 2	3	0.008	< 0.02	20	409	8.6	0.00347	0.294	0.406	< 0.00005	0.31474	0.0148	0.00022
	2019	6.86	< 2	< 2	0.048	0.088	70	470	8.96	0.00358	0.15	0.450	< 0.00001	0.1292	12.01	< 0.0002
	2020	8.27	< 2	< 2	0.192	0.063	< 1.8	692	9.09	0.0060	0.047	0.897	< 0.00010	0.046	0.0115	< 0.0002
	2021	7.84	< 2	7	0.085	0.027	49	528	8.496	0.0041	0.107	0.268	< 0.00010	0.103	0.013	0.0004
<b>RSigut</b>	2018	8.14	< 2	8.6	0.379	< 0.02	21	626	7.99	0.01604	5.04	0.296	0.00008	5.92	0.17291	0.003
	2019	8.1	< 2	< 2	< 0.010	0.02	13	690	7.95	0.02043	0.983	0.468	< 0.00001	0.4756	0.0583	0.0016
	2020	8.44	3	6	0.211	0.044	70	664	7.8	0.0277	1.472	0.565	< 0.00010	1.383	0.0829	0.0011
	2021	8.38	< 2	4	0.154	0.024	49	587	8.3	0.0153	1.751	0.327	< 0.00010	1.095	0.0496	0.0012
<b>RSiguz</b>	2018	7.66	< 2	11.7	0.184	< 0.02	1700	2350	8.08	0.00932	3.41	0.85	< 0.00005	2.78	0.17702	0.00179
	2019	8.99	4	< 2	0.179	-	130	3870	8.37	0.00658	1.538	1.338	< 0.00001	1.424	0.16721	0.0011
	2020	9.71	< 2	11	0.178	-	130	4390	8.05	0.0072	1.918	2.267	< 0.00010	1.619	0.1486	0.0012
	2021	7.6	< 2	< 2	0.221	< 0.008	330	1655	8.4	0.0106	1.904	0.84	< 0.00010	1.606	0.076	0.001
<b>CañQu</b>	2018	9.22	< 2	5.5	0.041	< 0.02	45	303	7.78	0.01368	0.42	0.299	< 0.00005	0.90256	0.01924	0.00065
	2019	7.49	2	8	< 0.010	0.014	11	555	8.22	0.02339	0.094	0.492	< 0.00001	0.0808	0.00852	0.0016
	2020	9.04	3	6	0.091	0.062	< 1.8	495	8.25	0.0316	0.075	0.604	< 0.00010	0.085	0.018	< 0.0002
	2021	9.45	< 2	5	0.034	0.021	17	425	8.47	0.0174	0.066	0.381	< 0.00010	0.096	0.0061	0.0004
<b>RUhu2</b>	2018	7.4	< 2	4.5	0.135	< 0.02	26	120	8.25	0.00302	0.046	0.075	< 0.00005	0.05379	0.00714	< 0.00004
	2019	8.63	< 2	< 2	0.294	0.085	1700	583	9.0	0.00463	1.468	0.105	< 0.00001	1.964	0.14492	0.0016
	2020	9.39	6	11	0.223	0.127	220	634	8.57	0.0053	0.089	0.159	< 0.00010	0.088	0.0081	< 0.0002
	2021	7.5	< 2	8	0.1	0.109	6.8	418	8.5	0.0032	0.086	0.072	< 0.00010	0.085	0.006	< 0.0002
<b>RLaM1</b>	2018	7.45	< 2	3.2	0.966	< 0.02	20	686	7.99	0.00678	15.7	0.206	0.00016	17.5	0.29452	0.00909
	2019	6.7	< 2	< 2	0.582	0.063	17	863	8.32	0.00336	6.131	0.173	< 0.00001	5.176	0.0016	0.0016
	2020	7.68	< 2	7	0.181	0.054	< 1.8	948	7.55	0.0027	0.498	0.255	< 0.00010	0.441	0.0616	0.0004
	2021	6.7	< 2	7	1.01	0.159	< 1.8	837	8.47	0.0033	9.978	0.242	< 0.00010	8.391	0.2229	0.0035
<b>RLaM2</b>	2018	7.370	< 2	9.6	2.77	< 0.02	23	4580	8	0.00653	16.9	0.223	0.00046	15.4	0.32252	0.00897
	2019	7.32	< 2	< 2	0.967	0.068	49	2710	8.2	0.00419	7.873	0.059	< 0.00001	6.228	0.2488	0.0016
	2020	7.75	< 2	8	0.284	0.062	< 1.8	2040	8.38	0.0041	2.749	0.371	< 0.00010	1.371	0.1139	0.0015
	2021	6.66	< 2	4	1.381	0.11	< 1.8	2960	8.44	0.0036	9.931	0.281	< 0.00010	8.795	0.2345	0.004
<b>QCCom1</b>	2018	7.3	< 2	36	< 0.003	< 0.02	< 1.8	239000	6.98	0.00004	41	5.83	0.00007	50.8	0.00153	0.00024
	2019	6.6	< 2	8	0.435	0.268	11	28700	7.93	0.00959	10.83	0.368	0.00377	3.943	0.5234	0.0016
	2020	7.86	< 2	5	0.152	0.081	< 1.8	12790	8.28	0.0060	3.673	0.454	0.00068	1.649	0.0655	0.0018
	2021	6.99	< 2	85	0.279	0.252	< 1.8	3410	8.9	0.0065	5.735	0.465	0.00292	2.684	0.2194	0.0087
<b>QUcom1</b>	2018	6.33	< 2	2.8	0.259	0.122	16000	142.3	8.12	0.00164	0.391	0.317	< 0.00005	0.37487	0.01719	0.00029
	2019	4.92	< 2	< 2	0.477	1.22	7000	1135	8.15	0.00145	0.108	0.326	< 0.00001	0.1000	0.02623	0.0016
	2020	6.93	-	< 2	0.181	0.243	1700	993	7.5	0.0014	0.064	0.319	< 0.00010	0.061	0.00059	0.0005
	2021	6.39	4	14	0.308	0.157	170000	1063	8.34	0.0013	0.08	0.32	< 0.00010	0.071	0.0115	< 0.0002
<b>ECA - ACUA</b>	<b>2015</b> Cat. 1 - A2	≥ 5	5	20	0.15	1.5	2000	1600	5.5 - 9.0	0.01	5	2.4	0.005	1	0.4	0.05
	<b>2017</b> Cat. 1 - A2	≥ 5	5	20	0.15	1.5	2000	1600	5.5 - 9.0	0.01	5	2.4	0.005	1	0.4	0.05
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		Oxígeno Disuelto	DBO	DQO	Fosforo Total	Nitrógeno Amomiacal	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Hierro	Manganeso	Plomo Total

Nota:   No cumplen con el ECA      < Menor al Límite de detección

Fuente: ALA-Chili

**Tabla 28** Características Físicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 3 - D1

Parámetros a Evaluar		Materia Orgánica				Físico - Químico Metal									
Puntos de Monitoreo	Oxígeno Disuelto	DBO5	DQO	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrógeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	
	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
12 MP	2016	7.17	< 3	6	330	330	7.76	< 0.007	1.817	0.289	< 0.00018	0.009	2.729	0.137	< 0.001
	2017	7.98	< 2	< 2	130	677	8.55	0.00494	0.074	0.696	< 0.00001	0.00134	0.0795	0.01548	< 0.0002
	2018	7.1	< 3	16	140	8280	7.8	0.012	0.425	0.350	< 0.00018	< 0.002	0.766	0.078	0.002
R15a3	2016	8.37	< 2	< 2	11	661	8.49	0.02425	0.538	0.587	< 0.00001	0.00901	0.3562	0.04297	0.0007
	2017	8.1	< 3	8	490	243000	8.3	< 0.007	0.419	0.880	< 0.00018	0.004	0.808	0.139	0.002
	2018	9.21	< 2	5	490	4910	7.91	0.00522	1.361	1.953	< 0.00001	0.01167	1.082	0.08934	0.0012
C16a10	2016	8.7	3	8	330	412	8.3	0.012	0.317	0.331	< 0.00018	< 0.002	0.254	0.021	0.002
	2017	9.23	< 2	3	2	519	8.55	0.02902	0.092	0.656	< 0.00001	0.00274	0.0921	0.01455	0.0004
	2018	7.57	4	16	330000	269	8.06	0.0095	0.257	0.187	< 0.00018	< 0.002	0.871	0.248	< 0.001
R14	2016	7.43	< 2	6	700	307	8.77	0.02229	0.300	0.265	< 0.00001	0.00356	0.2899	0.0343	0.0007
	2018	8.04	< 2	9.3	5400	223	8.00	0.01259	1.32	0.176	< 0.00005	0.0038	0.82138	0.04266	0.00087
	2019	7.32	9	50	220000	271.0	8.1	0.02517	3.357	0.24	< 0.00001	0.00815	0.8542	0.10595	0.0019
	2020	7.01	13	41	46000	256	8.136	0.0305	4.859	0.232	< 0.00010	0.0121	1.358	0.1431	0.0029
	2021	6.7	7	30	170000	216	7.983	0.012	1.406	0.138	< 0.00010	0.0137	1.356	0.07	0.0029
R16	2016	7.22	5	44	49000	444	7.86	0.013	0.616	0.473	< 0.00018	0.004	0.794	0.204	0.004
	2017	7.71	< 2	10	17000	457	8.07	0.02324	0.201	0.471	< 0.00001	0.0035	0.206	0.0372	0.0008
	2018	7.67	< 2	4.1	11000	317	7.22	0.01531	1.3	0.367	< 0.00005	0.00473	0.8146	0.04647	0.00103
	2019	8.48	8	9	2800	418	8.5	0.01991	0.968	0.444	< 0.00001	0.00468	0.5481	0.06366	0.0011
	2020	7.2	3	< 2	11000	446	8.481	0.0198	0.234	0.632	< 0.00010	0.0033	0.190	0.0410	0.0004
R17	2016	7.99	2	7	22000	312	8.581	0.0117	0.471	0.312	< 0.00010	0.0041	0.347	0.0305	0.0008
	2017	7.44	3	36	23000	645	7.89	0.015	0.652	0.061	< 0.00018	0.005	0.834	0.157	0.06
	2018	7.05	10	25	17000	744	7.88	0.0279	2.31	0.712	< 0.00001	0.01846	1.725	0.1102	0.0035
	2019	7.61	4.8	19.8	5400	495	8.30	0.01578	1.1	0.482	< 0.00005	0.00516	0.70381	0.05429	0.0083
	2020	6.16	9	12	790	653	8.1	0.0191	0.816	0.541	< 0.00001	0.00638	0.5147	0.07586	0.0009
R18	2016	6.91	15	24	490	796	8.29	0.0185	0.339	0.833	< 0.00010	0.0054	0.344	0.0521	0.0009
	2017	7.54	8	13	5400	537	8.051	0.0142	0.64	0.384	< 0.00010	0.0052	0.522	0.0419	0.0023
	2018	7.22	5	12	4900	779	8.24	< 0.007	0.571	0.721	< 0.00018	< 0.002	0.566	0.099	< 0.001
	2019	7.37	6	15	700	737	8.05	0.02282	0.215	0.723	< 0.00001	0.00457	0.2674	0.04331	0.0007
	2020	8.71	3.41	17	9200	504	8.6	0.01635	0.651	0.581	< 0.00005	0.00441	0.46872	0.04154	0.00058
R19	2016	6.95	9	34	4600	642	8.1	0.01908	0.427	0.573	< 0.00001	0.00313	0.2432	0.04963	0.0005
	2018	8.163	6	8	3300	767	8.33	0.0215	0.105	0.847	< 0.00010	0.0038	0.127	0.0385	< 0.0002
	2019	7.95	< 2	4	350	574	8.207	0.0161	0.666	0.503	< 0.00010	0.0038	0.336	0.0376	0.0006
	2020	7.61	< 3	< 6	490	5260	8.24	0.009	0.924	2.869	< 0.00018	0.006	0.782	0.063	< 0.001
	2021	7.41	< 2	23	1300	6150	8.74	0.01838	1.593	4.272	< 0.00001	0.00778	1.214	0.07489	0.0015
R20	2016	8.09	< 2	8.2	490	3030	9.41	0.01686	0.804	2.04	0.00007	0.00634	0.80561	0.07456	0.00089
	2017	7.97	2	6	790	5190	8.6	0.01394	0.107	4.059	< 0.00001	0.00459	0.0889	0.07089	< 0.0002
	2018	7.54	3	< 2	< 1.8	6700	8.397	0.0168	1.122	6.193	< 0.00010	0.00114	0.72	0.0559	0.0007
	2019	8.22	< 2	4	79	3650	8.448	0.0149	0.364	2.692	< 0.00010	0.0044	0.247	0.0373	0.0004
	2020	7.77	< 3	< 6	790	5110	7.9	0.012	0.793	2.514	< 0.00018	0.007	1.602	0.167	0.009
R21	2016	9.89	< 2	10	4.5	6440	8.09	0.01198	0.345	4.323	< 0.00001	0.00499	0.2969	0.08933	0.0005
	2017	8.95	< 2	7.8	330	3460	7.66	0.01636	2	2.29	0.00007	0.00854	1.94	0.13059	0.00163
	2018	11.5	4	< 2	33	6120	8.31	0.01102	0.098	3.356	< 0.00001	0.00376	0.0815	0.14298	< 0.0002
	2019	9.24	< 2	5	6.8	6010	8.6	0.015	1.234	4.727	< 0.00010	0.0154	0.847	0.0946	0.0015
	2020	8.73	< 2	4	< 1.8	2890	8.6	0.0123	0.361	1.776	< 0.00010	0.0046	0.304	0.0876	0.0005
R22	2016	9.33	< 3	< 6	2300	3010	8.76	0.021	0.167	4.472	< 0.00018	0.012	0.145	0.130	0.005
	2017	12.6	< 2	35	3500	3080	8.6	0.02947	0.057	6.106	< 0.00001	0.01284	0.0541	0.00978	< 0.0002
	2018	12.52	< 2	16.2	490	3020	9.4	0.03044	0.064	5.97	< 0.00005	0.0118	0.06309	0.0243	0.00021
	2019	8.49	9	37	1100	3090	8.5	0.03012	0.115	5.40	< 0.00001	0.01149	0.1641	0.22482	0.0004
	2020	10.67	3	12	< 1.8	2920	9.033	0.0326	0.095	8.035	< 0.00010	0.015	0.09	0.0399	< 0.0002
R23	2016	12	< 2	13	5400	3040	8.421	0.0267	0.027	3.456	< 0.00010	0.0095	0.043	0.014	0.0005
	2017	7.06	4	8	140000	1253	8.15	0.030	0.033	0.732	< 0.00018	0.003	0.047	0.004	< 0.001
	2018	7.28	5	14	1400	1315	9.01	0.03598	0.128	0.887	< 0.00001	0.00419	0.1588	0.01297	0.0007
	2019	7.21	< 2.00	14.4	160000	1061	9.3	0.0326	0.196	0.72	< 0.00005	0.00419	0.22404	0.0104	0.00031
	2020	6.82	4	36	7000	1292	8.3	0.03484	0.131	0.789	< 0.00001	0.00365	0.1757	0.01943	< 0.0002
R24	2016	6.4	3	7	170	1361	8.258	0.0412	0.057	0.882	< 0.00010	0.0036	0.082	0.0119	< 0.0002
	2017	6.7	9	10	28000	1500	7.932	0.0376	0.091	0.45	< 0.00010	0.0043	0.129	0.0262	0.0006
	2015 3 - D1	4	15	40	1000	2500	8.5 - 8.5	0.1	5	1	0.01	0.2	5	0.2	0.05
	2017 3 - D1	4	15	40	1000 / 2000	2500	8.5 - 8.5	0.1	5	1	0.01	0.2	5	0.2	0.05
		mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

Nota:      No cumplen con el ECA < Menor al Límite de detección

Fuente: ALA-Chili

**Tabla 29** Características Físicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 3 - D2

Puntos de Monitoreo	Materia Orgánica				Físico - Químico Metal										
	Oxígeno Disuelto	DBO5	DQO	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrógeno	Arsénico	Aluminio	Boro	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	
12 MP	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
R1Yuna3	2016	7.17	< 3	8	330	330	7.76	< 0.007	1.817	0.289	< 0.00018	0.09	2.729	0.137	< 0.001
	2017	7.98	< 2	< 2	130	677	8.55	0.00494	0.074	0.696	< 0.00001	0.00134	0.0795	0.01548	< 0.0002
	2018	7.1	< 3	16	140	8280	7.8	0.012	0.425	0.35	< 0.00018	< 0.002	0.766	0.078	0.002
R1Sign2	2017	8.37	< 2	< 2	11	861	8.49	0.02425	0.538	0.587	< 0.00001	0.00901	0.3562	0.04297	0.0007
	2016	8.1	< 3	8	490	245000	8.3	< 0.007	0.419	0.88	< 0.00001	0.004	0.808	0.139	0.002
	2017	9.21	< 2	5	490	4910	7.91	0.00522	1.361	1.963	< 0.00001	0.01167	1.082	0.08934	0.0012
CH1Cau1	2016	8.7	< 3	8	330	412	8.3	0.012	0.317	0.331	< 0.00018	< 0.002	0.254	0.021	0.002
	2017	9.23	< 2	3	2	519	8.55	0.02902	0.092	0.656	< 0.00001	0.00274	0.0921	0.01455	0.0004
	2018	7.57	4	16	530000	289	8.06	0.0095	0.257	0.187	< 0.00018	< 0.002	0.871	0.245	< 0.001
RCH14	2017	7.43	< 2	6	700	307	8.77	0.02229	0.300	0.265	< 0.00001	0.00356	0.2899	0.0343	0.0007
	2018	8.04	< 2	8.3	5400	223	8.00	0.01259	1.32	0.178	< 0.00005	0.0038	0.82138	0.04268	0.00087
	2019	7.32	9	50	220000	271.0	8.1	0.02517	3.357	0.24	< 0.00001	0.00815	0.8542	0.10595	0.0019
	2020	7.01	13	41	45000	256	8.138	0.0305	4.859	0.232	< 0.00010	0.0121	1.358	0.1431	0.0029
	2021	6.7	7	30	170000	216	7.983	0.012	1.408	0.138	< 0.00010	0.0137	1.358	0.07	0.0029
	2016	7.22	5	44	49000	444	7.86	0.013	0.615	0.473	< 0.00018	0.004	0.794	0.204	0.004
RCH16	2017	7.71	< 2	10	17000	457	8.07	0.02324	0.201	0.471	< 0.00001	0.0035	0.206	0.0372	0.0008
	2018	7.67	< 2	4.1	11000	317	7.22	0.01531	1.3	0.387	< 0.00005	0.00473	0.8148	0.04647	0.00103
	2019	8.48	8	9	2800	418	8.5	0.01991	0.968	0.444	< 0.00001	0.00468	0.5481	0.06386	0.0011
	2020	7.2	3	< 2	11000	446	8.461	0.0198	0.234	0.632	< 0.00010	0.0033	0.190	0.0410	0.0004
	2021	7.99	2	7	22000	312	8.561	0.0117	0.471	0.312	< 0.00010	0.0041	0.347	0.0305	0.0008
RCH17	2016	7.44	3	36	23000	645	7.89	0.015	0.652	0.061	< 0.00018	0.005	0.634	0.157	0.05
	2017	7.05	10	26	17000	744	7.88	0.0279	2.31	0.712	< 0.00001	0.01545	1.725	0.1102	0.0036
	2018	7.61	4.8	19.8	5400	495	8.30	0.01578	1.1	0.482	< 0.00005	0.00516	0.70381	0.05429	0.0083
	2019	6.18	9	12	790	653	8.1	0.0191	0.816	0.541	< 0.00001	0.00638	0.5147	0.07586	0.0009
	2020	6.91	15	24	490	796	8.29	0.0185	0.339	0.833	< 0.00010	0.0054	0.344	0.0521	0.0009
	2021	7.54	8	13	5400	537	8.051	0.0142	0.64	0.384	< 0.00010	0.0052	0.522	0.0419	0.0023
RCH18	2016	7.22	5	12	4900	779	8.24	< 0.007	0.571	0.721	< 0.00018	< 0.002	0.566	0.099	< 0.001
	2017	7.37	6	15	700	737	8.05	0.02282	0.215	0.723	< 0.00001	0.00457	0.2574	0.04331	0.0007
	2018	8.71	3.41	17	9200	504	8.6	0.01635	0.651	0.581	< 0.00005	0.00441	0.48672	0.04154	0.00058
	2019	6.95	9	34	4800	642	8.1	0.01908	0.427	0.573	< 0.00001	0.00313	0.2432	0.04983	0.0005
	2020	8.163	6	8	3300	767	8.33	0.0215	0.105	0.847	< 0.00010	0.0038	0.127	0.0385	< 0.0002
	2021	7.95	< 2	4	350	574	8.207	0.0161	0.666	0.503	< 0.00010	0.0038	0.336	0.0376	0.0006
R1Yuna2	2016	7.61	< 3	< 6	490	5280	8.24	0.009	0.924	2.869	< 0.00018	0.006	0.782	0.063	< 0.002
	2017	7.41	< 2	23	1300	6150	8.74	0.01838	1.593	4.272	< 0.00001	0.00778	1.214	0.07489	0.0015
	2018	8.09	< 2	6.2	490	3030	9.41	0.01686	0.804	2.04	0.00007	0.00634	0.80581	0.07456	0.00089
	2019	7.97	2	6	790	5190	8.6	0.01394	0.107	4.059	< 0.00001	0.00459	0.0869	0.07069	< 0.0002
	2020	7.54	3	< 2	< 1.8	6700	8.397	0.0168	1.122	5.193	< 0.00010	0.00114	0.72	0.0559	0.0007
	2021	8.22	< 2	4	79	3850	8.445	0.0149	0.384	2.692	< 0.00010	0.0044	0.247	0.0373	0.0004
RCH11	2016	7.7	< 3	< 6	790	5110	7.9	0.012	0.793	2.614	< 0.00018	0.007	1.602	0.167	0.009
	2017	9.89	< 2	10	4.5	6440	8.09	0.01198	0.345	4.323	< 0.00001	0.00499	0.2959	0.08933	0.0005
	2018	8.95	< 2	7.8	330	3480	7.66	0.01696	2	2.29	0.00007	0.00954	1.94	0.13059	0.00163
	2019	11.5	4	< 2	33	6120	8.31	0.01102	0.098	3.356	< 0.00001	0.00376	0.0815	0.14298	< 0.0002
	2020	9.24	< 2	5	6.8	6010	8.6	0.015	1.234	4.727	< 0.00010	0.0154	0.847	0.0646	0.0015
R1Yuna1	2021	8.73	< 2	4	< 1.8	2890	8.6	0.0123	0.361	1.778	< 0.00010	0.0046	0.304	0.0676	0.0005
	2016	9.33	< 3	< 6	2300	3010	8.75	0.021	0.167	4.472	< 0.00018	0.012	0.145	0.130	0.005
	2017	12.6	< 2	35	3500	3080	8.6	0.02947	0.057	5.108	< 0.00001	0.01284	0.0541	0.00978	< 0.0002
	2018	12.52	< 2	16.2	490	3020	9.4	0.03044	0.064	5.97	< 0.00005	0.0116	0.06309	0.0243	0.00021
	2019	8.49	9	37	1100	3090	8.5	0.03012	0.115	5.40	< 0.00001	0.01149	0.1641	0.22482	0.0004
	2020	10.67	3	12	< 1.8	2920	9.033	0.0326	0.095	8.035	< 0.00010	0.015	0.09	0.0399	< 0.0002
QAbas1	2021	12	< 2	13	5400	3040	8.421	0.0257	0.027	3.456	< 0.00010	0.0095	0.043	0.014	0.0005
	2016	7.06	4	8	1400000	1253	8.15	0.03	0.033	0.732	< 0.00018	0.003	0.047	0.004	< 0.001
	2017	7.28	5	14	1400	1315	9.01	0.03598	0.128	0.887	< 0.00001	0.00419	0.1588	0.01297	0.0007
	2018	7.21	< 2.00	14.4	160000	1061	9.3	0.0326	0.196	0.72	< 0.00005	0.00419	0.22404	0.0104	0.00031
	2019	6.82	4	36	7000	1292	8.3	0.03484	0.131	0.769	< 0.00001	0.00365	0.1757	0.01943	< 0.0002
	2020	6.4	3	7	170	1361	8.256	0.0412	0.057	0.882	< 0.00010	0.0038	0.082	0.0119	< 0.0002
ECA-AGUA	2021	6.7	9	10	26000	1500	7.932	0.0376	0.091	0.45	< 0.00010	0.0043	0.129	0.0252	0.0006
	2015 3 - D2	5	15	40	1000	5000	6.5 - 8.4	0.2	5	5	0.05	0.5	**	0.2	0.05
	2017 3 - D2	≥5	15	40	1000	5000	6.5 - 8.4	0.2	5	5	0.05	0.5	**	0.2	0.05

Nota:      No cumplen con el ECA      < Menor al Límite de detección

Fuente: ALA-Chili.

**Tabla 30** Características Físicoquímicas - metal y orgánicos del 2016 al 2021 en puntos de monitoreo de Categoría 4 - E2

Parámetros a Evaluar		Materia Orgánica					Físico - Químico Metal							
Puntos de Monitoreo	Oxígeno Disuelto	DBO5	Fosforo Total	Nitratos	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Cobre	Mercurio	Plomo Total	Zinc	Sólidos Suspendidos Totales	
5 MP	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
RChil	2018	7.81	< 2	0.007	0.054	17	194.5	7.9	0.01119	0.00277	< 0.00006	0.00072	0.00958	-
	2019	7.38	7	< 0.010	< 0.009	110	227.0	8.56	0.0146	0.00158	< 0.00003	< 0.0002	0.0108	-
RChal1	2018	6.32	< 2	0.004	< 0.002	< 1.8	79.4	7.3	0.00187	0.00123	< 0.00006	0.00008	0.00158	-
	2019	6.48	< 2	< 0.010	< 0.002	7.8	89.6	8.3	0.00188	0.00098	< 0.00003	< 0.0002	< 0.01	8
RSumb4	2018	6.94	< 2	0.007	0.09	7.8	119.8	7.8	0.00271	0.0017	< 0.00006	0.00059	0.00549	-
	2019	6.56	< 2	< 0.010	0.096	40	139.6	8.25	0.00271	0.00188	< 0.00003	0.0005	< 0.01	22
	2020	6.88	< 2	0.109	< 0.022	< 1.8	107.2	8.264	0.0028	0.0012	< 0.00005	0.0003	< 0.008	5
	2021	7.06	< 2	0.038	0.108	11	104.3	7.817	0.0026	0.0011	< 0.00005	0.0005	< 0.008	6
RSumb3	2018	6.11	< 2	0.006	0.176	< 1.8	87.4	8.09	0.00279	0.0012	< 0.00006	0.00036	0.00229	-
	2019	7.99	< 2	< 0.010	0.123	4.5	88.2	9.1	0.00359	0.00067	< 0.00003	< 0.0002	< 0.01	11
	2020	7.06	< 2	0.121	0.474	< 1.8	69.6	8.839	0.0028	< 0.0003	< 0.00005	< 0.0002	< 0.008	< 3
	2021	6.95	< 2	0.036	0.634	< 1.8	64.4	7.966	0.0026	0.0008	< 0.00005	0.0004	< 0.008	5
RBian1	2018	6.53	< 2	0.007	0.019	< 1.8	447	8.37	0.03946	0.00223	0.00011	0.0003	0.00183	-
	2019	8.43	< 2	0.019	0.026	22	995	8.72	0.04363	0.00288	< 0.00003	< 0.0002	0.0106	6
	2020	6.53	< 2	0.126	< 0.022	< 1.8	402	8.48	0.0408	0.0019	< 0.00005	< 0.0002	< 0.008	< 3
	2021	8.8	< 2	0.039	< 0.009	< 1.8	2150	8.308	0.0592	0.0014	< 0.00005	< 0.0002	< 0.008	< 3
ECA - AGUA	2015 Cat. 4 - E2	≥5	10	0.05	13	2000	1000	6.5 - 9.0	0.15	0.1	0.0001	0.0025	0.12	≤100
	2017 Cat. 4 - E2	≥5	10	0.05	13	2000	1000	6.5 - 9.0	0.15	0.1	0.0001	0.0025	0.12	≤100
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	µS/cm	Unidades de pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
	Oxígeno Disuelto	DBO	Fosforo Total	Nitratos	Coliformes Termotolerantes	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Arsénico	Cobre	Mercurio	Plomo Total	Zinc	Sólidos Suspendidos Totales	
Nota:		No cumplen con el ECA				<	Menor al Límite de detección							

Fuente: ALA-Chili.

## Anexo 5: Cálculo y Representación Gráfica del ICARHS en la Cuenca Quilca – Chili por Monitoreo.

**Tabla 31** Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2016.

Categoría 1 - A2																																			
CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica															CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Físico - Químico Metal										ICARHS (S1,S2)										
Puntos de Monitoreo	N° de parámetros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parámetros a Evaluar	F1	F2	Oxígeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	Fósforo Total mg/l	Nitrógeno Amomiacal mg/l	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parámetros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parámetros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Eléctrica µS/cm	Potencial de Hidrógeno Unidades de pH	Arsénico mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Cadmio mg/l			Hierro mg/l	Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RCha1	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	9	0.11	0.11		0.03								0.00	0.33	99.68	EXCELENTE	99.68	EXCELENTE		
RSumb3	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RSumb4	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RBlan1	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	4	9	0.44	0.44	0.99375		4.6		0.07333		0.014			0.63	38.70	77.14	REGULAR	77.14	REGULAR		
Rchil	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		

Categoría 3 - Subcategoría D-1																																		
CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica															CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Físico - Químico Metal										ICARHS (S1,S2)									
Puntos de Monitoreo	N° de parámetros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parámetros a Evaluar	F1	F2	Oxígeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parámetros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parámetros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Eléctrica µS/cm	Potencial de Hidrógeno Unidades de pH	Arsénico mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Cadmio mg/l	Cobre mg/l	Hierro mg/l			Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RYura3	0	4	0	0					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0	0										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			
RSigu1	0	4	0	0					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.1	0.1	2.312									0.23	18.78	89.04	BUENO	89.04	BUENO			
RSigu2	0	4	0	0					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.1	0.1	96.2									9.62	90.58	47.58	MALO	47.58	MALO			
RChil4	1	4	0.25	0.25				329	82.25	98.80	42.67	PÉSIMO	1	10	0.1	0.1									0.24	0.02	2.34	98.53	EXCELENTE	42.67	PÉSIMO			
RTInG1	1	4	0.25	0.25				1.3	0.33	24.53	85.55	BUENO	3	10	0.3	0.3	0.204	0.03059					3.472			0.37	27.04	84.04	BUENO	84.04	BUENO			
RChil6	2	4	0.5	0.5			0.1	48	12.03	92.32	46.12	MALO	1	10	0.1	0.1										0.02	0.20	99.77	EXCELENTE	46.12	MALO			
RChil7	1	4	0.25	0.25				22	5.50	84.62	50.86	MALO	0	10	0	0										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	50.86	MALO			
QAñas1	1	4	0.25	0.25				139	34.75	97.20	43.59	PÉSIMO	0	10	0	0										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	43.59	PÉSIMO			
RChil8	1	4	0.25	0.25				3.9	0.98	49.37	71.21	REGULAR	0	10	0	0										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	71.21	REGULAR			
RVito2	0	4	0	0					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.2	0.2	1.112						1.869				0.30	22.96	86.51	BUENO	86.51	BUENO		
RQuil1	0	4	0	0					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.2	0.2	1.044						1.614				0.27	21.00	87.65	BUENO	87.65	BUENO		
CAHuQu	0	4	0	0					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0	0										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			

Categoría 3 - Subcategoría D-2

CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica												
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto	DBO	DQO	Coliformas Termotolerantes	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S1	
					mg/l						mg/l	mg/l
RYura3	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
RSigu1	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
RSigu2	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
RChil4	1	4	0.25	0.25			329	82.25	98.80	42.67		PESIMO
RTInG1	1	4	0.25	0.25			1.3	0.33	24.53	85.55		BUENO
RChil6	2	4	0.50	0.50		0.1	48	12.03	92.32	46.12		MALO
RChil7	1	4	0.25	0.25			22	5.50	84.62	50.86		MALO
QAñas1	1	4	0.25	0.25			139	34.75	97.20	43.59		PESIMO
RChil8	1	4	0.25	0.25			3.9	0.98	49.37	71.21		REGULAR
RVito2	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00		EXCELENTE
RQuil1	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00		EXCELENTE
CAHuQu	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00		EXCELENTE

CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Químico Metal																		
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrogeno	Acético	Aluminio	Boro	Calcio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S2	
					µS/cm	Unidades de pH											mg/l	mg/l
	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
	1	10	0.10	0.10	0.656										0.07	6.16	96.33	EXCELENTE
	1	10	0.10	0.10	47.6										4.76	82.64	52.17	MALO
	1	10	0.10	0.10								0.24			0.02	2.34	98.53	EXCELENTE
	1	10	0.10	0.10		7.76									0.78	43.69	74.66	REGULAR
	1	10	0.10	0.10									0.02		0.00	0.20	99.77	EXCELENTE
	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
	1	10	0.10	0.10	0.056										0.01	0.56	99.56	EXCELENTE
	1	10	0.10	0.10	0.022										0.00	0.22	99.76	EXCELENTE
	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE

ICARHS (S1,S2)	
Valor	Calificación
100.00	EXCELENTE
96.33	EXCELENTE
52.17	MALO
42.67	PESIMO
74.66	REGULAR
46.12	MALO
50.86	MALO
43.59	PESIMO
71.21	REGULAR
99.56	EXCELENTE
99.76	EXCELENTE
100.00	EXCELENTE

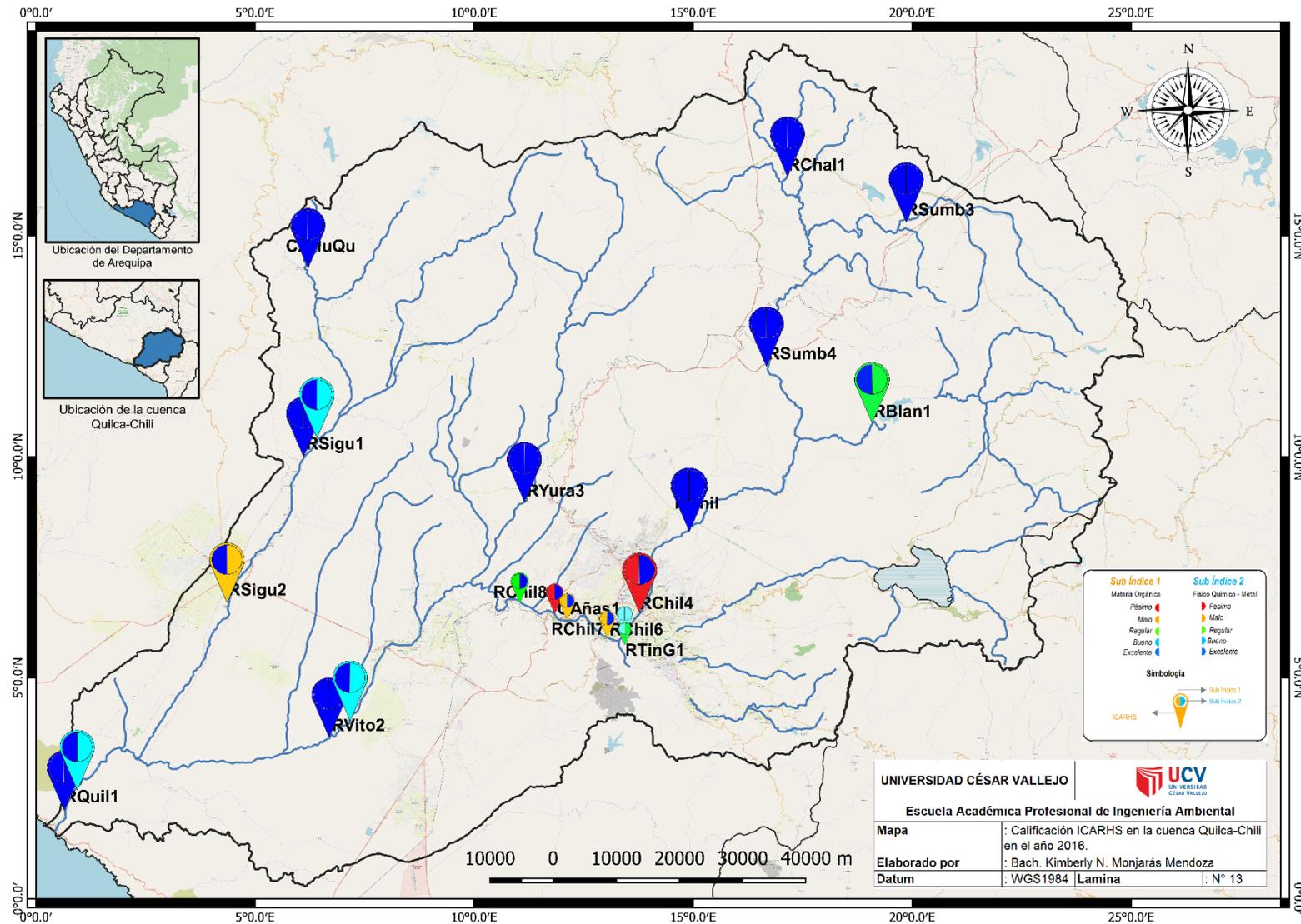


Figura 53 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2016.



Categoría 3 - Subcategoría D-2

CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Químico Metal													ICARHS (S1,S2)								
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S1		N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Eléctrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Azuférico mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Cadmio mg/l	Cobre mg/l	Hierro mg/l	Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S2		Valor	Calificación	Valor	Calificación
											Valor	Calificación																	Valor	Calificación				
RYura3	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.01786									0.00	0.18	99.78	EXCELENTE	99.78	EXCELENTE			
RSigu1	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.01071									0.00	0.11	99.82	EXCELENTE	99.82	EXCELENTE			
RSigu2	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			
RChil4	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.04405									0.00	0.44	99.63	EXCELENTE	99.63	EXCELENTE			
RTinG1	1	4	0.25	0.25			2.5	0.63	38.46	77.50	REGULAR	2	10	0.20	0.20		0.05714			0.2216						0.03	2.71	98.20	EXCELENTE	77.50	REGULAR			
RChil6	1	4	0.25	0.25			16	4.00	80.00	53.52	MALO	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	53.52	MALO			
RChil7	1	4	0.25	0.25			16	4.00	80.00	53.52	MALO	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	53.52	MALO			
QAñas1	1	4	0.25	0.25			0.4	0.10	9.09	94.46	BUENO	1	10	0.10	0.10		0.07262									0.01	0.72	99.47	EXCELENTE	94.46	BUENO			
RChil8	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			
RVito2	1	4	0.25	0.25			0.3	0.08	6.98	95.68	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20	0.23	0.04048									0.03	2.63	98.25	EXCELENTE	95.68	EXCELENTE			
RQuil1	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.288									0.03	2.80	98.27	EXCELENTE	98.27	EXCELENTE			
CAHuQu	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.01786									0.00	0.18	99.78	EXCELENTE	99.78	EXCELENTE			

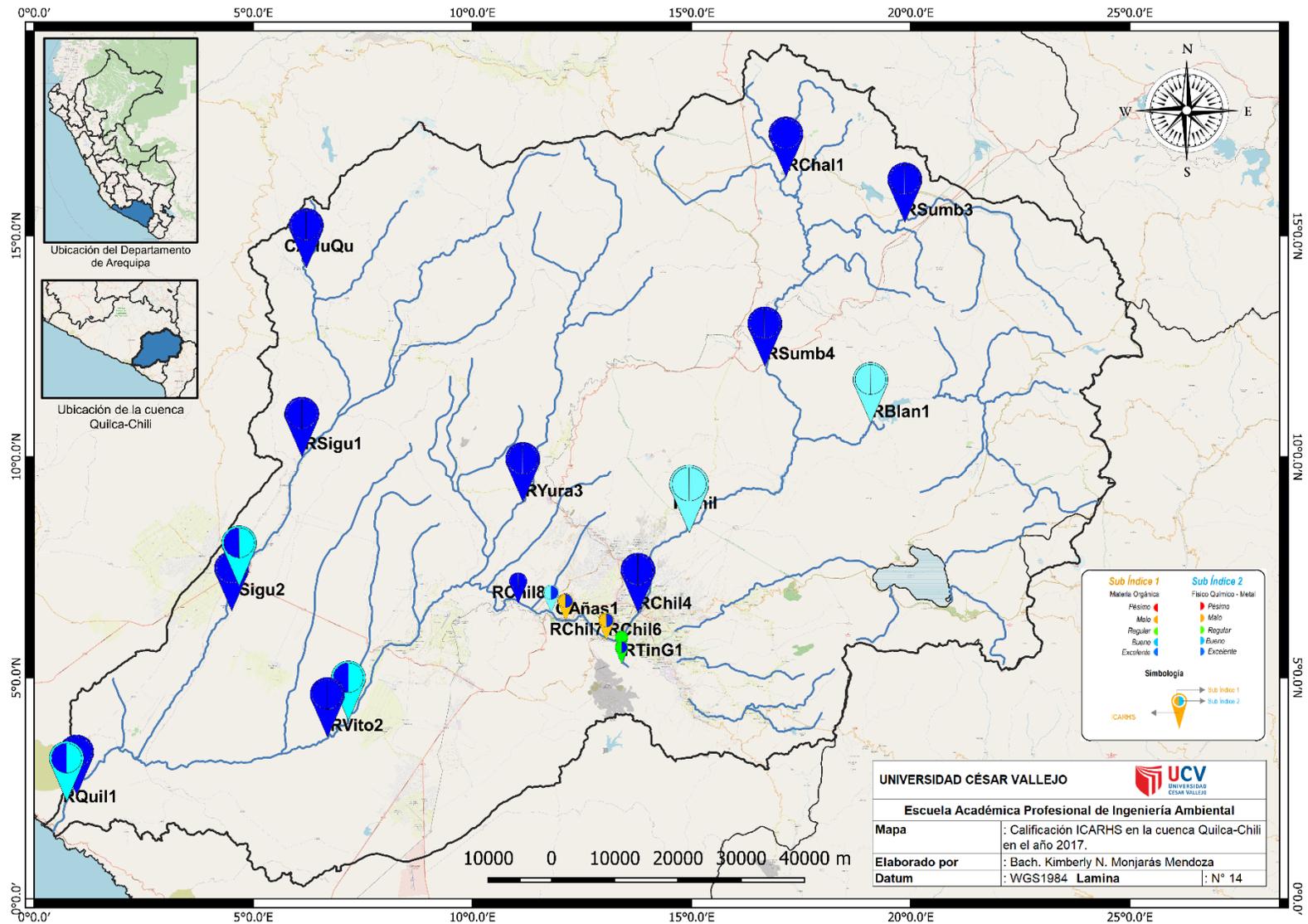


Figura 54 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2017.

**Tabla 33 Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2018.**

Categoría 1 - Subcategoría A2																																		
Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica														CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal										ICARHS (S1,S2)									
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto	DBO	DQO	Fosforo Total	Nitrogeno Amoniacal	Colorimetrico 100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S1		N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica	Potencial de Reduccion de pH	Arsenico	Aluminio	Boro	Calcio			Hierro	Manganeso	Plomo Total	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S2		
													Valor	Calificación																		Valor	Calificación	
RYura3	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00											0.000	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE
RLihu2	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00											0.000	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE
RLaM1	1	6	0.17	0.17				5.57333			0.93	48.16	72.00	REGULAR	2	9	0.22	0.22				2.14			16.5			2.071	67.44	60.81	MALO	60.81	MALO	
RLaM2	1	6	0.17	0.17				17.4667			2.91	74.43	56.83	MALO	3	9	0.33	0.33	1.8625			2.38			14.4			2.071	67.44	60.68	MALO	56.83	MALO	
QCeme1	1	6	0.17	0.17						0.8	0.13	11.76	93.01	BUENO	4	9	0.44	0.44	148.375			7.2	1.42917		49.8			22.978	95.83	44.16	PESIMO	44.16	PESIMO	
QLucm1	1	6	0.17	0.17							1.17	53.85	68.72	REGULAR	0	9	0.00	0.00									0.000	0.00	100.00	EXCELENTE	68.72	REGULAR		
RSigu1	1	6	0.17	0.17				1.52667			0.25	20.28	88.10	BUENO	3	9	0.33	0.33			0.604	0.008			4.92			0.615	38.07	77.64	REGULAR	77.64	BUENO	
RSigu2	1	6	0.17	0.17				0.22667			0.04	3.64	97.71	EXCELENTE	2	9	0.22	0.22	0.46875						1.78			0.250	19.99	88.20	BUENO	88.20	BUENO	
CAHuQu	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	9	0.11	0.11			0.368							0.041	3.93	97.60	EXCELENTE	97.60	EXCELENTE	

Categoría 3 - Subcategoría D-1																																	
Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica														CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal										ICARHS (S1,S2)								
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto	DBO	DQO	Colorimetrico 100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S1		N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica	Potencial de Reduccion de pH	Arsenico	Aluminio	Boro	Calcio	Cobre	Hierro			Manganeso	Plomo Total	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S2		
											Valor	Calificación																			Valor	Calificación	
RChil4	1	4	0.25	0.25				1.7	0.43	29.82	82.49	BUENO	0	10	0.00	0.00												0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	82.49	BUENO
RTinG1	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	3	10	0.30	0.30	0.208	0.10588				4.97						0.53	34.57	79.69	REGULAR	79.69	REGULAR
RChil6	1	4	0.25	0.25				4.5	1.13	52.94	69.14	REGULAR	0	10	0.00	0.00												0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	69.14	REGULAR
RChil7	1	4	0.25	0.25				1.7	0.43	29.82	82.49	BUENO	0	10	0.00	0.00												0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	82.49	BUENO
QAfas1	1	4	0.25	0.25				79	19.75	95.18	44.76	PESIMO	1	10	0.10	0.10	0.09412										0.01	0.93	99.35	EXCELENTE	44.76	PESIMO	
RChil8	1	4	0.25	0.25				3.6	0.90	47.37	72.36	REGULAR	1	10	0.10	0.10	0.01176										0.00	0.12	99.82	EXCELENTE	72.36	REGULAR	
RVito2	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	3	10	0.30	0.30	0.212	0.10706				1.04						0.14	11.96	92.75	BUENO	92.75	BUENO
RQuil1	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20	0.392				1.29							0.17	14.40	91.46	BUENO	91.46	BUENO

Categoría 3 - Subcategoría D-2

Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica											ICARHS - S1	
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	Clorofila Fenoclorofilas NMP/100 ml	Sumatoria de los Escadentes	F3	Valor	Calificación	
												Calificación	
RChi4	1	4	0.25	0.25			4.4	1.10	52.38	69.47	REGULAR		
RTinG1	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		
RChi6	1	4	0.25	0.25			10	2.50	71.43	58.47	MALO		
RChi7	1	4	0.25	0.25			4.4	1.10	52.38	69.47	REGULAR		
QAñas1	1	4	0.25	0.25			159	39.75	97.55	43.39	PESIMO		
RChi8	1	4	0.25	0.25			8.2	2.05	67.21	60.90	MALO		
RVito2	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		
RQui1	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		

Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Físico - Químico Metal															ICARHS - S2		
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Arsénico mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Calcio mg/l	Cobre mg/l	Hierro mg/l	Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Escadentes	F3	Valor	Calificación
																		Calificación
	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
	2	10	0.20	0.20		0.11905		0.194						0.03	3.04	98.02	EXCELENTE	
	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
	1	10	0.10	0.10		0.10714								0.01	1.06	99.27	EXCELENTE	
	1	10	0.10	0.10		0.02381								0.00	0.24	99.75	EXCELENTE	
	1	10	0.10	0.10		0.12024								0.01	1.19	99.20	EXCELENTE	
	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	

ICARHS (S1,S2)	
Valor	Calificación
69.47	REGULAR
98.02	EXCELENTE
58.47	MALO
69.47	REGULAR
43.39	PESIMO
60.90	MALO
99.20	EXCELENTE
100.00	EXCELENTE

Categoría 4 - Subcategoría E2

Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica											ICARHS - S1	
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	Fosforo Total mg/l	Nitrosos mg/l	Clorofila Fenoclorofilas NMP/100 ml	Sumatoria de los Escadentes	F3	Valor	Calificación
												Calificación	
RCha1	0	5	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
RSum3	0	5	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
RSum4	0	5	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
RBlan1	0	5	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	
Rchl	0	5	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	

Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Físico - Químico Metal															ICARHS - S2	
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Arsénico mg/l	Cobre mg/l	Mercurio mg/l	Plomo Total mg/l	Zinc mg/l	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Sumatoria de los Escadentes	F3	Valor	Calificación	
																Calificación	
	0	8	0.00	0.00								0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		
	0	8	0.00	0.00								0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		
	0	8	0.00	0.00								0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		
	0	8	0.00	0.00				0.1				0.01	0.99	99.28	EXCELENTE		
	1	8	0.13	0.13								0.01	0.99	99.28	EXCELENTE		
	0	8	0.00	0.00								0.00	0.00	100.00	EXCELENTE		

ICARHS (S1,S2)	
Valor	Calificación
100.00	EXCELENTE
99.28	EXCELENTE
100.00	EXCELENTE

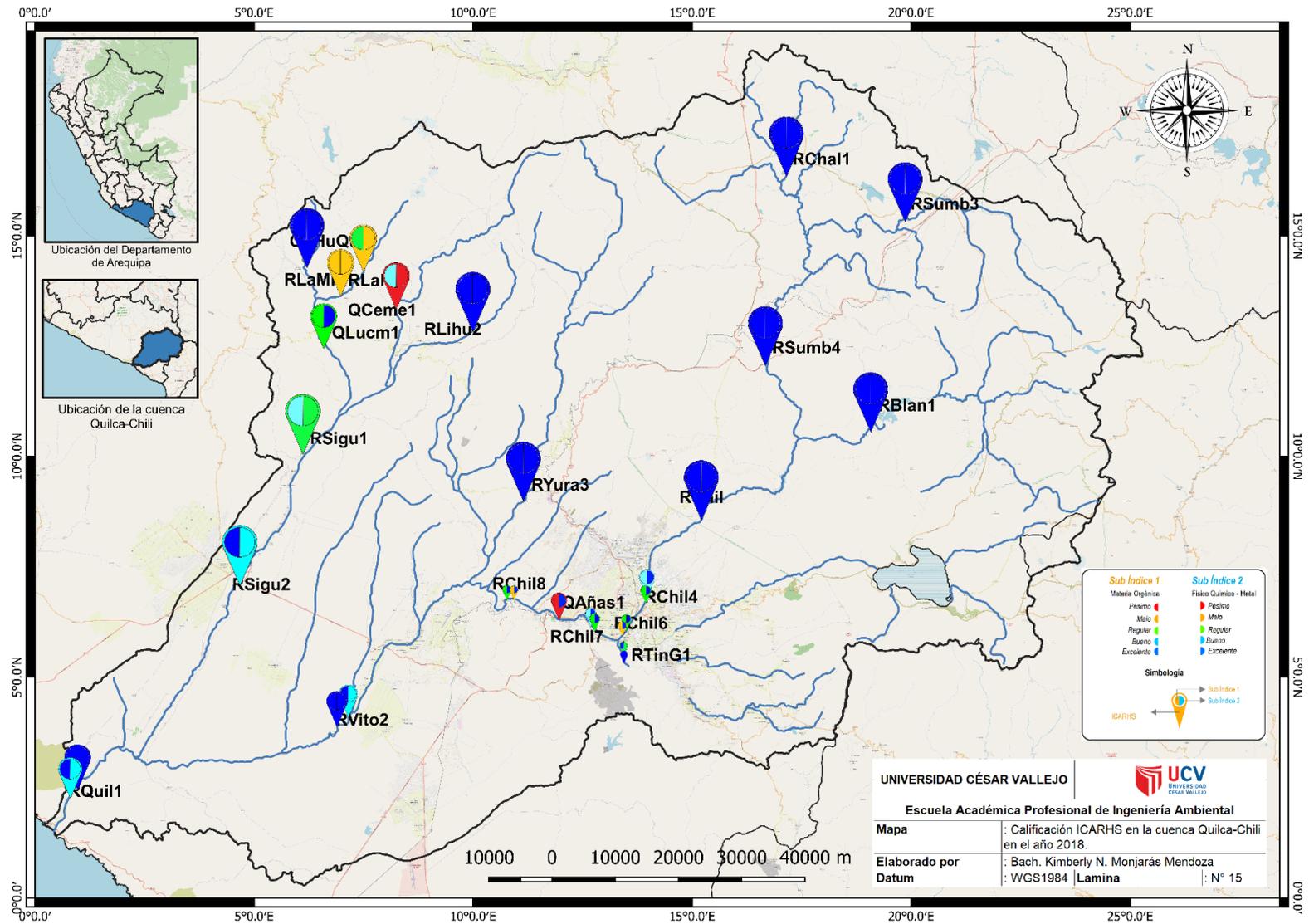


Figura 55 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2018.

**Tabla 34 Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2019.**

Categoría 1 - Subcategoría A2																																				
Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal										ICARHS (S1,S2)												
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto	DBO	DQO	Fosforo Total	Nitrogeno Amoniacal	Colorimetrico Turbidimetrico	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica	Potencial de Hidrogeno	Aselenio	Aluminio	Boro			Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RYura3	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RLIhu2	1	6	0.17	0.17				0.96			0.16	13.79	91.84	BUENO	1	9	0.11	0.11							0.964			0.107	9.67	94.29	BUENO	91.84	BUENO			
RLaMi1	1	6	0.17	0.17				2.88			0.48	32.43	81.08	BUENO	2	9	0.22	0.22			0.2262				4.176		0.489	32.85	80.78	BUENO	80.78	BUENO				
RLaMi2	1	6	0.17	0.17				5.44667			0.91	47.58	72.33	REGULAR	3	9	0.33	0.33	0.69375		0.5746				5.228		0.722	41.92	75.41	REGULAR	72.33	REGULAR				
QCeme1	1	6	0.17	0.17				1.9			0.32	24.05	85.92	BUENO	4	9	0.44	0.44	16.9375		1.166				2.943	0.3085	2.373	70.35	58.87	MALO	58.87	MALO				
QLucm1	3	6	0.50	0.50	0.01626			2.18		2.5	0.78	43.91	74.07	REGULAR	0	9	0.00	0.00								0.000	0.00	100.00	EXCELENTE	74.07	REGULAR					
RSigu1	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	9	0.11	0.11			1.043						0.116	10.39	93.88	BUENO	93.88	BUENO				
RSigu2	1	6	0.17	0.17				0.19333			0.03	3.12	98.01	EXCELENTE	2	9	0.22	0.22	1.41875						0.424		0.205	17.00	89.93	BUENO	89.93	BUENO				
CAHuQu	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	9	0.11	0.11			1.339						0.149	12.95	92.39	BUENO	92.39	BUENO				

Categoría 3 - Subcategoría D-1																																				
Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal										ICARHS (S1,S2)												
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto	DBO	DQO	Fosforo Total	Nitrogeno Amoniacal	Colorimetrico Turbidimetrico	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica	Potencial de Hidrogeno	Aselenio	Aluminio	Boro			Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo Total	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RChi4	2	4	0.50	0.50			0.25	109	27.31		96.47	43.73	PESIMO	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	43.73	PESIMO			
RTInG1	1	4	0.25	0.25				0.1	0.03	2.44	98.30	EXCELENTE	3	10	0.30	0.30	0.236					4.4				0.1241		0.48	32.25	81.03	BUENO	81.03	BUENO			
RChi6	1	4	0.25	0.25				1.8	0.45	31.03	81.79	BUENO	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	81.79	BUENO				
RChi7	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE				
QAñas1	1	4	0.25	0.25				6	1.50	60.00	65.07	REGULAR	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	65.07	REGULAR				
RChi8	1	4	0.25	0.25				3.6	0.90	47.37	72.36	REGULAR	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	72.36	REGULAR				
RVito2	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	3	10	0.30	0.30	1.076	0.01176			3.059					0.41	29.31	82.73	BUENO	82.73	BUENO				
RQui1	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20	1.448				2.356					0.38	27.56	83.86	BUENO	83.86	BUENO				

Categoría 3 - Subcategoría D-2

Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica											CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal											ICARHS (S1,S2)											
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DOO mg/l	Cloruros, Termocloruros NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Azufuro mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Cadmio mg/l			Cobre mg/l	Hierro mg/l	Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RChi4	2	4	0.50	0.50			0.25	219	54.81	98.21	42.72	PÉSIMO	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	42.72	PÉSIMO		
RTinG1	1	4	0.25	0.25			0.1	0.03	2.44	98.30	98.30	EXCELENTE	3	10	0.30	0.30		0.0119				0.08				0.1241	0.02	2.11	98.43	EXCELENTE	98.30	EXCELENTE		
RChi6	1	4	0.25	0.25			1.8	0.45	31.03	81.79	81.79	BUENO	1	10	0.10	0.10		0.0119								0.00	0.12	99.82	EXCELENTE	81.79	BUENO			
RChi7	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			
QAñas1	1	4	0.25	0.25			6	1.50	60.00	65.07	65.07	REGULAR	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	65.07	REGULAR			
RChi8	1	4	0.25	0.25			3.6	0.90	47.37	72.36	72.36	REGULAR	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	72.36	REGULAR			
RVito2	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00		0.038	0.02381							0.01	0.61	99.41	EXCELENTE	99.41	EXCELENTE			
RQui1	0	4	0.00	0.00				0.00	0.00	100.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.224								0.02	2.19	98.62	EXCELENTE	98.62	EXCELENTE			

Categoría 4 - Subcategoría E2

Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica											CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal											ICARHS (S1,S2)										
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	Fosforo Total mg/l	Nitrosos mg/l	Cloruros, Termocloruros NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Azufuro mg/l	Cobre mg/l	Mercurio mg/l			Plomo Total mg/l	Zinc mg/l	Sólidos Suspendedos Totales mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RCha1	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RSub3	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	8	0.13	0.13		0.01111							0.00	0.11	99.79	EXCELENTE	99.79	EXCELENTE		
RSub4	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RBlan1	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
Rchl	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		

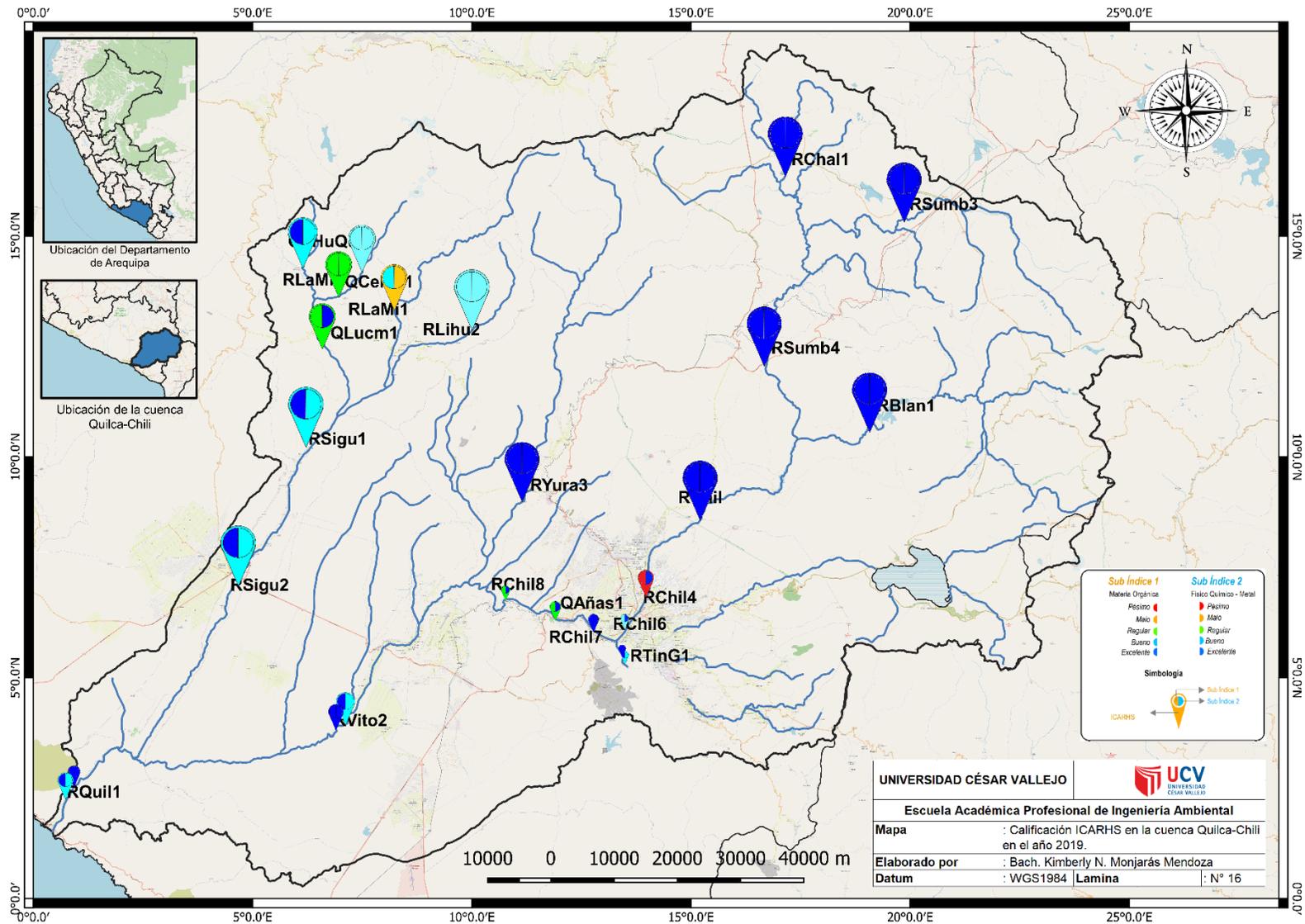


Figura 56 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2019.

**Tabla 35** Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2020.

Categoría 1 - Subcategoría A2													
Categoría 3 - Subcategoría D-1													
Categoría 1 - Subcategoría A2													
Categoría 3 - Subcategoría D-1													

Categoría 1 - Subcategoría A2													
Categoría 3 - Subcategoría D-1													
Categoría 1 - Subcategoría A2													
Categoría 3 - Subcategoría D-1													

Categoría 1 - Subcategoría A2													
Categoría 3 - Subcategoría D-1													
Categoría 1 - Subcategoría A2													
Categoría 3 - Subcategoría D-1													

Categoría 3 - Subcategoría D-2

CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal													ICARHS (S1,S2)								
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con la ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S1		N° de parametros que NO cumplen con la ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno pH	Analisis mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Cadmio mg/l	Cobre mg/l	Hierro mg/l	Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S2		Valor	Calificación	Valor	Calificación
											Valor	Calificación																	Valor	Calificación				
RChi4	2	4	0.50	0.50				0.025	45	11.26	91.84	46.40	MALO	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	46.40	MALO		
RTinG1	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20		0.07536			0.607					0.07	6.39	96.08	EXCELENTE	96.08	EXCELENTE			
RChi6	1	4	0.25	0.25					10	2.50	71.43	58.47	MALO	1	10	0.10	0.10		9.09643							0.91	47.63	72.38	REGULAR	58.47	MALO			
RChi7	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			
QAñas1	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE			
RChi8	1	4	0.25	0.25				2.3	0.58	36.51	78.63	REGULAR	0	10	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	78.63	REGULAR			
RVIt2	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20	0.34			0.2386					0.06	5.47	96.61	EXCELENTE	96.61	EXCELENTE			
RQui1	0	4	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20	0.202	0.04762							0.02	2.44	98.36	EXCELENTE	98.36	EXCELENTE			

Categoría 4 - Subcategoría E2

CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal													ICARHS (S1,S2)							
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con la ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	Fosforo Total mg/l	Nitatos mg/l	Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S1		N° de parametros que NO cumplen con la ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno pH	Analisis mg/l	Cobre mg/l	Mercurio mg/l	Plomo Total mg/l	Zinc mg/l	Sulfatos Sulfonatos Totales mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	ICARHS - S2		Valor	Calificación	Valor	Calificación
												Valor	Calificación															Valor	Calificación				
RSub3	1	5	0.20	0.20			1.42			0.36	26.20	84.64	BUENO	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	84.64	BUENO		
RSub4	1	5	0.20	0.20			1.18			0.30	22.78	86.62	BUENO	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	86.62	BUENO		
RBlan1	1	5	0.20	0.20			1.52			0.38	27.54	83.87	BUENO	0	8	0.00	0.00									0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	83.87	BUENO		

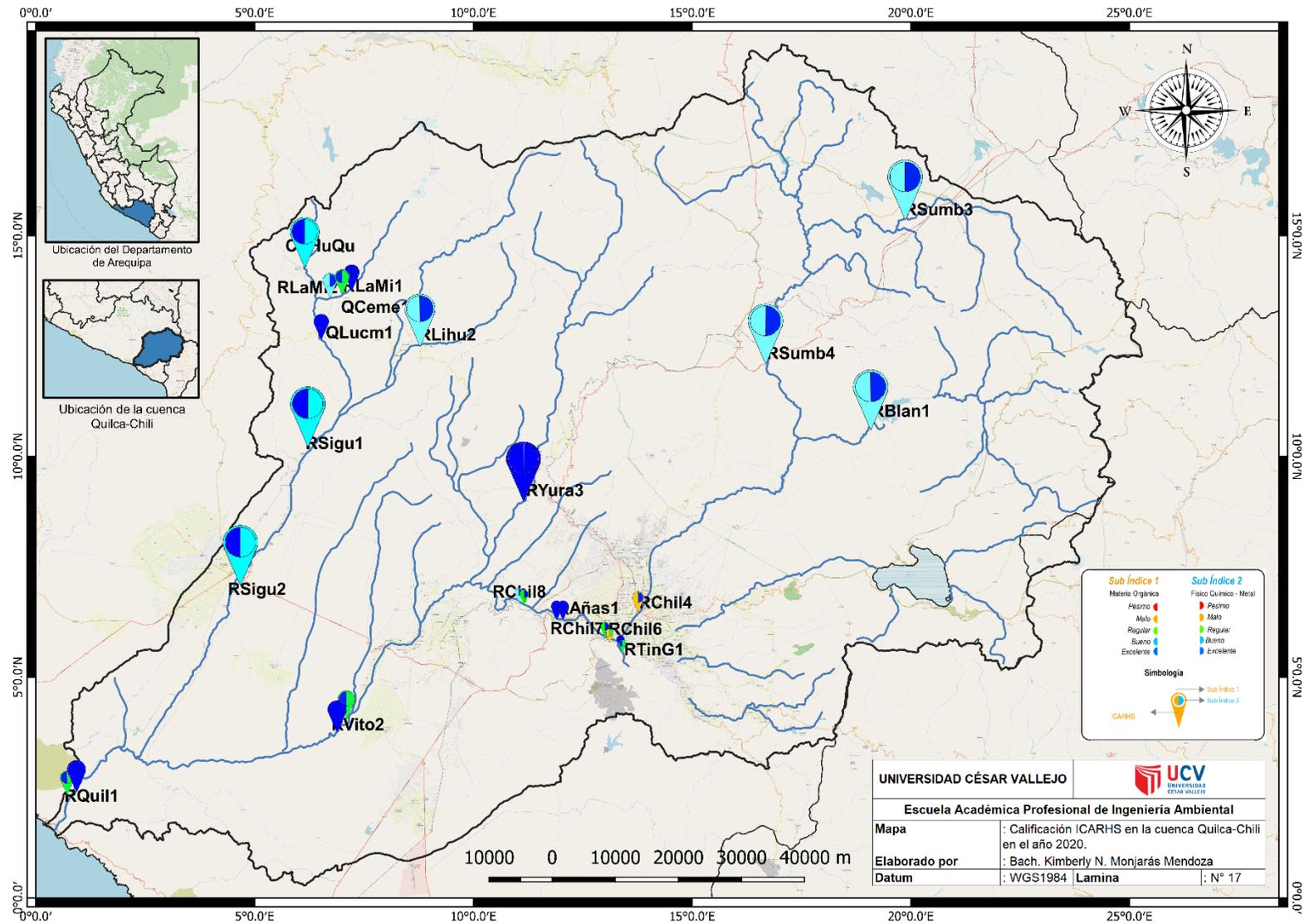


Figura 57 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2020.

**Tabla 36** Cálculo del ICARHS de la Campaña de Monitoreo del Año 2021.

Categoría 1 - Subcategoría A2																																				
Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal										ICARHS (S1,S2)												
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Fosforo Total (mg/l)	Nitrogeno Amoniacal (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica (µS/cm)	Potencial de hidrogeno (pH)	Aselenico (mg/l)	Aluminio (mg/l)	Boro (mg/l)			Cadmio (mg/l)	Cobalto (mg/l)	Hierro (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Plomo Total (mg/l)	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RYura3	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RLIhu2	0	6	0.00	0.00							0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	9	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE		
RLaMi1	1	6	0.17	0.17				5.73333			0.96	48.86	71.60	REGULAR	2	9	0.22	0.22			0.9956					7.391		0.932	48.24	71.89	REGULAR	71.60	REGULAR			
RLaMi2	1	6	0.17	0.17				8.20667		1.37	57.77	66.46	REGULAR	3	9	0.33	0.33	0.85		0.9862						7.795		1.070	51.69	69.77	REGULAR	66.46	REGULAR			
QCeme1	2	6	0.33	0.33			3.25	0.86		0.69	40.65	76.14	REGULAR	3	9	0.33	0.33	1.13125		0.147					1.684		0.329	24.76	85.32	BUENO	76.14	REGULAR				
QLucm1	2	6	0.33	0.33				1.05333		84	14.18	93.41	45.68	MALO	0	9	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	45.68	MALO			
RSigu1	1	6	0.17	0.17				0.02667		0.00	0.44	99.55	EXCELENTE	2	9	0.22	0.22			0.53						0.095		0.069	6.49	95.99	EXCELENTE	95.99	EXCELENTE			
RSigu2	1	6	0.17	0.17				0.47333		0.08	7.31	95.59	EXCELENTE	3	9	0.33	0.33	0.03438		0.06						0.606		0.078	7.22	95.45	EXCELENTE	95.45	EXCELENTE			
CAHuGu	0	6	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	9	0.11	0.11			0.74								0.082	7.60	95.49	EXCELENTE	95.49	EXCELENTE			

Categoría 3 - Subcategoría D-1																																				
Puntos de Monitoreo	CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica													CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Fisico - Quimico Metal										ICARHS (S1,S2)												
	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Fosforo Total (mg/l)	Nitrogeno Amoniacal (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Electrica (µS/cm)	Potencial de hidrogeno (pH)	Aselenico (mg/l)	Aluminio (mg/l)	Boro (mg/l)			Cadmio (mg/l)	Cobalto (mg/l)	Hierro (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Plomo Total (mg/l)	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RChi4	1	4	0.25	0.25					84	21.00	95.45	44.60	PESIMO	0	10	0.00	0.00												0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	44.60	PESIMO		
RTinG1	1	4	0.25	0.25				1.7	0.43	29.82	82.49	BUENO	2	10	0.20	0.20	0.216										2.456		0.27	21.09	87.59	BUENO	82.49	BUENO		
RChi6	1	4	0.25	0.25				10	2.50	71.43	58.47	MALO	1	10	0.10	0.10			0.00953									0.00	0.10	99.83	EXCELENTE	58.47	MALO			
RChi7	1	4	0.25	0.25				1.7	0.43	29.82	82.49	BUENO	0	10	0.00	0.00												0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	82.49	BUENO			
QAñas1	1	4	0.25	0.25				13	3.25	76.47	55.56	MALO	0	10	0.00	0.00												0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	55.56	MALO			
RChi8	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE				
RVito2	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	2	10	0.20	0.20	0.54									1.692		0.22	18.25	89.23	BUENO	89.23	BUENO			
RQui1	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	3	10	0.30	0.30	0.156	0.01176								0.778		0.09	8.64	94.66	BUENO	94.66	BUENO			

Categoría 3 - Subcategoría D-2

CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica														CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Físico - Químico Metal														ICARHS (S1,S2)				
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	DOO mg/l	Cloruros, Termocloruros NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Eléctrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Azufuro mg/l	Aluminio mg/l	Boro mg/l	Cadmio mg/l	Cobre mg/l	Hierro mg/l	Manganeso mg/l	Plomo Total mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación
RTinG1	1	4	0.25	0.25				4.4	1.10	52.38	69.47	REGULAR	1	10	0.10	0.10		0.0025									0.00	0.02	99.87	EXCELENTE	69.47	REGULAR
RChi6	1	4	0.25	0.25				21	5.25	84.00	51.21	MALO	1	10	0.10	0.10		0.02155									0.00	0.22	99.76	EXCELENTE	51.21	MALO
RChi7	1	4	0.25	0.25				4.4	1.10	52.38	69.47	REGULAR	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	69.47	REGULAR
QAñas1	1	4	0.25	0.25				13	3.25	76.47	55.56	MALO	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	55.56	MALO
RChi8	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	10	0.00	0.00											0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE
RVito2	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.00571									0.00	0.06	99.85	EXCELENTE	99.85	EXCELENTE
RQui1	0	4	0.00	0.00					0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	10	0.10	0.10		0.02381									0.00	0.24	99.75	EXCELENTE	99.75	EXCELENTE

Categoría 4 - Subcategoría E2

CALCULO DEL ICARHS DEL S1: Materia Organica														CALCULO DEL ICARHS DEL S2: Físico - Químico Metal														ICARHS (S1,S2)				
Puntos de Monitoreo	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Oxigeno Disuelto mg/l	DBO mg/l	Fosforo Total mg/l	Nitrosos mg/l	Cloruros, Termocloruros NMP/100 ml	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	N° de parametros que NO cumplen con el ECA	N° Total de parametros a Evaluar	F1	F2	Conductividad Eléctrica µS/cm	Potencial de Hidrogeno Unidades de pH	Azufuro mg/l	Cobre mg/l	Mercurio mg/l	Plomo Total mg/l	Zinc mg/l	Sólidos Suspendedos Totales mg/l	Sumatoria de los Excedentes	F3	Valor	Calificación	Valor	Calificación	
																																RSub3
RSub4	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	0	8	0.00	0.00										0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	100.00	EXCELENTE
RBlan1	0	5	0.00	0.00						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE	1	8	0.13	0.13	1.15									0.12	10.31	93.90	BUENO	93.90	BUENO

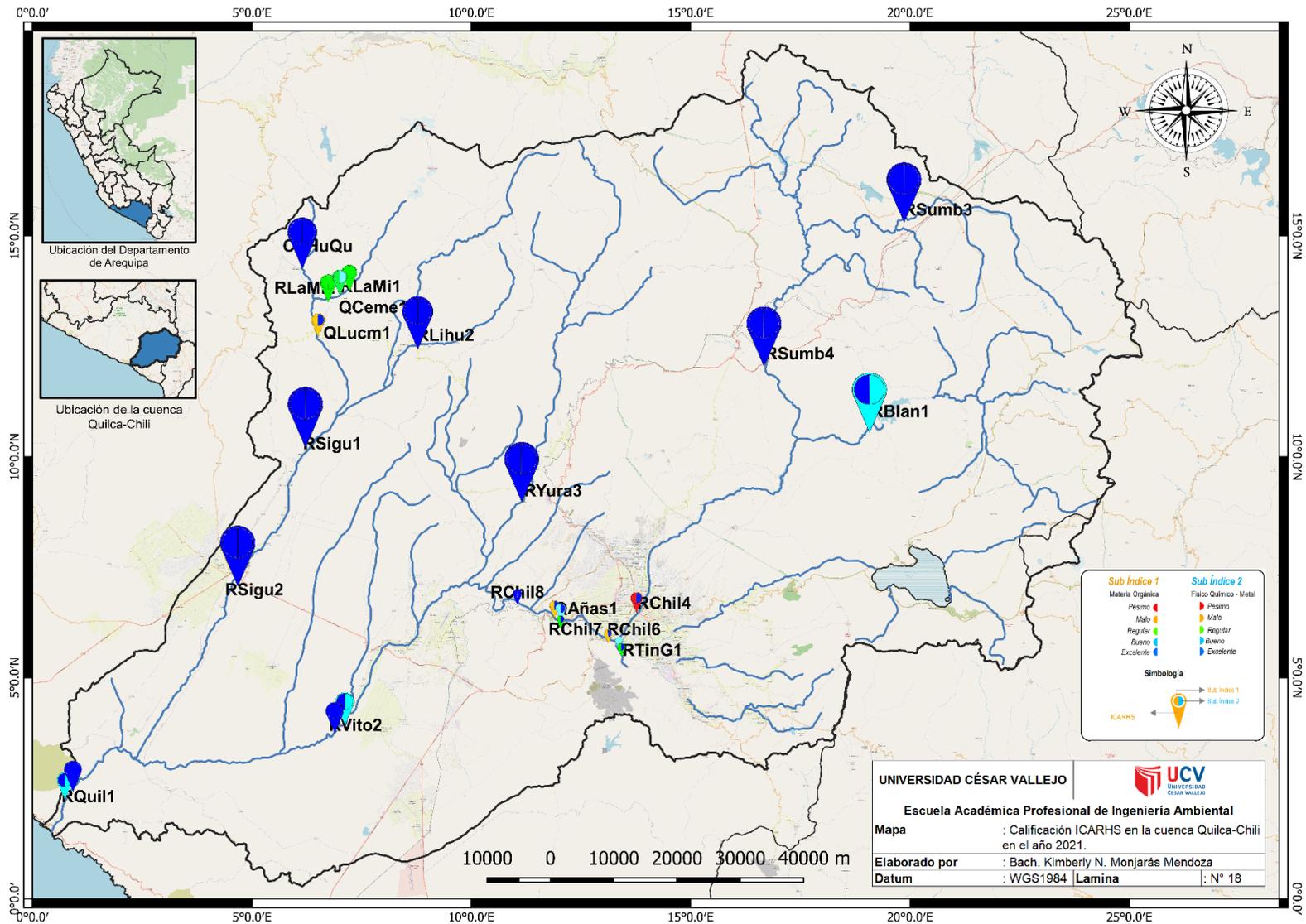


Figura 58 Mapa del Índice de Calidad del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Quilca - Chili en el año 2021.

## Anexo 6: Cálculo del ICARHS en la Cuenca Quilca – Chili en el periodo del 2016-2021.

**Tabla 37** Cálculo del ICARHS en la zona Alta y Media de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021 en el Río Principal.

PUNTOS DE MONITOREO	RCHAL1				RSUMB4						RChil4						RChil6						RChil7																																																																													
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021																																																																		
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	0				1						2						2						1																																																																													
N° Total de parametros a Evaluar	7				7						4						4						4																																																																													
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	0				1						7						7						4																																																																													
N° Total de Datos a Evaluar	22				32						24						24						24																																																																													
F1	0.0000				0.1429						0.5000						0.5000						0.2500																																																																													
F2	0.0000				0.0313						0.2917						0.2917						0.1667																																																																													
Oxigeno Disuelto	mg/l																																																																																																			
DBO	mg/l																																																																																																			
DQO	mg/l										0.25						0.025						0.1																																																																													
Fosforo Total	mg/l				1.18																																																																																															
Amoniaco - N	mg/l																																																																																																			
Nitratos	mg/l																																																																																																			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml										329						4.4						219999						45						169						48						16						10						1.8						0.1						21						22						16						4.4						4.4					
Sumatoria de los Excedentes	0.0000				0.0369						9189.4448						4.0417						1.9500																																																																													
F3	0.0000				3.5564						99.9891						80.1653						66.1017																																																																													
ICARHS (S1)	100.00				97.85						41.81						53.26						61.59																																																																													
	EXCELENTE				EXCELENTE						PÉSIMO						MALO						MALO																																																																													
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	1				0						2						2						0																																																																													
N° Total de parametros a Evaluar	13				13						10						10						10																																																																													
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	1				0						2						4						0																																																																													
N° Total de Datos a Evaluar	33				49						60						60						60																																																																													
F1	0.0769				0.0000						0.2000						0.2000						0.0000																																																																													
F2	0.0303				0.0000						0.0333						0.0667						0.0000																																																																													
Conductividad Electrica	µS/cm																																																																																																			
Potencial de Hidrogeno	Unidades de pH				0.077778						0.03176471						0.01190476						0.00964286						0.00952941																																																																							
Arsénico	mg/l																																																																																																			
Aluminio	mg/l																																																																																																			
Manganeso	mg/l										0.24						0.02																																																																																			
Hierro	mg/l																																																																																																			
Boro	mg/l																																																																																																			
Cadmio	mg/l																																																																																																			
Cobre	mg/l																																																																																																			
Mercurio	mg/l																																																																																																			
Piomo Total	mg/l																																																																																																			
Zinc	mg/l																																																																																																			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l																																																																																																			
Sumatoria de los Excedentes	0.0024				0.0000						0.0045						0.0009						0.0000																																																																													
F3	0.2351				0.0000						0.4509						0.0851						0.0000																																																																													
ICARHS (S2)	99.80				100.00						99.60						99.80						100.00																																																																													
	EXCELENTE				EXCELENTE						EXCELENTE						EXCELENTE						EXCELENTE																																																																													
ICARHS (S1,S2)	99.80				97.85						41.81						53.26						61.59																																																																													
	EXCELENTE				EXCELENTE						PÉSIMO						MALO						MALO																																																																													

**Tabla 38** Cálculo del ICARHS en la zona Media y Baja de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021 en el Río Principal.

PUNTOS DE MONITOREO	RCHAL8						RCHIL				RVito2						RQui1					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1 MP	2 MP	3 MP	4 MP	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	1						0				1						0					
N° Total de parametros a Evaluar	4						7				4						4					
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	4						0				1						0					
N° Total de Datos a Evaluar	24						22				24						24					
F1	0.2500						0.0000				0.2500						0.0000					
F2	0.1667						0.0000				0.0417						0.0000					
Oxigeno Disuelto	mg/l																					
DBO	mg/l																					
DQO	mg/l																					
Fosforo Total	mg/l																					
Amoniaco - N	mg/l																					
Nitratos	mg/l																					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	3.9		8.2	3.6	2.3						0.3										
Sumatoria de los Excedentes	0.7500						0.0000				0.0125						0.0000					
F3	42.8571						0.0000				1.2346						0.0000					
ICARHS (S1)	75.02						100.00				99.12						100.00					
	REGULAR						EXCELENTE				EXCELENTE						EXCELENTE					
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	1						1				3						3					
N° Total de parametros a Evaluar	10						13				10						10					
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	1						1				16						14					
N° Total de Datos a Evaluar	60						32				60						5110					
F1	0.1000						0.0769				0.3000						0.3000					
F2	0.0167						0.0313				0.2667						0.0027					
Conductividad Electrica	µS/cm										1.112	1.46	0.212	1.076	1.68	0.54	1.044	1.576	0.392	-0.7552	1.404	0.156
Potencial de Hidrogeno	Unidades de pH			0.011765								0.04047619	0.1202381	0.02380952		0.00571429					0.04761905	0.02380952
Arsénico	mg/l						1.175															
Aluminio	mg/l																					
Manganeso	mg/l																					
Hierro	mg/l																					
Boro	mg/l										1.869	3.272	1.04	3.059	5.193	1.692	1.614	3.323	1.29	2.356	3.727	-0.83836364
Cadmio	mg/l																					
Cobre	mg/l																					
Mercurio	mg/l																					
Plomo Total	mg/l																					
Zinc	mg/l																					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l																					
Sumatoria de los Excedentes	0.0002						0.0367				0.3733						0.0030					
F3	0.0196						3.5418				27.1803						0.2997					
ICARHS (S2)	99.92						97.89				83.98						99.65					
	EXCELENTE						EXCELENTE				BUENO						EXCELENTE					
ICARHS (S1,S2)	75.02						97.89				83.98						99.65					
	REGULAR						EXCELENTE				BUENO						EXCELENTE					

**Tabla 39** Cálculo del ICARHS en los ríos Tributarios de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021.

PUNTOS DE MONITOREO	RSUMB3						RBLAN1						RYura3						RAñas1						RTInG1											
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021						
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	1						1						1						1						1											
N° Total de parametros a Evaluar	7						7						6						4						4											
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	1						1						1						5						4											
N° Total de Datos a Evaluar	32						32						32						24						24											
F1	0.1429						0.1429						0.1667						0.2500						0.2500											
F2	0.0313						0.0313						0.0313						0.2083						0.1667											
Oxigeno Disuelto	mg/l																																			
DBO	mg/l																																			
DQO	mg/l																																			
Fosforo Total	mg/l				1.42						1.52						0.28																			
Amoniaco - N	mg/l																																			
Nitratos	mg/l																																			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml																		139	0.4	159	6		27	1.3	2.5			0.1	4.4						
Sumatoria de los Excedentes	0.0444						0.0475						0.0088						13.8083						0.3458											
F3	4.2490						4.5346						0.8674						93.2470						25.6966											
ICARHS (S1)	97.45						97.28						99.38						45.90						84.92											
	EXCELENTE						EXCELENTE						EXCELENTE						MALO						BUENO											
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	1						5						1						1						4											
N° Total de parametros a Evaluar	13						13						10						10						10											
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	2						7						2						2						19											
N° Total de Datos a Evaluar	49						49						56						60						60											
F1	0.0769						0.3846						0.1000						0.1000						0.4000											
F2	0.0408						0.1429						0.0357						0.0333						0.3167											
Conductividad Electrica	µS/cm						0.99375					1.15													0.204	0.232	0.208	0.236	1.92	0.216						
Potencial de Hidrogeno	Unidades de pH	0.0266667		0.01111111									0.00588235				0.01		0.07261905	0.10714286					0.04285714	0.04761905	0.11904762	0.01190476	0.07535714	0.0025						
Arsénico	mg/l						4.6	3.645																												
Aluminio	mg/l																																			
Manganeso	mg/l																											0.1241								
Hierro	mg/l						0.014																													
Boro	mg/l						0.07333333																		3.472	5.108	4.97	4.4	7.035	2.456						
Cadmio	mg/l																																			
Cobre	mg/l																																			
Mercurio	mg/l									0.1																										
Plomo Total	mg/l																																			
Zinc	mg/l																																			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l																																			
Sumatoria de los Excedentes	0.0008						0.2158						0.0003						0.0030						0.5147											
F3	0.0770						17.7522						0.0284						0.2987						33.9792											
ICARHS (S2)	99.89						89.45						99.89						99.91						99.75						79.97					
	EXCELENTE						BUENO						EXCELENTE						EXCELENTE						REGULAR											
ICARHS (S1,S2)	97.45						89.45						99.38						45.90						79.97											
	EXCELENTE						BUENO						EXCELENTE						MALO						REGULAR											

**Tabla 40** Cálculo del ICARHS de los ríos tributarios de la Unidad Hidrográfica Sigwas de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021.

PUNTOS DE MONITOREO	CAHuQu						RSigu1						RSigu2						RLihu2				RLaM1			
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	0						1						1						2				1			
N° Total de parametros a Evaluar	6						6						6						6				6			
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	0						3						4						3				4			
N° Total de Datos a Evaluar	32						32						30						24				24			
<b>F1</b>	0.0000						0.1667						0.1667						0.3333				0.1667			
<b>F2</b>	0.0000						0.0938						0.1333						0.1250				0.1667			
Oxigeno Disuelto mg/l																										
DBO mg/l																					0.2					
DQO mg/l																										
Fosforo Total mg/l							1.5266667			0.4066667	0.0266667				0.2266667	0.1933333	0.1866667	0.4733333	0.96	0.4866667			5.5733333	2.88	0.2066667	5.7333333
Amoniaco - N mg/l																										
Nitratos mg/l																										
Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml																										
<b>Sumatoria de los Excedentes</b>	0.0000						0.0613						0.0360						0.0686				0.5997			
<b>F3</b>	0.0000						5.7715						3.4749						6.4206				37.4891			
<b>ICARHS (S1)</b>	100.00						96.52						97.82						96.03				78.16			
	EXCELENTE						EXCELENTE						EXCELENTE						EXCELENTE				REGULAR			
N° de parametros que NO cumplen con el ECA	2						5						4						1				2			
N° Total de parametros a Evaluar	10						10						10						9				9			
N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA	5						10						12						1				6			
N° Total de Datos a Evaluar	56						56						56						36				36			
<b>F1</b>	0.2000						0.5000						0.4000						0.1111				0.2222			
<b>F2</b>	0.0893						0.1786						0.2143						0.0278				0.1667			
Conductividad Electrica µS/cm							7.28						96.2	0.964	0.46875	1.41875	1.74375	0.034375								
Potencial de Hidrogeno Unidades de pH			0.00588235				0.01071429																			
Arsénico mg/l			0.368	1.339	2.16	0.74			0.604	1.043	1.77	0.53						0.06								
Aluminio mg/l									0.008														2.14	0.2262		0.9956
Manganeso mg/l																										
Hierro mg/l									4.92		0.383	0.095			1.78	0.424	0.619	0.606	0.964				16.5	4.176		7.391
Boro mg/l															0.963											
Cadmio mg/l																										
Cobre mg/l																										
Mercurio mg/l																										
Plomo Total mg/l																										
Zinc mg/l																										
Sólidos Suspendidos Totales mg/l																										
<b>Sumatoria de los Excedentes</b>	0.0824						0.2972						1.8800						0.0268				0.8730			
<b>F3</b>	7.6104						22.9114						65.2781						2.6079				46.6104			
<b>ICARHS (S2)</b>	95.44						86.38						61.96						98.41				72.86			
	EXCELENTE						BUENO						MALO						EXCELENTE				REGULAR			
<b>ICARHS (S1,S2)</b>	95.44						86.38						61.96						96.03				72.86			
	EXCELENTE						BUENO						MALO						EXCELENTE				REGULAR			

**Tabla 41** Cálculo del ICARHS de los ríos tributarios de la Unidad Hidrográfica Sigüas de la cuenca Quilca - Chili periodo 2016 – 2021.

PUNTOS DE MONITOREO		RLaMi2				QCeme1				QLucm1			
		2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
<b>N° de parametros que NO cumplen con el ECA</b>		1				2				3			
<b>N° Total de parametros a Evaluar</b>		6				6				6			
<b>N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA</b>		4				5				7			
<b>N° Total de Datos a Evaluar</b>		24				24				24			
<b>F1</b>		0.1667				0.3333				0.5000			
<b>F2</b>		0.1667				0.2083				0.2917			
Oxigeno Disuelto	mg/l										0.01626016		
DBO	mg/l					0.8				3.25			
DQO	mg/l												
Fosforo Total	mg/l	17.4666667	5.44666667	0.89333333	8.20666667		1.9	0.01333333	0.86		2.18	0.20666667	1.05333333
Amoniaco - N	mg/l												
Nitratos	mg/l												
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml									9	3.375		105.25
<b>Sumatoria de los Excedentes</b>		1.3339				0.2843				5.0451			
<b>F3</b>		57.1531				22.1369				83.4575			
<b>ICARHS (S1)</b>		66.81				86.91				51.36			
<b>N° de parametros que NO cumplen con el ECA</b>		<b>REGULAR</b>				<b>BUENO</b>				<b>MALO</b>			
<b>N° Total de parametros a Evaluar</b>		3				5				0			
<b>N° Total de Datos que NO cumplen con el ECA</b>		9				9				9			
<b>N° Total de Datos a Evaluar</b>		11				13				0			
<b>F1</b>		0.3333				0.5556				0.0000			
<b>F2</b>		0.3056				0.3611				0.0000			
Conductividad Electrica	µS/cm	1.8625	0.69375	0.275	0.85	148.375	16.9375	6.99375	1.13125				
Potencial de Hidrogeno	Unidades de pH												
Arsénico	mg/l												
Aluminio	mg/l	2.38	0.5746		0.9862	7.2	1.166		0.147				
Manganeso	mg/l						0.3085						
Hierro	mg/l	14.4	5.228	0.371	7.795	49.8	2.943	0.649	1.684				
Boro	mg/l					1.42916667							
Cadmio	mg/l												
Cobre	mg/l												
Mercurio	mg/l												
Plomo Total	mg/l												
Zinc	mg/l												
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l												
<b>Sumatoria de los Excedentes</b>		0.9838				6.6323				0.0000			
<b>F3</b>		49.5912				86.8979				0.0000			
<b>ICARHS (S2)</b>		71.00				49.30				100.00			
<b>ICARHS (S1,S2)</b>		<b>REGULAR</b>				<b>MALO</b>				<b>EXCELENTE</b>			
<b>ICARHS (S1,S2)</b>		66.81				49.30				51.36			
<b>ICARHS (S1,S2)</b>		<b>REGULAR</b>				<b>MALO</b>				<b>MALO</b>			

### Anexo 7: Datos simulados en el QUAL2K

**QUAL2Kw**  
**Stream Water Quality Model**  
**Cuenca Quilca-Chili (Arequipa, Perú) (3/2)**  
**Hydraulics Summary**

Open File    Run VBA    Run Fortran

Reach Label	Downstream Label	Downstream Distance	Hydraulics Q, m3/s	E', m3/s	H, m	B, m	Ac, m^2	U, mps	trav time, d	Slope	Reaeration ka,20, /d	Reaeration formulas water/wind	Water Drop (m)
Headwater	Headwater	20.05	0.04	-0.05	0.00	45.00	0.18	0.22	0.00	0.460000			0.00
RSumb3	RSumb4	25.76	0.04	1.64	0.00	45.00	0.10	0.40	-0.33	3.460000	190.00	Specified/No wind	0.00
RSumb4	RBlan1	25.27	0.04	-0.16	0.00	45.00	0.19	0.21	0.37	0.150000	190.00	Specified/No wind	0.00
RBlan1	RChil	26.87	0.04	0.25	0.00	45.00	0.10	0.41	-0.08	1.460000	190.00	Specified/No wind	0.00
RChil	RChil4	25.63	0.04	0.02	0.00	45.00	0.05	0.78	0.19	12.720000	190.00	Specified/No wind	0.00
RChil4	RTinG1	10.89	0.41	0.33	0.01	45.00	0.31	1.32	0.29	3.370000	190.00	Specified/No wind	0.00
RTinG1	RChil6	3.86	1.99	-1.42	0.03	45.00	1.28	1.56	0.31	0.700000	190.00	Specified/No wind	0.00
RChil6	QAñas1	5.73	1.99	5.43	0.02	35.00	0.83	2.39	0.28	2.080000	190.00	Specified/No wind	0.00
QAñas1	RChil7	4.55	1.99	7.26	0.10	35.00	3.36	0.59	0.45	0.020000	190.00	Specified/No wind	0.00
RChil7	RChil8	3.35	1.99	-0.81	0.03	35.00	1.02	1.95	0.41	1.060000	190.00	Specified/No wind	0.00
RChil8	RYura3	11.22	1.99	-0.03	0.06	35.00	2.22	0.90	0.29	0.080000	190.00	Specified/No wind	0.00
RYura3	RVito2	313.45	1.99	-19.91	0.04	30.00	1.31	1.52	-4.25	0.240000	190.00	Specified/No wind	0.00
RVito2	CaHuQu	343.18	1.99	-47.84	0.04	30.00	1.22	1.63	-0.45	0.480000	190.00	Specified/No wind	0.00
CaHuQu	RLaMi1	354.31	1.99	14.89	0.08	30.00	2.40	0.83	-8.25	0.050000	190.00	Specified/No wind	0.00
RLaMi1	RLaMli2	317.05	1.99	1.99	0.01	30.00	0.26	7.61	-7.29	80.760000	190.00	Specified/No wind	0.00
RLaMli2	QCeme1	0.67	1.99	0.00	0.13	30.00	3.90	0.51	-7.28	0.010000	109.46	Specified/No wind	0.00
QCeme1	QLucm1	320.16	1.99	-2.03	0.03	30.00	0.78	2.54	-10.20	2.080000	190.00	Specified/No wind	0.00
QLucm1	RLihu2	633.54	1.99	1.58	0.02	30.00	0.72	2.76	-10.15	2.750000	190.00	Specified/No wind	0.00
RLihu2	RSigu1	625.67	1.99	0.01	0.05	30.00	1.54	1.29	-10.12	0.220000	190.00	Specified/No wind	0.00
RSigu1	RSigu2	325.02	1.99	2.04	0.02	30.00	0.57	3.47	-8.13	3.790000	190.00	Specified/No wind	0.00
RSigu2	RQuil1	33.72	1.99	1.63	0.11	30.00	3.41	0.58	-8.43	0.010000	156.17	Specified/No wind	0.00
RQuil1		24.23	1.99	0.99	0.02	30.00	0.71	2.78	-8.29	1.810000	89.92	Specified/No wind	0.00

Figura 59 Simulación de las características Hidráulicas en los tramos de la cuenca Quilca-Chili

**QUAL2Kw**  
**Stream Water Quality Model**  
**Cuenca Quilca-Chili (Arequipa, Perú) (3/22)**  
**Temperature Output**

Open File      Run VBA

Label	x(km)	Average	Minimum	Maximum
Headwater	20.05	13.40	13.40	13.40
RSumb3	25.76	16.22	7.52	29.90
RSumb4	25.27	16.26	7.49	29.93
RBlan1	26.87	16.24	7.42	30.02
RChil	25.63	14.12	8.38	24.37
RChil4	10.89	17.78	13.01	26.69
RTinG1	3.86	19.07	16.62	24.22
RChil6	5.73	18.30	14.50	25.88
QAñas1	4.55	17.86	13.44	25.41
RChil7	3.35	17.67	12.94	25.83
RChil8	11.22	17.56	12.72	25.71
RYura3	313.45	17.46	12.48	26.00
RVit2	343.18	17.44	12.44	26.05
CaHuQu	354.31	17.55	12.82	25.11
RLaMi1	317.05	17.39	12.22	26.77
RLaMli2	0.67	17.39	12.23	26.79
QCeme1	320.16	19.72	12.10	31.52
QLucm1	633.54	19.74	12.07	31.59
RLihu2	625.67	19.75	12.14	31.38
RSigu1	325.02	19.71	11.92	31.87
RSigu2	33.72	19.87	13.30	28.77
RQuil1	24.23	19.81	12.50	30.93
Terminus	7.00	19.81	12.50	30.93

Figura 60 Simulación de la Temperatura en los tramos de la cuenca Quilca-Chili

Reach Label	x(km)	cond (umhos)	ISS (mgD/L)	DO(mgO2/L)	CBODs (mgO2/L)	CBODf (mgO2/L)	No(ugN/L)	NH4(ugN/L)	NO3(ugN/L)	Po (ugP/L)	Inorg P (ugP/L)	Phyto (ugA/L)	Detritus (mgD/L)	Pathogen	Generic constituent	Alk	pH
Headwater	20.05	74.60	8.00	6.26	2.00	2.00	0.00	0.15	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80	90.91	7.94
RSumb3	25.76	74.60	0.68	0.22	1.39	150.35	0.34	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	0.01	0.02	90.67	7.12
RSumb4	25.27	74.60	0.10	0.21	1.14	194.48	0.42	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	90.54	7.20
RBlan1	26.87	74.60	0.03	0.23	1.05	246.52	0.35	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	2.66	0.00	0.00	90.33	6.84
RChil	25.63	74.60	0.02	0.27	0.89	209.87	0.28	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	90.07	6.50
RChil4	10.89	1680.55	0.15	0.32	657.36	1127.11	2.40	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	8437.60	9216.13	98.50	6.95
RTinG1	3.86	1482.07	0.06	1.58	525.14	729.97	8.05	1.29	0.01	0.00	0.00	0.00	1.39	64858.58	74591.20	99.52	7.24
RChil6	5.73	1461.77	0.16	1.21	446.69	765.75	5.74	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	24551.81	31699.28	99.39	7.21
QAñas1	4.55	1421.43	0.31	4.22	250.55	850.09	3.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	6753.55	10792.06	99.14	7.46
RChil7	3.35	1395.40	0.40	1.77	208.84	840.26	2.31	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	2736.52	4598.13	98.97	7.24
RChil8	11.22	1347.85	0.53	3.38	134.28	813.78	1.52	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	826.99	1519.85	98.68	7.38
RYura3	313.45	334.31	0.45	5.62	6.94	50.30	0.83	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	7.02	14.05	92.36	7.66
RVit2	343.18	112.59	0.40	5.74	0.89	5.46	0.82	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56	0.07	0.14	90.98	7.87
CaHuQu	354.31	76.70	1.46	5.03	0.54	4.79	0.69	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	90.83	8.07
RLaMi1	317.05	75.18	0.18	1.22	0.72	25.96	0.82	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	0.00	0.00	90.55	7.38
RLaMi2	0.67	75.17	0.18	2.84	0.72	26.01	0.81	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	90.55	7.53
QCeme1	320.16	74.65	0.11	4.10	0.71	6.95	0.53	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	90.72	7.73
QLucm1	633.54	74.64	0.26	4.03	0.69	6.64	0.52	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.00	90.72	7.70
RLihu2	625.67	74.64	0.30	6.01	0.64	6.15	0.39	0.42	0.07	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	90.73	8.06
RSigu1	325.02	74.60	0.09	7.71	0.08	6.18	0.01	4.70	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.78	8.44
RSigu2	33.72	74.60	0.39	8.49	0.04	5.99	0.00	2.49	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.79	8.45
RQuit1	24.23	74.60	0.49	9.10	0.02	5.64	0.00	3.15	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.80	8.44
Terminus	7.00	74.60	0.49	9.10	0.02	5.64	0.00	3.15	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.80	8.44

Figura 61 Simulación de los tramos de la cuenca Quilca-Chili