

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS  
SUPERFICIALES DEL RÍO LLALLIMAYO Y LA PERCEPCIÓN DE LA  
POBLACIÓN SOBRE CONTAMINACIÓN MINERA, DISTRITO DE LLALLI-2023.**

**PRESENTADA POR:**

**OSCAR PARISACA SAIRITUPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 17.2%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 17 JAN 2024, 11:34 AM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
0.53%

● CHANGED TEXT  
16.67%

## Report #19359255

1 OSCARPARISACA SAIRITUPA ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES DEL RÍO LLALLIMAYO Y LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE CONTAMINACIÓN MINERA, DISTRITO DE LLALLI-2023.

RESUMENEl objetivo general de este estudio es evaluar la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS) y la percepción de la población sobre la contaminación del agua por causa de la minería, Distrito de Llalli -2023, el método aplicado es calcular la calidad ambiental del agua superficial. criterios de recursos aprobados mediante Resolución N° 084-2020-ANA. Los resultados obtenidos son: 4 puntos de monitoreo, es decir 14 parámetros de monitoreo de la calidad del agua superficial del río Llallimayo realizados por la Agencia de Manejo del Agua ANA-Titicaca, encontramos que su calificación ICARHS es muy mala. , van del 40 al 44, según los años (2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023), también hay malas calificaciones ICARHS de 45 y 47 en los años (2011) . y 2015), para la temporada seca y la temporada de inundaciones, respectivamente. Estos valores obtenidos nos permiten inferir que la calidad del agua es de mala a mala. El cuestionario aplicado a la población del distrito de Llalli fue del 100%, el 79% tuvo un nivel

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS  
SUPERFICIALES DEL RÍO LLALLIMAYO Y LA PERCEPCIÓN DE LA  
POBLACIÓN SOBRE CONTAMINACIÓN MINERA, DISTRITO DE LLALLI-2023.**

**PRESENTADA POR:**

**OSCAR PARISACA SAIRITUPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:

  
M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 08 de febrero del 2024.

## DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta aquí y por darme la salud, la fuerza y la sabiduría para alcanzar mis metas y objetivos.

Le tengo amor y cariño a mi padre Santiago Parisaca y a mi madre Nieves Sairitupa por apoyarme y hacer todos los sacrificios que hicieron para permitirme continuar mi carrera profesional.

A mis familiares quienes con sus palabras de aliento no me dejaban de apoyar para que siguiera adelante para poder cumplir mis ideales. A mis compañeros y amigos que compartieron sus conocimientos sin esperar nada a cambio y a las personas que durante este año estuvieron a mi lado apoyándome, logrando que este sueño se haga realidad.

## AGRADECIMIENTOS

La Universidad Privada de San Carlos, y la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental me brindaron una enseñanza y aprendizaje de calidad durante mis estudios profesionales y mis queridísimos docentes por las enseñanzas brindadas, consejos y recomendaciones.

A mi asesor: M.Sc. Julio Wilfredo Cano Ojeda, quisiera agradecerle mucho por su tiempo, conocimiento y orientación en el desarrollo de este estudio.

A la terna de jurados por su tiempo y recomendaciones que ayudaron a mejorar el presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1. 1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. REGIONAL Y LOCAL	19
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>23</b>
2.1.1. CALIDAD DEL AGUA	23

2.1.2. VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	24
2.1.3. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	24
2.1.4. CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA	26
2.1.5. CUENCA HIDROGRÁFICA	26
2.1.6. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	27
2.1.7. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.	27
2.1.8. CONTAMINACIÓN MINERA	28
2.1.9. PERCEPCIÓN	29
2.1.10. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS)	30
2.1.11. ECA-AGUA	33
2.1.12. CATEGORÍA 4 - CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO	33
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>34</b>
<b>2.3. MARCO LEGAL</b>	<b>34</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS</b>	<b>35</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>36</b>
<b>3.2. TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>37</b>
3.2.1. POBLACIÓN	37
3.2.2. MUESTRA	38
<b>3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>40</b>
3.3.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DEL RÍO DE LLALLIMAYO.	41
3.3.2. LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN	

MINERA, EN EL DISTRITO DE LLALLI.	47
<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>49</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LLALLIMAYO APLICANDO EL MÉTODO (ICARHS) Y LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN FRENTE A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA MINERÍA, DISTRITO DE LLALLI-2023.</b>	<b>53</b>
4.1.1. PRUEBA DE NORMALIDAD	56
<b>4.2. RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LLALLIMAYO APLICANDO EL MÉTODO (ICARHS), DISTRITO DE LLALLI -2023.</b>	<b>58</b>
4.2.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 1	93
<b>4.3. RESULTADOS DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN FRENTE A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA MINERÍA, DISTRITO DE LLALLI-2023.</b>	<b>95</b>
4.3.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 2	109
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>118</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Indicadores de la calidad del agua.	24
<b>Tabla 02:</b> Parámetros a evaluar en el ICARHS.	32
<b>Tabla 03:</b> Red de monitoreo de calidad de agua superficial en los cuerpos de agua	38
<b>Tabla 04 :</b> Valoración del ICARHS.	46
<b>Tabla 05:</b> Operacionalización de variables de la investigación.	49
<b>Tabla 06:</b> Grado de relación según coeficiente de correlación.	52
<b>Tabla 07:</b> Calificación de ICARHS en los años del 2011 al 2023 en el río Llallimayo.	54
<b>Tabla 08:</b> Prueba de normalidad para una muestra.	56
<b>Tabla 09:</b> La calificación de ICARHS influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.	57
<b>Tabla 10:</b> Prueba de estadística no paramétrica de correlación de Spearman.	58
<b>Tabla 11:</b> Frecuencia de la calificación del ICARHS en los años 2011 al 2023 en el río Llallimayo.	93
<b>Tabla 12:</b> Frecuencia del nivel de percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli -2023.	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Mapa de la Provincia de Melgar, distrito Llalli.	36
<b>Figura 02:</b> Ubicación de puntos de monitoreo de calidad del agua.	37
<b>Figura 03:</b> Mapa de la red de monitoreo de la calidad de agua superficial en los cuerpos de agua en la parte alta de la cuenca Llallimayo.	39
<b>Figura 04:</b> Etapas del ICARHS.	42
<b>Figura 05:</b> Factores para el cálculo del ICARHS. Adaptado de (ANA, 2020, p. 8).	44
<b>Figura 06:</b> Determinación de subíndices del ICARHS.	47
<b>Figura 07:</b> Distribución de frecuencias de C.	51
<b>Figura 08:</b> Calificación de ICARHS en los años del 2011 al 2023 en el río Llallimayo.	55
<b>Figura 09:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2011.	60
<b>Figura 10:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2013.	62
<b>Figura 11:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2014.	64
<b>Figura 12:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2015.	66
<b>Figura 13:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2015.	68
<b>Figura 14:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2016.	70
<b>Figura 15:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2016.	72
<b>Figura 16:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2017.	74
<b>Figura 17:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2017.	76
<b>Figura 18:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2018.	78
<b>Figura 19:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2018.	80
<b>Figura 20:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2019.	82
<b>Figura 21:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2020.	84
<b>Figura 22:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2020.	86
<b>Figura 23:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2021.	88
<b>Figura 24:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2022.	90
<b>Figura 25:</b> Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2023.	92

- Figura 26:** En su opinión considera que el agua del río Llallimayo está contaminada. 95
- Figura 27:** Para usted la contaminación principal del río Llallimayo, es por la minera. 96
- Figura 28:** Ud. Cree que los cambios en el color y olor en el agua afecta la vida de peces y plantas, así como a todo aquello que se encuentra en el cauce del río. 97
- Figura 29:** Considera que la calidad del agua del río Llallimayo, se encuentra contaminada por aluminio, hierro, manganeso y cobre por las operaciones de la empresa minera ARASI SAC. 98
- Figura 30:** Tiene conocimiento de las alteraciones en la calidad del agua del río. 99
- Figura 31:** Cree que la contaminación del río de la cuenca de los ríos Llallimayo, Santa Rosa, Ayaviri y Pucará se encuentran también contaminadas por vertimientos de aguas residuales municipales. 100
- Figura 32:** Considera que la calidad del agua trae problemas en la ganadería y la agricultura. 101
- Figura 33:** Crees que el consumo de agua del río Llallimayo para los animales, hace mucho daño. 102
- Figura 34:** Cree que está bien regar las parcelas con agua del río Llallimayo. 103
- Figura 35:** Piensa que utilizar el agua del río para regar los campos y para bebida del ganado trae efectos en los productos cosechados y en el ganado mismo. 104
- Figura 36:** Considera que la contaminación del río Llallimayo perjudica la economía familiar. 105
- Figura 37:** Piensa que consumir el agua de río tiene efectos en la salud de la población. 106
- Figura 38:** Considera que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno. 107
- Figura 39:** Considera que las autoridades no toman las acciones pertinentes respecto a la contaminación minera. 108
- Figura 40:** Cuestionario llenado por los pobladores del distrito de Llalli. 129

<b>Figura 41:</b> Cuestionario llenado por los pobladores del distrito de Llalli.	131
<b>Figura 42:</b> Distrito de Llalli.	132
<b>Figura 43:</b> Municipalidad distrital de Llalli.	132
<b>Figura 44:</b> Puente del distrito de Llalli.	133
<b>Figura 45:</b> Encuesta aplicada en las viviendas del distrito de Llalli.	134
<b>Figura 46:</b> Encuesta aplicada a comerciantes del distrito de Llalli.	134
<b>Figura 47:</b> Encuesta aplicada a transeúntes cerca a la I.E.S. Agropecuaria "Miguel Grau" Llalli.	135
<b>Figura 48:</b> Encuesta aplicada en las viviendas del distrito de Llalli.	135
<b>Figura 49:</b> Encuesta aplicada a pobladores en los distintos jirones del distrito de Llalli.	136
<b>Figura 50:</b> Encuesta aplicada a pobladores que se encuentran en la plaza de armas del distrito de Llalli.	136
<b>Figura 51:</b> Encuesta aplicada a pobladores que están en la plaza de armas del distrito de Llalli.	137
<b>Figura 52:</b> Encuesta aplicada a pobladores que transitan por las calles del distrito de Llalli.	137
<b>Figura 53:</b> Encuesta aplicada a comerciantes que están en la plaza de armas del distrito de Llalli.	138
<b>Figura 54:</b> Encuesta aplicada a pobladores del distrito de Llalli.	138
<b>Figura 55:</b> Solicitud de acceso a la información pública.	139
<b>Figura 56:</b> Comunicación de registro de solicitud.	140
<b>Figura 57:</b> Monitoreo de emergencia de la calidad de agua superficial en el río Llallimayo.	141
<b>Figura 58:</b> Red de monitoreo especializado de calidad del agua superficial del río Llallimayo.	142
<b>Figura 59:</b> Red de monitoreo para evaluación comparativa de la calidad del agua en el río Llallimayo 2019 - 2020.	143
<b>Figura 60:</b> Toma de muestras de agua superficial en el río Llallimayo (RLlal2).	143

<b>Figura 61:</b> Toma de muestras de agua superficial en el río Llallimayo (RLIa12).	144
<b>Figura 62:</b> Toma de muestras de agua superficial en el río Llallimayo (RLIa1).	145
<b>Figura 63:</b> Participantes y responsables del monitoreo de la calidad de agua superficial en el río Llallimayo (RLIa1).	146
<b>Figura 64:</b> Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial en el río Llallimayo, febrero de 2020.	147
<b>Figura 65:</b> Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial en el río Llallimayo, febrero de 2020.	148
<b>Figura 66:</b> Resultados de parámetros de calidad del agua en los cuerpos de agua tributarios del río Llallimayo (junio 2023).	149
<b>Figura 67:</b> Instrumento de cálculo del ICARHS – ECA categoría 3.	154

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	119
<b>Anexo 02:</b> Cuestionario	121
<b>Anexo 03:</b> Ficha de validación de instrumento	123
<b>Anexo 04:</b> Base de datos del cuestionario	125
<b>Anexo 05:</b> Aplicación del cuestionario a los pobladores del distrito de Llalli	128
<b>Anexo 06:</b> Panel fotográfico	132
<b>Anexo 07:</b> Solicitud acceso a la información pública Autoridad Nacional del Agua.	139
<b>Anexo 08:</b> Monitoreo de la calidad de agua superficial del río Llallimayo.	141
<b>Anexo 09:</b> Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial en el río Llallimayo.	147
<b>Anexo 10:</b> Decreto supremo N° 004-2017-MINAM	150
<b>Anexo 11:</b> Matriz de sistematización de información y cálculo de ICARHS.	153

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS) y la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023, la metodología aplicada fue el cálculo de los Índices de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales aprobada mediante resolución jefatural N° 084-2020-ANA. Los resultados obtenidos son: los 4 puntos en monitoreo, siendo 14 parámetros del monitoreo de la calidad del agua superficial del río de Llallimayo, realizado por ANA-la Autoridad Administrativa del Agua Titicaca, se observa que su calificación de ICARHS es pésimo fluctúan entre 40 a 44, en los años (2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023), también se tiene una calificación de ICARHS de malo siendo 45 y 47 en los años (2011 y 2015), para la época de estiaje y para la época de avenidas respectivamente. Dichos valores alcanzados permiten inferir que la calidad del agua está entre mala a pésima, el cuestionario aplicado a los pobladores del distrito de Llalli, siendo del 100% el 79% tiene un nivel de percepción de la población negativa sobre la contaminación del agua por la minería, el 13% tuvo un nivel regular y un 8% un nivel positivo. Se concluye que existe una p-valor de 0.00 el cual es menor a 0,05. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, afirmando que existe una relación significativa entre la calidad del agua del río Llallimayo influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, realizada en el distrito de Llalli. Es decir hay una dependencia o correlación positiva considerable de 0,732 entre las variables.

**Palabras clave:** Agua, Contaminación, Calidad, ICARHS, Minería.

## ABSTRACT

The general objective of this research is to evaluate the quality of the water of the Llallimayo River by applying the (ICARHS) method and the perception of the population regarding water contamination by mining, district of Llalli-2023, the methodology applied was the calculation of The environmental quality indices of surface water resources approved by executive resolution No. 084-2020-ANA. The results obtained are: the 4 points in monitoring, being 14 parameters of the monitoring of the quality of the surface water of the Llallimayo river, carried out by ANA-the Administrative Authority of Titicaca Water, it is observed that their ICARHS rating is terrible, they fluctuate between 40 to 44, in the years (2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 and 2023), there is also an ICARHS rating of bad being 45 and 47 in the years (2011 and 2015), for the dry season and for the flood season respectively. These values achieved allow us to infer that the quality of the water is between bad to terrible. The questionnaire applied to the residents of the Llalli District, being 100%, 79% has a level of negative population perception regarding water contamination by the mining, 13% had a regular level and 8% a positive level. It is concluded that there is a p-value of 0.00 which is less than 0.05. Therefore, the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted, stating that there is a significant relationship between the quality of the water of the Llallimayo River, which significantly influences the population's perception of water pollution due to mining, carried out in the Llalli District. That is to say, there is a considerable positive dependence or correlation of 0.732 between the variables.

**Keywords:** Water, Pollution, Quality, ICARHS, Mining.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca del Llallimayo, ubicada en la provincia de Melgar, surge de dos vertientes denominadas río Pataqueña y río Azufrini. Ambos ríos, al ingresar a la provincia de Melgar, forman una “Y” dando origen al río Llallimayo, el que atraviesa la provincia, discurriendo por los distritos de Llalli, Cupi, Umachiri y Ayaviri. Los pobladores del distrito de Llalli, que en su mayoría trabajan en la agricultura y ganadería, perciben que el cauce del río Llallimayo en los últimos diez años está siendo contaminado por residuos de relaves mineros de Aruntani S.A.C. Los residentes indicaron que el color de los cuerpos de agua ha cambiado, han aparecido sedimentos de color amarillo verdoso en los ríos, las orillas de los ríos se han roto, los animales y plantas acuáticos han desaparecido, la tierra y los pastos se han desertificado y han aparecido enfermedades que afectan la salud humana. Residentes y animales. Creen que estos cambios y propiedades del agua conducen a cambios en la calidad y cantidad del agua que afectan a las poblaciones humanas y la salud animal. Lo anterior estimuló nuestro interés por discutir y analizar este tema; por lo tanto, nos proponemos determinar la percepción de los habitantes del distrito de Llalli-Melgar sobre la contaminación del agua en la cuenca del Llallimayo, con el fin de crear mensajes que destaquen los problemas de la contaminación de los ríos, como personas, y motivarlos en la discusión posterior de el estudio.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El agua es importante no sólo para la vida y la salud, sino también para el desarrollo social. La calidad importa y tiene un impacto directo en la protección de la salud humana y los ecosistemas. Un mal drenaje de aguas superficiales puede causar muchos problemas ambientales. El deterioro de la calidad del agua en el Perú no sólo está relacionado con el desarrollo poblacional, sino también con la actividad económica, el crecimiento poblacional, la actividad industrial, la responsabilidad ambiental y el mal manejo de residuos. Además, el volumen de tratamiento de aguas residuales de Perú aumentó sólo un 11% entre 2016 y 2020. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2022)

El 80% de las aguas residuales del mundo se vierten directamente a ríos, arroyos y océanos sin el tratamiento adecuado. Esta situación es particularmente perjudicial para los países subdesarrollados. En América Latina y el Caribe, sólo entre el 30% y el 40% de las aguas residuales recolectadas reciben tratamiento, lo que genera impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente. (Banco Mundial, 2020)

En todo el país, 21 ríos están contaminados por aguas residuales, desechos sólidos, desechos mineros y desechos industriales. A medida que la población creció y comenzó la industrialización, los cursos de agua se convirtieron en depósitos de los desechos que generan. (ANA, 2011)

Los distritos afectados por contaminación en la cuenca Llallimayo son Llalli, Cupi, Umachiri y Ayaviri (Condori, 2019); Los pobladores organizaron protestas exigiendo el cierre definitivo de la empresa minera "Arasi SAC" y medidas inmediatas de rehabilitación y biorremediación del agua de la cuenca Llallimayo. Esto llevó al gobierno a declarar la zona como centro de conflicto social en la región de Puno. También propuso legislación para limpiar la cuenca.

Sin embargo, el propósito de este trabajo de investigación propuesto es comparar el nivel de contaminación de metales como plomo y mercurio en el agua del río Cuenca Llallimayo debido a la mina ARUNTANI S.A.C, ya que el agua del río hasta el momento presenta diferentes quiasmas. Y un color inusual, por lo que enfrentaremos graves problemas e incluso amenazas a la salud pública que afectan directa e indirectamente a la población de la región. (Soloisolo, 2022)

Según Salas y Segura (2022), en su investigación utilizó la metodología ICARHS para generar información sobre el estado de la calidad del agua en la cuenca del Llallimayo. Hay minas en la cuenca y hasta ahora no se han realizado muchas investigaciones sobre la calidad del agua en la región sur utilizando esta nueva metodología. Y según los resultados obtenidos, socialmente, tomar decisiones y acciones que ayuden a mejorar la calidad de los cuerpos de agua estudiados es beneficioso no sólo para la calidad del agua, sino también para las personas que viven en la zona. A lo largo de los años, la contaminación del agua también ha causado descontento entre los vecinos de Lali, quienes la consideran peligrosa. Sostienen que, en el caso de importantes recursos naturales y medios de vida, los residuos afectan la cantidad y calidad del agua consumida por los residentes y los animales, la tierra y la salud general y las condiciones de vida de los habitantes de Llalli. (Rivera, 2021)

### **1.1. 1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS) y la percepción de la población sobre contaminación del agua por la minera, distrito de Llalli-2023?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuál es la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), distrito de Llalli-2023?

¿Cuál es la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Morales y Vergara (2022), en su investigación se realizó un análisis comparativo para determinar cuál de los dos modelos es más viable y confiable para predecir las condiciones de calidad del agua en un río, en este caso el río Ocoa. Por lo tanto, la simulación del Río Ocoa se deriva de ambos modelos y se recomienda su uso en entidades ambientales como la gestión de recursos hídricos, ya que no requiere datos geoespaciales detallados y crea condiciones favorables para la gestión y el desarrollo.

Quiroga (2021), en su investigación en la vereda de San Isidro, Cóbbita Boyaca, También se reveló que actualmente no existe ningún plan para la red de tuberías de abastecimiento de agua. Para un rendimiento óptimo se recomienda mantener y ajustar la estructura de la toma de agua y mejorar el IRCA purificando el agua a través de una planta de tratamiento.

Díaz (2018), en su estudio en la calidad del agua en la cuenca Alta del río Bogotá, analiza la disponibilidad de datos agrupados por periodo de tiempo y presenta datos del 2011 al 2002. el período de febrero de 2012 y enero de 2010 resultará en menos cálculos de ICA, faltando el 65,5% y el 55,2% de los resultados, y viceversa. Para el período de febrero a enero de 2017, solo hubo falta un resultado de estación, lo que da como resultado un ICA del 96,6 %.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Carhuasuica y Gonzales (2022), en su investigación aplicando el Icarhs en el río Vilcanota, distrito de Urubamba, los resultados de los indicadores de contaminación se consideran parámetros de calidad orgánicos y fisicoquímicos de los metales (DBO5,

DQO, OD, coliformes refractarios, pH, arsénico, aluminio, manganeso, hierro, cadmio, plomo, boro, cobre), según los métodos adecuados. Cumple con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Salas (2022), en su investigación de análisis del ICA-NSF, se utilizaron técnicas de análisis físico, químico y biológico para lograr las metas planteadas en la micro cuenca Cachimayo en Cusco. Los resultados obtenidos del ICA-NSF para la cuenca Cachimayo se clasificaron como buenos con un promedio de 73.69, mientras que la calidad del diseño del ICA se clasificó como normal con un promedio de 67.88 y tratamiento requerido para ciertos usos.

Salas y Segura (2022), el objetivo de su investigación fue identificar ICARHS en la mina Ayacucho. Se concluyó que existe una equivalencia significativa entre el ICARHS con respecto a la minería legal e ilegal, siendo la calificación del ICARHS de 'Buena' para la Clase 3 y de 'Buena' a 'Excelente' para la Clase 4, podemos concluir que son esencialmente iguales. Las categorías 3 y 4 recibieron calificaciones de "Excelente", "Excelente" y "Bueno", respectivamente.

Laura y Huanca (2022), su estudio informa aplicaciones de Icarh en el río Ubinas. Se toman en cuenta por su cercanía al volcán Ubinas y por ser considerado el más grande. Para calcular el índice de calidad del agua durante los períodos de menguante e inundación se aplicó el método de la Administración Nacional de Gestión del Agua, que integra 13 parámetros orgánicos, microbiológicos y fisicoquímicos. Basado en datos de seguimiento analizados en un laboratorio certificado "DYSCHEM".

Mallqui y Miguel (2022), en su estudio, el análisis espaciotemporal de la calidad del agua del río Mantaro reveló concentraciones de metales pesados como cadmio, cobre, plomo y zinc, así como coliformes termotolerantes, año a año, oxígeno disuelto y 90% de coliformes. Durante el período de estudio de 10 años, los pacientes excedieron el ECA, pero los parámetros de pH y conductividad estaban dentro del rango permitido del ECA.

Monjarás (2021), en su investigación de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca - Chili en Arequipa. Se concluye que la calidad del agua en la cuenca Quilca-Chili

está influenciada principalmente por la actividad humana, la cual ha cambiado la calidad del agua en los últimos años.

Vargas (2021), en un estudio utilizando el método ICARHS en el río San Gabán-Carabaya, los resultados fueron concentraciones de coliformes termotolerantes en las desembocaduras; En el caso de Ollachea, la calidad del agua en el punto RSgab3 (aguas arriba) fue "buena", mientras que en el punto RSgab4 (aguas abajo). La calidad del agua es "regular" y la correlación lineal entre ICARHS Macusani y Ollachea es débil.

### **1.2.3. REGIONAL Y LOCAL**

Ortega (2023), en su estudio aplicando el método ICARHS para el río coata en Juliaca, se concluye que en términos de parámetros analíticos, las masas detectadas en el río Cota en ambos períodos muestran que en ciertos puntos como lo son los puntos 1, 2 y 3 en el primer período, la DBO, DQO y DO superaron el ECA. D.S. N° 004 - 2017 - MINAM. Por otro lado, en la fase 2 hay un exceso de oxígeno disuelto en los puntos 1 y 2, pero en el punto 3 se supera la DBO y la DQO.

Arizabal (2022), en su estudio sobre la percepción de los pobladores aledaños al botadero del Hospital de apoyo de Yunguyo, los resultados sobre las percepciones de los residentes del barrio Santa Rosa sobre las mejoras al relleno sanitario mostraron que el 94% pensó que debería mejorarse y el 6% pensó que no debería mejorarse.

Cozo (2022), su estudio analizó los cambios de uso del suelo provocados por las actividades mineras, teniendo en cuenta la zona de Ananea, la zona minera; 100% de precisión. Utilizando teledetección se concluyó que el cambio anual de uso del suelo en el distrito de Ananea debido a las actividades mineras es del 1,39%.

Vilca (2022), en su estudio de determinación del contenido de mercurio y plomo en las aguas superficiales del río Lampa. Los resultados obtenidos fueron un valor promedio de 0,0002 mg/L para mercurio y 0,0030 mg/L para plomo, lo que demuestra que estos valores obtenidos no superan los valores máximos permisibles para aguas categoría 3 en el ECA. Se utiliza para regar verduras y animales bebedores de agua. Se ha establecido

que actualmente no existe contaminación significativa de la calidad de las aguas superficiales en la unidad hidrográfica del río Lampa.

Tampe (2022), en su investigación sobre las percepciones actuales de los adultos en el distrito de Ilave sobre la reutilización de las aguas residuales tratadas muestran que el 70% de los encuestados en el distrito de Ilave dijeron que comprenden la situación de los recursos hídricos; Más del 65% de los encuestados afirmó que hay suficiente agua en el territorio, más del 43% de los encuestados sabe que hay instalaciones de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ilave.

Sucapuca (2022), en su estudio aplicando el ICA-PE de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya. Los resultados del ICA-PE indican una calidad "normal", mientras que los puntos P4 y P5 son calificados como "marginales" en la estación seca según el método CCME-WQI, donde P3 es el punto "débil" más significativo. Durante la temporada de inundaciones, la calidad del agua en los puntos P1 y P2 es "marginal", mientras que los puntos P3, P4 y P5 son los principales puntos "malos".

Soloisolo (2022), en su estudio sobre los niveles de plomo y mercurio en agua de la cuenca Llallimayo en el cierre de la mina Arasi S.A.C. En conclusión, sus hallazgos permitieron confirmar que incluso después del cierre de la mina, el nivel de contaminación por plomo y mercurio se mantuvo por encima de los valores máximos permisibles establecidos por los estándares internacionales de la Organización Mundial de la Salud y el Ministerio de Salud.

Goyzueta y Jimenez (2022), en su estudio de análisis de índices de calidad de agua en la cuenca media y baja de Camaná. Como resultado, se obtuvieron dos índices diferentes de calidad del agua en siete puntos de medición. En las estaciones de aforo, el ICARHS fue muy bueno (95) y excelente en las estaciones con un total de 14853,9 ha de tierras agrícolas afectadas, el 34% se benefició de la recolección de agua de buena calidad y el 66% se benefició de la recolección. Calidad del agua entre 2017 y 2021.

Fuentes (2021), en su investigación de ICARHS en la subcuenca del Río Cotahuasi, Arequipa. Los resultados mostraron que los valores del ICARHS se califican como

buenos si la gestión de la calidad del agua es eficaz, buenos si la gestión regular de la calidad del agua es buena y malos si la gestión de la calidad del agua es inadecuada. Resultados de la determinación de la relación entre el nivel de indicadores ambientales y el control de calidad de cada sitio.

Flores y Vela, (2021), en su estudio del ICARHS de la unidad hidrográfica bajo Marañón. Los resultados obtenidos en ICARHS, donde el valor de evaluación de la calidad del agua “normal” y “buena” fue de 42,86%; “Bueno” tiene un valor de 14.29%, debido a la influencia de los factores: oxígeno disuelto, coliformes termorresistentes, fósforo total y sólidos suspendidos totales; Supera a ECA agua.

Rivera (2021), en su estudio en cuanto a la percepción de la contaminación del agua en la cuenca de Llallimayo, por parte de la población del distrito de Llalli, en términos de impactos percibidos, se señaló una disminución en la producción y productividad de los cultivos, una disminución en la producción ganadera y una disminución en la producción de leche y los ingresos. Además, dijeron sufrir trastornos gastrointestinales, irritabilidad, mareos y alergias. Los niños y las mujeres embarazadas tienen anemia. Lo mismo ocurre con los retrasos en el aprendizaje y la disminución de la comprensión lectora entre los niños en edad escolar.

Vilca (2020), en su estudio conflicto socioambiental y desarrollo sostenible en el proyecto de explotación Arasi – Ocuvi, Lampa, el conflicto ha durado muchos años y indicadores de pobreza similares muestran que la dependencia económica de los hogares ha disminuido del 14,7% al 2,7%, los servicios básicos han mejorado y el cumplimiento de la calidad ambiental ha disminuido del 89,9% al 9,9%. Para el monitoreo del OEFA, el pH del efluente vertido a la cuenca Llallimayo entre 2012 y 2017 estuvo por debajo de 4, lo que indica que la descarga fue ácida.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS) y la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), distrito de Llalli -2023.
- Conocer la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

##### **2.1.1. CALIDAD DEL AGUA**

Según la Organización Mundial de la Salud (2004), el agua potable es agua que se puede utilizar durante toda la vida sin riesgos importantes para la salud, dadas las diferentes sensibilidades que pueden tener las personas en las distintas etapas de la vida. El agua tiene diversas propiedades que varían según su fuente y proceso de producción. Estas propiedades se pueden medir y clasificar en función de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua.

Este último determina su calidad y lo hace apto para un determinado fin. Las Guías de Calidad del Agua Potable (2008), indican, según sus valores, los parámetros más importantes que determinan la calidad del agua para un uso específico. La tabla 01 muestra los indicadores físicos, químicos y biológicos más importantes para determinar la calidad del agua.

**Tabla 01:** Indicadores de la calidad del agua.

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Parámetros físicos	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor y sabor, y temperatura.
Parámetros químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, sodio, sulfatos
Parámetros biológicos	Algas bacterias (coliformes termotolerantes y coliformes totales), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos.

**Fuente:** Organización Mundial de la Salud, 2008

### **2.1.2. VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Según la Organización Mundial de la Salud (2008).

El agua potable contiene una serie de microorganismos y componentes químicos que pueden afectar negativamente a la salud humana. Su detección tanto en el agua cruda como en el agua suministrada a los consumidores es a menudo lenta, difícil y costosa, lo que limita su utilidad para la alerta temprana y la hace prohibitiva. Como no es física ni económicamente posible analizar todos los parámetros de calidad del agua, las actividades y recursos de monitoreo deben planificarse cuidadosamente y centrarse en características importantes o críticas.

Las propiedades no higiénicas también pueden ser importantes, como afectar significativamente la aceptabilidad del agua. Si las propiedades estéticas del agua (como apariencia, sabor, olor, etc.) son inaceptables, es posible que se requieran más investigaciones para determinar si el agua presenta problemas relacionados con la salud.

### **2.1.3. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA**

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), la prueba de la calidad microbiológica del agua normalmente implica únicamente análisis microbiológicos. Estos análisis son fundamentales porque el riesgo para la salud más común y generalizado asociado con el

agua potable es la contaminación bacteriana. Por tanto, el agua destinada al consumo humano no debe contener microorganismos indicadores. En la mayoría de los casos, esto implica el análisis de microorganismos que indican signos de contaminación fecal, pero en algunos casos también puede incluir medir la concentración de patógenos específicos. La presencia de *E. coli* se utiliza a menudo como indicador para determinar la contaminación fecal. En muchos casos, las pruebas para detectar la presencia de bacterias coliformes resistentes al calor pueden ser una alternativa aceptable.

Por otro lado, los virus entéricos y los protozoos son más resistentes a la desinfección. Por tanto, la ausencia de *E. coli* no significa necesariamente que estos organismos no existan. Por lo tanto, para determinar la concentración de un patógeno particular, a menudo se recomienda analizar microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, además de la prueba de coliformes fecales.

Se sabe que algunos patógenos transportados por el agua potable contaminada causan enfermedades graves y, en algunos casos, fatales. Estas enfermedades incluyen la fiebre tifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa y las enfermedades causadas por la bacteria *Shigella*. y *E. coli*. Otras enfermedades tienen consecuencias menos graves, como la diarrea, que suele desaparecer.

**Coliformes termotolerantes (fecales):** Algunos miembros del grupo de los coliformes comunes, que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal, se denominan coliformes resistentes al calor. Los coliformes termotolerantes normalmente no crecen en ambientes acuáticos. También conocido como coliforme fecal. Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de cultivo de 44,5°C. Inhibe el crecimiento de bacterias coliformes resistentes a la temperatura. Se miden mediante pruebas sencillas y económicas y se utilizan ampliamente en proyectos de monitoreo de la calidad del agua.

**Coliformes totales:** Los coliformes totales se utilizan para la evaluación higiénica de las aguas residuales de las plantas de tratamiento final. Para determinar esto se utilizó el método mencionado en *E. coli* termotolerante. Las enfermedades transmitidas por el agua

son enfermedades causadas por beber agua contaminada con orina, heces humanas o animales y desechos industriales que contienen microorganismos y sustancias patógenas. Cuatro de cada cinco enfermedades en el mundo en desarrollo están relacionadas con el agua y la diarrea es la causa más común de muerte entre los niños. Debido a todas estas condiciones, la población queda debilitada, por lo que estas enfermedades y otros agentes infecciosos se propagan más rápidamente.

#### **2.1.4. CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA**

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), la mayoría de los productos químicos suponen un riesgo para la salud humana sólo si se dejan en el agua durante largos periodos de tiempo. Otros, por otro lado, pueden causar efectos peligrosos si se exponen varias veces durante un corto período de tiempo. Cabe señalar que no todos los productos químicos para los que se establecen valores de referencia están presentes en el mismo sistema de suministro. Cada uno es único y depende del origen y distribución del agua de manantial. Lo mismo sucede a la inversa. Dependiendo de la ubicación, pueden existir parámetros específicos para las fuentes de agua locales, que no se tienen en cuenta en la normativa. Sin embargo, para los contaminantes respecto de los cuales existe incertidumbre en la información disponible o para los contaminantes cuya concentración es prácticamente imposible reducir al valor estándar, se podrán establecer y calcular valores estándar provisionales.

Hay muchos parámetros químicos que determinan la calidad del agua, pero se ha demostrado que algunas sustancias como el fluoruro, el arsénico, los nitratos y el plomo causan efectos adversos en la salud humana debido a la exposición excesiva a estas sustancias en el agua.

#### **2.1.5. CUENCA HIDROGRÁFICA**

Es una zona impermeable de la superficie terrestre donde la precipitación se acumula y drena hacia un único punto (llamado emisario). La definición anterior se aplica a la piscina elevada, porque la piscina elevada también está conectada a la piscina subterránea, que tiene una forma similar o similar a la piscina elevada, y desde el punto de vista de la

salida, se puede dividir en dos tipos. quinielas. Distinga entre: fuga externa y fuga interna. En el primer caso, el punto de partida está en la misma cuenca que suele desembocar en un lago, o, como en el segundo caso, el punto de partida está en el borde exterior de la misma cuenca, cuya desembocadura suele terminar en el mar. (Soloisolo, 2022)

#### **2.1.6. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Se define como la presencia de materia, energía u organismos extraños en el medio ambiente en cantidades, en momentos y en condiciones que perturban el medio ambiente. 19 Como ejemplo de contaminación, podemos hablar de la presencia de diversas sustancias líquidas que drenan hacia lagos y ríos. , océanos, etc. o los residuos sólidos de las ciudades se acumulan en diversos lugares, provocando graves daños a la tierra y a los cuerpos de agua. (Ingeniería ambiental, 2009)

#### **2.1.7. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.**

La contaminación del agua se refiere al deterioro de la calidad del agua causado por la adición de materias extrañas. Se refiere a la presencia de un elemento, sustancia o energía en una concentración o nivel innecesario. La calidad es la propiedad del agua (sus usos actuales y/o potenciales) que le permiten seguir siendo útil como suministro de agua para humanos y animales, para sustentar toda la vida marina, para el riego de tierras y para todas las actividades recreativas. La contaminación del agua es causada por desechos industriales y aguas residuales municipales vertidas a ríos, lagos y océanos, así como por productos de limpieza utilizados para diversas tareas domésticas e industriales, ya que contienen sustancias químicas que provocan la extinción de la vida acuática.

##### **2.1.7.1. Contaminación de ríos**

El agua está contaminada cuando, como consecuencia de la actividad humana, su composición o condición cambia directa o indirectamente, haciéndola menos apta para todos los fines para los que son adecuadas sus propiedades naturales.

La seguridad hídrica es una cuestión importante de bienestar público en la que la disponibilidad de agua dulce cambia drásticamente debido al uso humano y la gestión del

paisaje. Los ríos que transportan agua son ejemplos de lo que sucede en una cuenca (vegetación, clima y actividad humana) y son el movimiento de un río a través de la vegetación, el suelo y las áreas urbanas. Además, transportan sales, sedimentos y organismos, y las complejas reacciones químicas y biológicas que se producen en los cauces de los ríos influyen en parte en las propiedades químicas del agua almacenada en grandes embalses como lagos y océanos. (Elosegi y Sabater, 2003).

#### **2.1.7.2. Tipos de contaminación del agua**

**La contaminación química:** Estos incluyen petróleo, detergentes, pesticidas, nitratos, fluoruro, arsénico, plomo, mercurio y cianuro. Es causado por una fuga.

**La contaminación biológica:** Se crea por el vertido de residuos orgánicos ricos en nitratos procedentes de fertilizantes químicos, lo que provoca el crecimiento de algas, una disminución del oxígeno disuelto en el agua y un aumento de bacterias, fenómeno llamado eutrofización. (Álvarez y Campuzano, 2000)

#### **2.1.8. CONTAMINACIÓN MINERA**

La contaminación por minas ocurre durante las operaciones mineras. Es decir, durante el proceso de extracción y procesamiento de minerales se generan diversos residuos que dañan el medio ambiente. El impacto ambiental de la minería es muy negativo. Y eso se debe a que se utilizan productos químicos fuertes para extraer minerales que disuelven las áreas naturales. Se suma al coque provocando daños irreversibles en la superficie. Por tanto, la corteza se ve muy afectada por todas las actividades de extracción de minerales.

##### **2.1.8.1. Minerales tóxicos**

Los metales pesados son tóxicos y muy peligrosos para el medio ambiente. Sus propiedades más comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformabilidad y alta toxicidad, permanecen en el ecosistema por mucho tiempo y son difíciles de degradar de forma natural. (OEFA, 2016).

Los elementos químicos con un peso atómico de 63,55 (Cu) a 200,59 (Hg) y una gravedad específica superior a 4 (g cm<sup>-3</sup>) también se denominan metales pesados. Cabe

señalar que esta categoría incluye prácticamente todos los elementos metálicos de importancia económica y utilizados en la industria minera, que incluso en bajas concentraciones pueden ser perjudiciales para plantas y animales.

#### **2.1.8.2. Efectos de contaminación por metales pesados en la salud.**

Cada elemento químico contaminante tiene su propio mecanismo de acción y sitios preferidos de acumulación. Por lo tanto, cuando el metal pesado ingresa al ecosistema, comienza el proceso de cambio del medio ambiente (suelo, agua y organismos que viven en él).

#### **2.1.9. PERCEPCIÓN**

Benez (2010), la percepción se considera un proceso cognitivo de conciencia que implica identificar, interpretar y juzgar el significado de las sensaciones derivadas del entorno físico y social, incluyendo la implicación de otros procesos psicológicos como el aprendizaje, la memoria y el simbolismo.

Sostienen que la percepción es una parte importante de la conciencia porque la percepción es la parte que consta de hechos incontrolables y, por tanto, constituye la realidad experimentada. Esta función perceptiva depende de la actividad de los receptores que se ven afectados por los procesos del mundo físico. La percepción puede definirse entonces como el resultado del procesamiento de información que implica la estimulación de receptores en condiciones que en cada caso individual pueden atribuirse en parte a la propia actividad del individuo.

##### **2.1.9.1. Percepción del ambiente**

Para Fernandez (2008), la percepción ambiental se entiende como la forma en que cada individuo valora y valora su entorno e influye significativamente en la toma de decisiones humanas sobre el medio ambiente. Desde esta perspectiva, a diferencia de la psicología ambiental, la percepción no surge para todos de forma independiente como una entidad aislada, ni surge a priori o aislada de las prácticas sociales y de las experiencias concretas de los acontecimientos por parte de las personas, sino que la percepción está

incrustada en el tiempo. Patrones de diversas conexiones biológicas, sociales y culturales entre personas y paisajes.

Jauregui (2016), la percepción ambiental se considera un concepto relacionado con cómo un individuo o una sociedad evalúa su entorno y cómo esta experiencia informa sus decisiones sobre ese entorno. Estas decisiones pueden ser el resultado de la interacción con un sistema de valores que muestra la imagen de la realidad creada como resultado de un sistema de información desarrollado. Este conocimiento del entorno se divide en diferentes representaciones en la memoria y se organiza de forma jerárquica, y puede verse como cambios de perspectiva en un pequeño espacio ambiental, que pueden inspirar cambios en la perspectiva general de la influencia espacial en un individuo o sociedad.

#### **2.1.10. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS)**

Segun Resolución Jefatural N° 084-ANA (2020), se creó un método para la determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), que ayuda a evaluar el estado de calidad de los cuerpos de agua naturales definiéndolo de forma sencilla y fácil de entender. Este estudio fue aprobado mediante la R. J. N° 084-2020-ANA de la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.

El cálculo del ICARHS, esto se puede desarrollar a partir de los flujos de aguas superficiales utilizando información de los puntos de muestreo, que deben incluir información histórica de monitoreos anteriores (al menos 4 monitoreos por punto de muestreo). Esta decisión forma parte de la preparación de una evaluación cualitativa de los recursos hídricos superficiales propuestos para la instalación de la vía fluvial.

##### **2.1.10.1. RESULTADOS DE LOS MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA**

Los resultados se obtienen comparando las condiciones de calidad del agua en la cuenca (o parte del curso de agua) con los estándares de calidad ambiental del agua (ECA por sus siglas en inglés) vigentes. Para desarrollar este método, se deben ubicar uno (1) o

más sitios de muestreo a lo largo de cuerpos de agua naturales de acuerdo con los protocolos de monitoreo estatales aplicables. Se debe compilar toda la información histórica obtenida del monitoreo de la calidad del agua en los sitios de muestreo. Cabe señalar que un punto de muestreo debe ser monitoreado al menos 4 veces (se recomienda tomar muestras 2 veces en la estación húmeda y 2 veces en la estación seca).

#### **2.1.10.2. PARÁMETROS**

Segun Resolución Jefatural N° 084-ANA (2020), el método tiene en cuenta veinte (20) parámetros agrupados según sus propiedades (sustancias orgánicas y metales físico-químicos) según la clasificación de los cuerpos de agua continentales, según las categorías de cuerpos de agua naturales. Nivel poco profundo 4. La tabla 02 enumera los parámetros necesarios para determinar el ICARHS con base en información histórica, necesidades y circunstancias especiales. Los cálculos se realizan utilizando la información disponible, sin embargo, una vez aprobado el método, se deben tener en cuenta al menos todos los parámetros enumerados en la tabla 02.

**Tabla 02:** Parámetros a evaluar en el ICARHS.

<b>Materia orgánica</b>	<b>Categoría 1 Subcategoría A2 1/</b>	<b>Categoría 3 2/</b>	<b>Categoría 4 Subcategoría E2 3/</b>
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	X	X	X
Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X	
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X	X
Coliformes termotolerantes	X	X	X
Fósforo total	X		X
Amoniaco - N	X		
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			X
Hidrocarburos totales de petróleo 4/			X
<b>Físico-químico Metal</b>			
Potencial de hidrógeno (pH)	X	X	X
Arsénico	X	X	X
Aluminio	X	X	
Manganeso	X	X	
Hierro	X	X	
Cadmio	X	X	
Plomo	X	X	X
Boro 5/	X	X	

Cobre	X	X
Mercurio		X
Zinc		X
Sólidos suspendidos totales		X

---

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua, 2020

#### **2.1.11. ECA-AGUA**

Estándar de Calidad Ambiental (ECA), medida para determinar la concentración o cantidad de un elemento, sustancia o parámetro físico, químico y biológico en el aire, agua o suelo, que, en las condiciones en que actúa como receptor, no representa un riesgo significativo para la salud humana o el entorno; asimismo, el artículo 31, inciso 31.2 de la ley estipula que el ERP es obligatorio en la formulación de actos regulatorios y políticas estatales y tiene referencia obligatoria en la formulación y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental; De conformidad con lo dispuesto en el inciso 33.1 del artículo 33 de la ley, la Agencia Nacional del Medio Ambiente gestiona el proceso de elaboración y revisión de ECA y valores límite máximos permisibles (LMP)..

#### **2.1.12. CATEGORÍA 4 - CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

Se entiende como cuerpos de agua naturales superficiales pertenecientes a ecosistemas frágiles, reservas naturales y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características deben ser protegidas.

##### **b) Subcategoría E2: Ríos**

Se entiende por cuerpo de agua natural que se mueve continuamente en una dirección:

##### **- Ríos de la costa y sierra**

El Pacífico y el Titicaca están definidos por el río y sus afluentes que ingresan en las vertientes del canal y en la parte superior de las vertientes orientales de los Andes por encima de los 600 m sobre el nivel del mar.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Agua:** El agua constituye el 80% de la composición de la mayoría de los organismos vivos e interviene masiva y decisivamente en sus procesos metabólicos; también juega un papel importante en la fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de la mayoría de los organismos vivos.

**Eca del agua:** Los Criterios de Calidad Ambiental del Agua, o ECA, se utilizan para medir la calidad del agua en el medio ambiente, ya sea para consumo humano, riego o industria en una ciudad, región o país.

**ICARHS:** El análisis de herramientas matemáticas que integran muchos parámetros puede convertir estos datos en valores para caracterizar el estado de la calidad del agua del sitio de muestreo.

**Contaminación de la cuenca del Llallimayo:** Ubicado en Puno, que desemboca en el lago Titicaca, debido al supuesto accionar de empresas mineras.

**Contaminación minera:** Este tipo de contaminación ocurre cuando las empresas mineras vierten, gotean o transfieren ciertos químicos (como cianuro y ácido sulfúrico) de las minas a cuerpos de agua cercanos para separar los materiales necesarios del mineral.

**Percepción:** Este tipo de contaminación ocurre cuando ciertos químicos, como el cianuro y el ácido sulfúrico, utilizados por las compañías mineras para separar los materiales necesarios para separar el mineral, se filtran, gotean o mueven desde el sitio de la mina a cuerpos de agua cercanos.

## 2.3. MARCO LEGAL

### **Resolución Jefatural N° 084-ANA, 2020:**

Se creó un método para determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), que ayuda a evaluar el estado de calidad de los cuerpos de agua naturales definiéndolo de forma sencilla y comprensible. Este estudio fue confirmado por R. J. N° 084-2020-ANA.

### **Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos-2019**

Contiene la Ley N° 29338, regula el uso y la gestión de los recursos hídricos, incluidas las aguas superficiales, subterráneas, continentales y activos relacionados, y se extiende a las aguas marinas y atmosféricas cuando corresponda. También contiene las normas legales mencionadas anteriormente.

#### **Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 28611**

La Ley General del Ambiente, asegura que el estado promueva el tratamiento de aguas residuales para su reutilización si se logra la calidad de las aguas residuales requerida para su reutilización y no daña la salud humana, el medio ambiente o las actividades que reutilizan aguas residuales.

#### **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM**

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias.

Determinación de los niveles de concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, que son componentes básicos de los receptores y ecosistemas acuáticos y que no suponen un riesgo significativo para la salud humana o ambiental.

### **2.4. HIPÓTESIS**

#### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.

#### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), tiene una calificación de pésimo, distrito de Llalli-2023.
- La percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli -2023, es negativa.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Llalli está ubicado en el departamento de Puno, provincia de Melgar, Se encuentra localizado en la zona noroeste del departamento, entre los 3890 a 4100 m.s.n.m.



**Figura 01:** Mapa de la Provincia de Melgar, distrito Llalli.

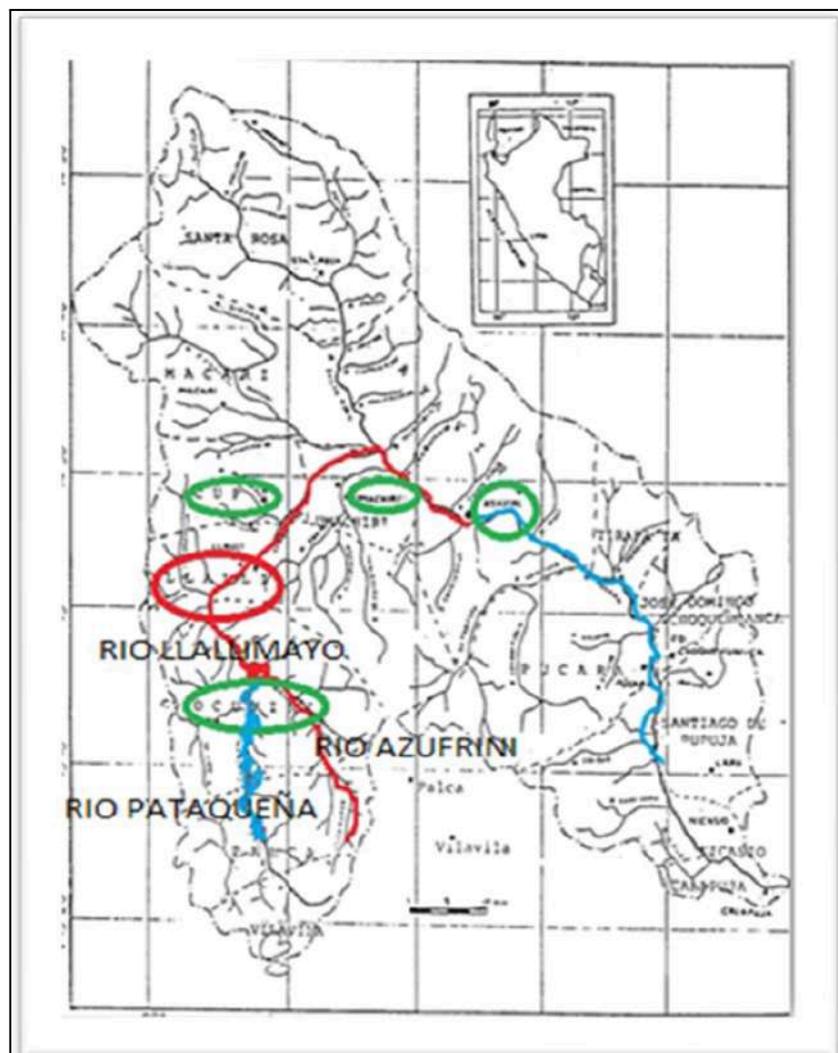
## 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

#### 3.2.1.1. Población para la aplicación de ICARHS

##### Cuenca Llallimayo

La cuenca Llallimayo nace sobre los 5 000 m.s.n.m. de la fusión del río Azufrini (de aguas cargadas con metales pesados, provenientes de la minera Aruntani S.A.C.). Ambos ríos al ingresar a la Provincia de Melgar forman una “Y” dando origen al río Llallimayo, el cual atraviesa la Provincia y discurre por los distritos de Llalli, Umachiri, Cupi y Ayaviri.



**Figura 02:** Ubicación de puntos de monitoreo de calidad del agua.

**Fuente:** Google Earth.

### 3.2.1.2. Población para la percepción sobre contaminación minera, Distrito de Llalli-2023

La población está conformada por los pobladores del distrito de Llalli, de la provincia de Melgar que vienen siendo afectados con la contaminación de la cuenca LLallimayo, esta población se estima en cerca de 120 pobladores.

### 3.2.2. MUESTRA

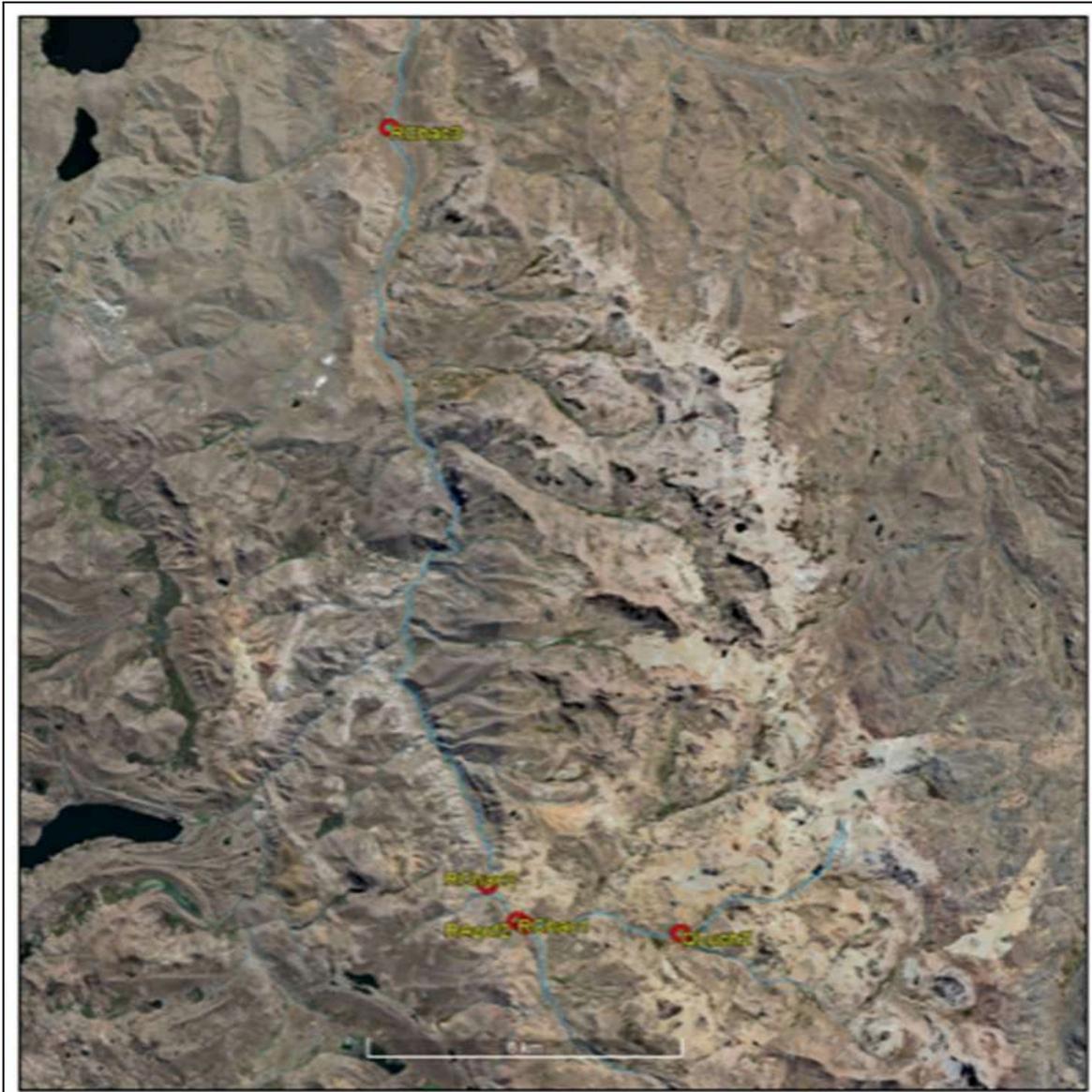
#### 3.2.2.1. Muestra para la aplicación de ICARHS.

La cantidad de muestras a recolectar se tomarán cuatro puntos de acuerdo a la red de monitoreo de calidad del agua superficial del río Llallimayo, como se detalla en la siguiente tabla 03.

**Tabla 03: Red de monitoreo de calidad de agua superficial en los cuerpos de agua tributarios del río Llallimayo.**

Código	Coord. UTM WGS84		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
QLuch2	303544	8311427	4636
RAzuf2	300592	8311659	4468
RChac1	300434	8311761	4460
RChac2	299889	8312555	4537

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua, 2021



**Figura 03:** Mapa de la red de monitoreo de la calidad de agua superficial en los cuerpos de agua en la parte alta de la cuenca Llallimayo.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua, 2021.

### 3.2.2.2. Muestra para la aplicación del cuestionario

En el presente estudio se recogió la muestra bajo el método no probabilístico, a consecuencia en la investigación se utilizó la muestra no aleatoria de tipo causal o fortuita, por este tipo de muestreo debe entenderse que se basa al sistema de muestreo no probabilístico el cual va a consistir en tomar una muestra de la población que está disponible y al alcance.

La muestra es no probabilística e intencional, se consideró un total de 120 representantes del Distrito de Llalli del 2023.

### **3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS**

#### **Tipo de investigación: Descriptivo, aplicada**

Este tipo de investigación es aplicada, porque tiene como objetivo generar conocimiento para su aplicación práctica y pretende resolver problemas que involucran objetivos previamente identificados. Está estrechamente relacionado con la investigación básica porque a menudo determina la aplicación práctica de los descubrimientos obtenidos mediante investigación pura. También implica el uso de conocimientos de diversas fuentes con el objetivo de lograr beneficios económicos y sociales.

En esta tipología, las estimaciones documentadas y basadas en información del ICARHS sobre la calidad del agua en la cuenca de Llallimayo, están representadas e integradas en un valor único para una fácil comprensión y comunicación. (Hernández y Mendoza Torres, 2018)

#### **Nivel de investigación: Descriptivo.**

La presente investigación corresponde a un nivel descriptivo correlacional, dado que el objetivo del trabajo de investigación es medir o recopilar información de forma conjunta sobre las variables objeto de estudio, se ha intentado aclarar la naturaleza de los parámetros fisicoquímicos metálicos y orgánicos. Correlación, porque mide dos variables, comprende y evalúa la relación estadística entre ellas sin verse afectada por variables externas.

#### **Diseño de investigación: No experimental- transversal.**

Así mismo el diseño es no experimental cuantitativo, debido a que se realiza sin manipular deliberadamente las variables y es de carácter descriptivo transversal simple (Sánchez, Reyes & Mejía, 2018, p. 81)

El diseño fue de tipo no experimental, esto se debe a que no se manipularon las variables y se realizaron cálculos para las estimaciones del ICARHS, utilizando la fórmula

metodológica del Índice de Calidad Ambiental de los recursos hídricos superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua en 2020.

### **3.3.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DEL RÍO DE LLALLIMAYO.**

#### **3.3.1.1. Técnicas de recolección de datos para (ICARHS)**

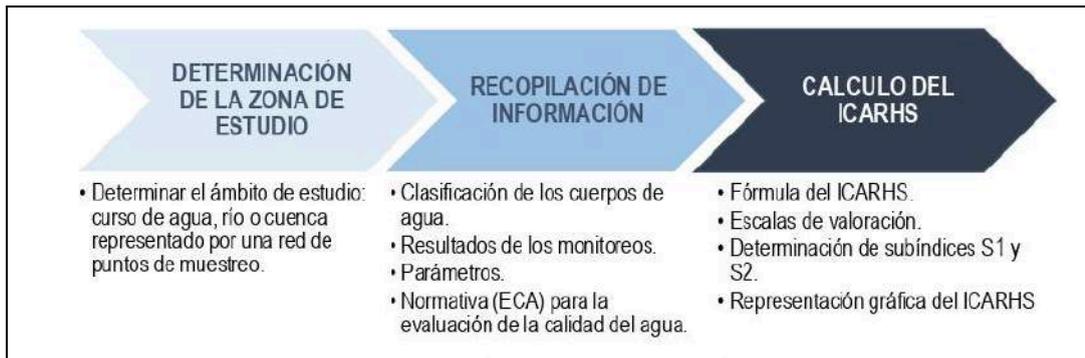
El análisis de documentos es el método de recopilación de datos utilizado para calcular el ICARHS mediante la recopilación y organización de datos proporcionados por la autoridad nacional del agua, para proporcionar una estructura de datos organizada para cada punto de monitoreo evaluado.

#### **3.3.1.2. Instrumentos de recolección de datos para (ICARHS)**

En vista al enfoque cuantitativo de la investigación, y con base en la metodología de cálculo del ICARHS se creó la “Matriz de Sistematización y Cálculo del ICARHS” como herramienta de recolección de datos de esta variable. Según el método de prueba de ANA, utilizando la programación de Microsoft Excel, utilizando esta matriz, pudieron obtener datos de cada punto de evaluación en los resultados numéricos y cromáticos del ICARHS.

#### **3.3.1.3. Procedimiento para el cálculo del ICARHS**

Los cálculos del ICARHS en los puntos de monitoreo de calidad del agua evaluados instalados en la cuenca Llallimayo se desarrollaron de acuerdo con lo establecido en la Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA. Esta resolución aprobó la metodología de esta herramienta elaboramos un informe de investigación según los siguientes criterios:



**Figura 04:** Etapas del ICARHS.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua, 2020.

#### **a: Determinación de la zona de estudio**

El cálculo del ICARHS, la información de los puntos de muestreo se puede utilizar para desarrollar flujos de agua superficiales, pero los puntos de muestreo deben tener información histórica de observaciones anteriores (al menos cuatro observaciones por punto de muestreo). Esa determinación es parte del desarrollo de un diagnóstico de la calidad de los recursos de aguas superficiales que se presentará a los departamentos de hidrología interesados.

#### **b: Recopilación de información**

Como base para la determinación del ICARHS, se requieren varias condiciones, que se describen a continuación.

#### **Resultados de los monitoreos de calidad de agua**

Resultados de la evaluación del estado de calidad del agua de la cuenca (o parte de un curso de agua) en comparación con los estándares actuales de calidad del agua. Para desarrollar este método, se deben ubicar uno (1) o más sitios de muestreo a lo largo de cuerpos de agua naturales de acuerdo con los protocolos de monitoreo estatales aplicables. Se debe compilar toda la información histórica obtenida del monitoreo de la calidad del agua en los sitios de muestreo. Cabe señalar que un punto de muestreo debe ser monitoreado al menos 4 veces (se recomienda tomar muestras 2 veces en la estación húmeda y 2 veces en la estación seca).

#### **c: Parámetros**

La presente metodología contempla veinte (20) parámetros, según las categorías de cuerpos de agua naturales, según la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales, se agrupan según sus propiedades (sustancias orgánicas y metales fisicoquímicos), se proponen los parámetros necesarios para la determinación del ICARHS del cuerpo de agua con base en información histórica, necesidades y condiciones específicas. Los cálculos se realizaron utilizando la información disponible, pero luego de confirmar el método, se deben tener en cuenta al menos todos los parámetros especificados (en la tabla 02).

#### **d: CÁLCULO DEL ICARHS**

##### **Fórmula base del ICARHS**

Se aplicó la fórmula elaborada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI)

$$\text{CCMEWQI} = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

### F1- Alcance:

Representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para Agua) vigente<sup>6</sup>, respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N}^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}}$$

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

$$F_2 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N}^\circ \text{ total de datos evaluados}}$$

Datos = Resultados de los monitoreos

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

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

Suma Normalizada de Excedentes (SNE)

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

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

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

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

**Caso 2:** Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA para Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el



<sup>6</sup> Según D.S. N° 004-2017-MINAM

**Figura 05:** Factores para el cálculo del ICARHS. Adaptado de (ANA, 2020, p. 8).

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua, 2020.

Oxígeno Disuelto (> 4), pH (>6.5, <8.5), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

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

Una vez obtenido el valor de los factores (F1, F2, y F3) se procede a realizar el Cálculo de cada subíndice:

**e: Escalas de valoración**

El resultado del ICARHS, se expresa como un número adimensional entre 0 y 100 y se puede ampliar en cinco rangos. Este valor corresponde al estado de la calidad del agua, como Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente, (Ver tabla 04).

**Tabla 04** : Valoración del ICARHS.

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 – 100	<b>Excelente</b>	0 112 255	La calidad del agua está protegida, no amenazada ni en peligro, y en condiciones muy cercanas a las naturales o ideales.
80 – 94	<b>Bueno</b>	0 197 255	La calidad del agua está algo alejada de la calidad del agua natural. Sin embargo, la situación ideal puede ser que exista una amenaza o un daño pequeño.
65 - 79	<b>Regular</b>	85 255 0	La calidad natural del agua puede verse amenazada o perjudicada. La calidad del agua a menudo se desvía de los valores deseados. Muchos usos requieren tratamiento.
45 - 64	<b>Malo</b>	255 170 0	La calidad del agua a menudo no cumple con los objetivos de calidad y las condiciones deseadas se ven amenazadas o comprometidas. Muchos usos requieren tratamiento.
0 - 44	<b>Pésimo</b>	255 0 0	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad del agua y en la mayoría de los casos está amenazada o dañada. Todo uso requiere tratamiento.

**Fuente:** (Autoridad Nacional del Agua, 2020, p. 9).

#### **f: Determinación de subíndices**

El cálculo del ICARHS, depende de 2 subíndices, que serán asignados como S1 y S2, Se calcula en función de ciertos parámetros interrelacionados y la puntuación final está determinada por el valor más bajo y los resultados de la puntuación crítica. Ver figura 06.

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

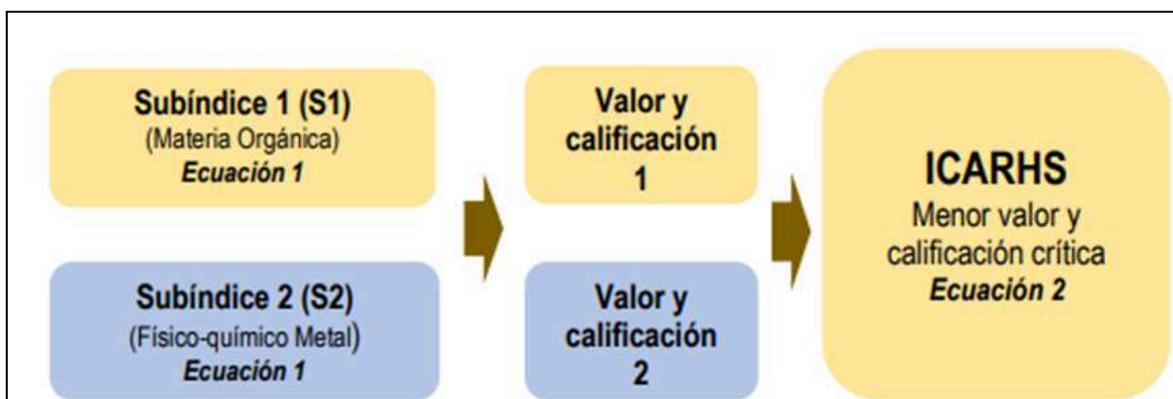
*Ecuación (2)*

mín.:

mínimo

S1: Subíndice 1

S2: Subíndice 2



**Figura 06:** Determinación de subíndices del ICARHS.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua, 2020

### 3.3.2. LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN MINERA, EN EL DISTRITO DE LLALLI.

#### 3.3.2.1. Técnicas de recolección de datos para cuestionario

Esta encuesta se realiza entre los residentes de las principales áreas de la cuenca del Llallimayo, y es un método de encuesta utilizado con el propósito de recolectar información sobre la contaminación del agua causada por las minas en la unidad de prospección hidrológica.

#### 3.3.2.2. Instrumentos de recolección de datos para el cuestionario

El cuestionario, como instrumento de investigación contiene un conjunto de preguntas que se utilizan para recopilar información útil de los encuestados. (Baena, 2017, p. 82), será empleado para conocer la percepción de la población sobre la contaminación minera, en el distrito de Llalli, estará integrado por 18 preguntas distribuidas en cada una de las dimensiones consideradas (Contaminación del agua, Calidad del agua, Uso del agua,

Efectos del agua), evaluados mediante la escala de Likert con las siguientes valoraciones

1 = Si    2 = No    3 = Tal vez, ver anexo 02

(Cuestionario – Percepción de la población sobre la contaminación del agua por la minería.)

### **Validación de Instrumento**

La validez del instrumento está validado por un experto, según el formato especificado (Ver anexo 03).

En primera instancia, la validación del cuestionario fue verificada por un experto, a quien hizo llegar el instrumento (Cuestionario), para que pudiera hacer un análisis de cada pregunta. En este proceso se contó con la ayuda del Msc Fredy Aparicio Castillo Suaquita.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 05:** Operacionalización de variables de la investigación.

<b>Variab</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Variable independiente:</b> Índice de calidad de agua (ICARHS)	Estado de calidad de agua.	Calificación (ICARHS): Excelente Buena Regular Mala Muy mala.	Informes de monitoreo del río de Llallimayo por Autoridad Nacional del Agua (ANA) -Puno
	Monitoreo en puntos de muestreo.	Número de monitoreos de calidad de agua superficial efectuados por la ANA en la bahía de interior de lago Titicaca entre periodo	
	Materia Orgánica Físico -Químico (Metal)		
<b>Variable dependiente:</b> Percepción de la población.	Contaminación del agua. Calidad del agua Uso del agua Efectos del agua.	Nivel de percepción Positiva Regular Negativa.	<b>Técnica:</b> Encuesta <b>Instrumento:</b> Cuestionario

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Los métodos estadísticos utilizados en este estudio son métodos deductivos e inductivos y se desarrolló utilizando estadísticas de correlación descriptivas con métodos cuantitativos en mente.

### Distribuciones de frecuencia:

Una tabla de frecuencia es una herramienta estadística que se utiliza para organizar y resumir información sobre la distribución de datos. Consiste en una estructura de columnas que muestra las diferentes categorías o valores de una variable y el número de veces que aparece cada categoría en el conjunto de datos.

En general, nos referimos a C como una característica cualitativa y sus diversas modalidades. Si se observa un rasgo C entre N individuos de una población, la distribución de frecuencia de C N observaciones se resume como:

frecuencia absoluta,

$n_i$  = número de individuos que presentan la modalidad  $C_i$

y en la frecuencia relativa,

$$f_i = \frac{n_i}{N} = \text{proporción de individuos que presentan la modalidad } C_i.$$

Si los modos permiten relaciones de orden, la distribución de frecuencia también se puede describir como:

la frecuencia absoluta acumulada,

$$N_i = \sum_{j=1}^i n_j = \text{número de individuos que presentan la modalidad } C_i \text{ o una modalidad "menor"},$$

y la frecuencia relativa acumulada

$$F_i = \frac{N_i}{N} = \sum_{j=1}^i f_j = \text{proporción de individuos que presentan la modalidad } C_i \text{ o una modalidad "menor"}.$$

En la figura 07 se presenta la distribución de frecuencia de la característica C:

Distribución de frecuencias de C				
C	$n_i$	$f_i$	$N_i$	$F_i$
$C_1$	$n_1$	$f_1 = \frac{n_1}{N}$	$N_1$	$F_1$
$C_2$	$n_2$	$f_2 = \frac{n_2}{N}$	$N_2$	$F_2$
$C_k$	$n_k$	$f_k = \frac{n_k}{N}$	$N_k$	$F_k$
	$N$	1		

**Figura 07:** Distribución de frecuencias de C.

**Coefficiente de correlación de Spearman:**

El coeficiente de correlación de Spearman es una medida no paramétrica de correlación de rango (la dependencia estadística de las calificaciones entre dos variables). También se encuentra en -1 y 1 ya que se utiliza principalmente para el análisis de datos.

$$r_R = 1 - \frac{6\sum_i d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

n= número de puntos de datos de las dos variables

di= diferencia de rango del elemento «n»

**Tabla 06:** Grado de relación según coeficiente de correlación.

Rango	Relación
-0.91 a - 1.00	Correlación negativa perfecta
- 0.76 a - 0.90	Correlación negativa muy fuerte
- 0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
- 0.11 a - 0.50	Correlación negativa media
-0.01 a - 0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+ 0.11 a +0.50	Correlación positiva media.
+ 0.11 a + 0.75	Correlación positiva considerable.
+ 0.75 a + 0.90	Correlación positiva muy fuerte.
+0.91 a + 1.00	Correlación positiva perfecta.

**Valor p de significancia del coeficiente de correlación de Spearman  $r_s$**

Se debe considerar la significancia del valor de  $r_s$  dado por el valor de p obtenido mediante software estadístico. Cuando el valor p es inferior a 0,05, se puede concluir que la relación es significativa a un nivel de significancia de 0,05.

## CAPÍTULO IV

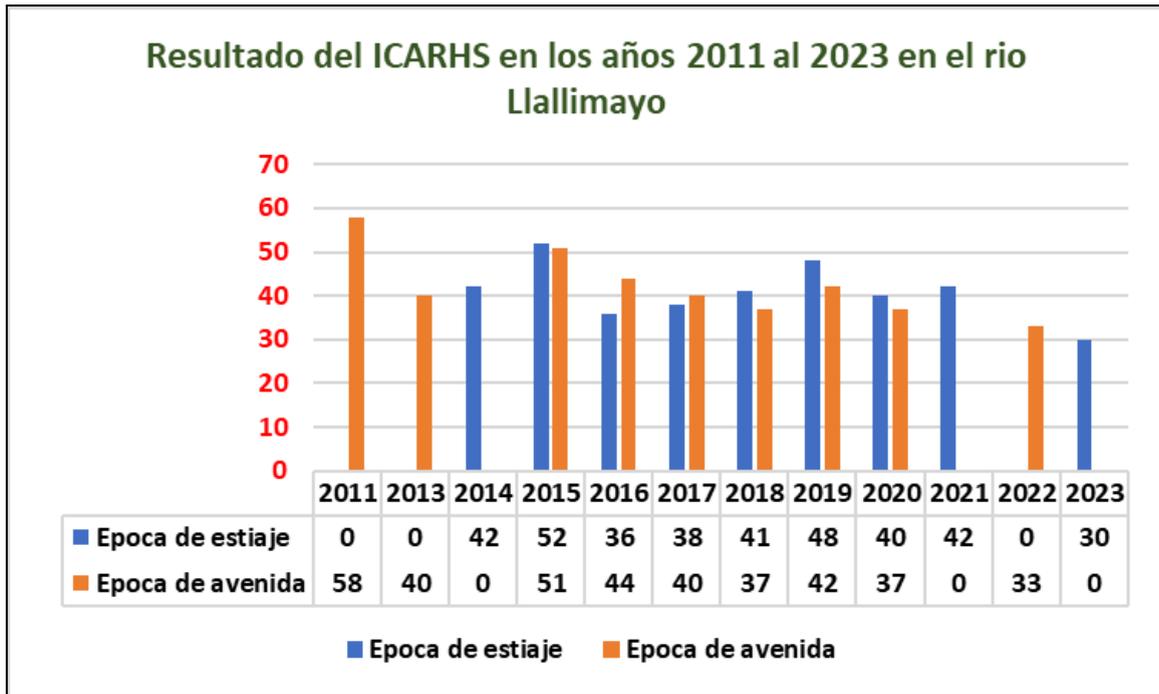
### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### **4.1. RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LLALLIMAYO APLICANDO EL MÉTODO (ICARHS) Y LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN FRENTE A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA MINERÍA, DISTRITO DE LLALLI-2023.**

En el presente capítulo se muestran los resultados de la investigación, codificados y generados a través de figuras y tablas, se expone el valor y calificación de ICARHS del río Llallimayo y las percepciones de la población del distrito de Llalli frente a la contaminación del agua por la minería; enseguida se hace una descripción de resultados del valor de ICARHS en los años del 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023, sustentados a través del cálculo de excel, y la percepción de la población mediante el cuestionario que está en el anexo 02, expresado en figuras.

**Tabla 07:** Calificación de ICARHS en los años del 2011 al 2023 en el río Llallimayo.

<b>Valor de ICARHS del río Llallimayo</b>			
<b>Años</b>	<b>Época de estiaje</b>	<b>Época de avenida</b>	<b>Calificación de ICARHS</b>
2011	0	58	Malo
2013	0	40	Pésimo
2014	42	0	Pésimo
2015	52	51	Malo
2016	36	44	Pésimo
2017	38	40	Pésimo
2018	41	37	Pésimo
2019	48	42	Pésimo
2020	40	37	Pésimo
2021	42	0	Pésimo
2022	0	33	Pésimo
2023	30	0	Pésimo



**Figura 08:** Calificación de ICARHS en los años del 2011 al 2023 en el río Llallimayo.

Se observa, en la tabla 07 y la figura 08, se muestra el resumen de los resultados de los valores de ICARHS, en los cuatros puntos en estudio, del río Llallimayo, se observa que su calificación de ICARHS es pésimo fluctúan entre 40 a 44, en los años (2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023), también se tiene una calificación de ICARHS de malo siendo 45 y 47 en los años (2011 y 2015), para la época de estiaje y para la época de avenidas. Dichos valores alcanzados nos permiten inferir que la calidad del agua está entre malo a pésimo.

Por otro lado, los datos que reportó Carhuasuica y Gonzales (2022), en donde el valor del ICARHS es 66.057 y su escala de valoración es regular, también estos resultado no guardan relación con el estudio de Monjarás (2021), 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.

#### 4.1.1. PRUEBA DE NORMALIDAD

**Tabla 08:** Prueba de normalidad para una muestra.

<b>Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra</b>		<b>Calidad del río Llallimayo</b>	<b>Percepción de la población</b>
<b>N</b>		12	120
<b>Parámetros normales</b>	<b>Media</b>	41,3333	19,3167
	<b>Desv. Desviación</b>	7,21033	3,21494
<b>Estadístico de prueba</b>		0,213	0,189
<b>Sig. asintótica(bilateral)</b>		,000 <sup>c</sup>	,000 <sup>c</sup>

La tabla 08, registra los puntajes de la Prueba de Kolmogorov-Smirnov para que se aplica cuando las muestras son superiores a los 50 participantes ( $n > 50$ ). Se determina que las variables con cada una de sus dimensiones, difieren en su normalidad, debido a que se registran niveles de significancia asintótica menor que el 5% (0,05), concluyendo que los datos siguen una distribución no paramétrica, aplicándose para esta investigación la prueba no paramétrica correlación de Rho de Spearman.

##### 4.1.1.1. Prueba de hipótesis general

Para la determinación de la calidad del río Llallimayo a través de la metodología ICARHS y la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023. Se empleó el coeficiente de correlación de Spearman, donde se obtuvo un nivel de significancia de dichos resultados. A continuación, se indican los criterios que se consideraron.

##### **Prueba de hipótesis:**

**H1:** La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.

**H0:** La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), no influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.

**Tabla 09:** La calificación de ICARHS influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.

Calificación de ICARHS		Frecuencia	Porcentaje	Nivel de percepción	Frecuencia	Porcentaje
		a	e	n	a	
<b>Pésimo</b>	(0-44)	10	83	<b>Positiva</b>	10	8
<b>Malo</b>	(45-64)	2	17	<b>Regular</b>	15	13
<b>Regular</b>	(65-79)	0	0	<b>Negativa</b>	95	79
<b>Total</b>		12	100	<b>Total</b>	120	100

**Tabla 10:** Prueba de estadística no paramétrica de correlación de Spearman.

		Correlaciones		
			ICARHS río Llallimayo	Percepción de la población
Rho de Spearman	ICARHS río Llallimayo	Coeficiente de correlación	1,000	,732**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	3	3
	Percepción de la población	Coeficiente de correlación	,732**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	
		N	3	3

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

### Interpretación:

En la tabla 10, se observa que existe una p-valor de 0.00 la cual es menor a 0.05, por consiguiente se rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que podemos afirmar que existe una relación positiva significativa entre la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método ICARHS, influyendo significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, realizada en el distrito de Llalli- 2023. Es decir hay una dependencia o correlación positiva considerable de 0,732, entre la variable calidad del agua y la percepción de la población.

### 4.2. RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LLALLIMAYO APLICANDO EL MÉTODO (ICARHS), DISTRITO DE LLALLI -2023.

Se efectuó el ICARHS con los resultados de las muestras realizadas en 4 puntos, en 12 periodos en el Río Llallimayo, posterior a ello se detalla la calificación por punto de muestreo.

En la siguientes figuras se muestra el cálculo del ICARHS en cada punto de monitoreo en la época de estiaje y avenida, se realizó primero la comparación de los datos del monitoreo con los valores establecidos en el ECA y se halló que los parámetros que sobrepasan al valor del ECA, después se procedió a calcular el número de parámetros que no cumplen, el número total de parámetros por punto, Alcance (F1), Amplitud (F2), Frecuencia (F3), excedentes y sumatoria de excedentes, al realizar este procedimiento se calculó y valorizo el ICARHS en cada punto para así poder hallar los subíndices y poder hacer la representación correspondiente.

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2011								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	7.91	7.14	8.3	9.31	1
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	900	491	693	550	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	6.26	5.55	4.89	8.15	0
	DBO5	mq/L	15	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DQO	mq/L	40	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.098	0.028	0.163	0.051
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.005	0
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	<0.003	0.024	<0.003	<0.003	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	<0.003	0.041	0.005	<0.003	0
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0
Plomo (Pb)		mq/L	0.05	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.007	0.107	0.007	0.004	0
Manganeso		mq/L	0.2	0.0214	0.5182	0.0288	0.0138	1
Hierro		mq/L	5	0.166	2	0.143	0.043	0
Coliformes Termotolerantes		NMP/100 mL	1000	N.A	N.A	N.A	N.A	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			3			3	
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			3				
	Número Total de Datos			48				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1		18.75					
	F2		6.25					
	pH	Unidad de pH					0.108	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L				0.63		
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L						
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L						
	Hierro	mq/L			1.591			
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL						
	Sumatoria de los excedentes			2.33				
	F3			69.96				
ICARHS			58			Malo		

Figura 09: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2011.

## Interpretación

Nos indica figura 09, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2011, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 58 encontrándose en un índice de 45-64, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Malo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

Estos resultados no guardan relación con la investigación de Vargas (2021), desarrollado en Carabaya, en la que concluye que los ICARHS en la cuenca del río San Gabán, que abarca los poblados de Macusani, Ollachea y San Gabán, dentro de su variación espacial y temporal fluctúan entre 76 a 91, para la época de estiaje y para el periodo de avenidas de igual manera entre 76 y 91. Dichos valores alcanzados nos permiten inferir que la calidad del agua está entre regular a bueno, para el período analizado 2016-2020, que fue de cinco (05) años.

Estos resultados guardan relación con la investigación Carhuasuica y Gonzales (2022), se muestran los resultados registran valores donde se determinó el Índice de Calidad del agua del río Vilcanota, en época de avenida, en el primer monitoreo una valorización de MALA con un valor de 60.631. Se tuvo en cuenta que los resultados en la época de avenida también sobrepasan los valores que se tienen establecidos por el ECA – Agua esto se debe al incremento de las aguas residuales generadas por la minería que son vertidas sin ningún tratamiento al río Llallimayo.

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2013								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	6.83	7.06	6.95	7.13	0
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	7.04	6.25	5.26	6.07	0
	DBO5	mq/L	15	4.06	4.4	<2.0	3.82	0
	DQO	mq/L	40	<10.0	<10.0	<10.0	12.5	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.121	0.149	0.049	0.002
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	<0.0004	<0.0004	0.00077	<0.0004	0
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	<0.0004	<0.0004	0.039341	0.036936	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.00215	0.0016	0.10914	0.033215	0
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.020447	0.0124	0.0207	0.0128	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	<0.003	<0.003	0.17207	0.125335	0
Manganeso		mq/L	0.2	0.01564	0.1221	0.73156	0.81348	2
Hierro		mq/L	5	0.08987	0	2.35983	0.19042	0
MICROBIOLÓGICOS	Termotolerantes	NMP/100mL	1000	2	2	<1.8	<1.8	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			2			4	
	Número Total de parámetros a Evaluar			4				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			16				
	Número Total de Datos			60				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			50.00				
	F2			26.67				
	pH	Unidad de pH						
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L		0.2145	0.4922			
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L						
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L				2.6578	4.0674	
	Hierro	mq/L						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL							
Sumatoria de los excedentes			7.43					
F3			88.14					
ICARHS			40			Pésimo		

Figura 10: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2013.

## Interpretación

Nos indica figura 10, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2013, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 40, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

En el ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2013, a partir de 4 puntos de monitoreo, resulta de 40, que indica que la calidad es pésimo, mientras que en el estudio realizado por Vargas (2021), en la escala de valoración del ICARHS en las localidades de Macusani, Ollachea y San Gabán, tanto en la época seca como lluviosa, se encuentran como “buena”, además en el estudio se evidencia diferencias significativas del ICARHS en las diferentes estaciones monitoreadas.

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2014								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	8.33	8.38	6.1	6.65	1
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	264	284.4	284.1	319.1	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DBO5	mq/L	15	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	0
	DQO	mq/L	40	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	3.674	0.040	0.031	0.009
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	<0.0004	<0.0004	0.001355	0.00071	0
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	<0.0004	<0.0004	0.02036	0.02429	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.0024	0.0023	0.09919	0.03718	0
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.00402	0.0063	0.0061	0.0065	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.00307	0.01	0.094395	0.08863	0
Manganeso		mq/L	0,2	0.01433	0.023	0.30825	0.51148	2
Hierro		mq/L	5	0.3307	0	4.566	1.3505	0
MICROBIOLÓGICOS		Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	2	1700	<1.8	<1.8
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			4				
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			5				
	Número Total de Datos			60				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			25.00				
	F2			8.33				
	pH	Unidad de pH				0.377049		
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L		35.74				
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L						
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L				0.54125	1.5574	
	Hierro	mq/L						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL			0.7			
	Sumatoria de los excedentes			38.92				
	F3			97.49				
ICARHS			42				Pésimo	

Figura 11: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2014.

## Interpretación

Nos indica figura 11, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2014, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 42, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

En el estudio de Ortega (2023), tiene como resultado de 62.66 encontrándose en un índice de 65 – 79, lo cual indicaría una calificación de “Regular”, que se interpreta que ocasionalmente se encuentra amenazada y que a menudo se aleja de los valores que se desea, lo indica que necesitan algún tratamiento, en el estudio realizado al río de Llallimayo también expuso resultados no parecidos ya que en los 4 puntos de muestreos presentó calificaciones de 42 (Pésimo).

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2015								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego					
			6,5 – 8,4 Bebida	8.89	5.82	8.1	8.71	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego	505.9	490.3	525	409.3	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego	7.43	4.1	4.12	4.68	0
			≥ 5 Bebida					
	DBO5	mq/L	15	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DQO	mq/L	40	5.37	17.32	3.38	3.00	0
Aceites y grasas	mq/L	5 Riego						
		10 Bebida	0.5	0.5	0.5	0.5	0	
INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego	0.0664	0.01 62	0.0501	0.0152	0
			0.2 Bebida					
	Cadmio (Cd)	mq/L	0.01 Riego	0.0004	0.0017	0.0004	0.004	0
			0.05 Bebida					
	Niquel (Ni)	mq/L	0.2 Riego	0.0005	0.0467	0.0128	0.0005	0
			1 Bebida					
	Cobre (Cu)	mq/L	0.2 Riego	0.0015	0.173	0.0361	0.0082	0
			0.5 Bebida					
	Mercurio (Hg)	mq/L	0.001 Riego	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0
			0.01 Bebida					
Plomo (Pb)	mq/L	0,05	0.0026	0.0025	0.002	0.0021	0	
Zinc (Zn)	mq/L	2 Riego	0.0042	0.1767	0.027	44	0	
		24 Bebida						
Manganeso	mq/L	0,2	0.0202	0.8078	0.2539	0.0143	2	
Hierro	mq/L	5	0.1794	5.9943	0.8421	0.1418	1	
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	1.8	1.8	2	170	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			3				
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			6				
	Número Total de Datos			60				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			18.75				
	F2			10.00				
	pH	Unidad de pH		0.0583	0.4433		0.037	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L						
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L			3.039	0.2695		
	Hierro	mq/L			0.1989			
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL						
	Sumatoria de los excedentes			4.05				
	F3			80.18				
ICARHS			52				Malo	

Figura 12: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2015.

## Interpretación

Nos indica figura 12, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2015, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 52, encontrándose en un índice de 45 - 64, lo cual tiene una calificación de ICARHS de "Malo", interpretada que 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, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2015								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	6.29	6.43	7.54	8.6	2
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	335	817	650	627	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DBO5	mq/L	15	4	<3	<3	<3	
	DQO	mq/L	40	12.00	<6	<6	<6	
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	<0.007	<0.007	0.032	0.022
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	<0.002	<0.002	0.214	0.203	0
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.105	0.01	0.033	0.006	0
Manganeso		mq/L	0,2	0.279	0.243	0.299	0.512	4
Hierro		mq/L	5	1.529	5.99	12.11	5.622	3
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	N.A	N.A	N.A	N.A	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			3				
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			9				
	Número Total de Datos			56				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			18.75				
	F2			16.07				
	pH	Unidad de pH				0.11406	0.024	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L						
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		0.395	0.215	0.495	1.56	
	Hierro	mq/L			0.198	1.422	0.1244	
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL						
	Sumatoria de los excedentes			4.55				
F3			81.97					
ICARHS			51				Malo	

Figura 13: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2015.

## Interpretación

Nos indica figura 13, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2015, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 51, encontrándose en un índice de 45 - 64, lo cual tiene una calificación de ICARHS de "Malo", interpretada que 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, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

Coincide con la investigación de Rodríguez Amézquita, (2020), 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.

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2016								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	5.46	5.23	7.35	8.63	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	338	408	331.6	293.9	
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	5.5	5.6	3.35	6.78	1
	DBO5	mq/L	15	3	3	2.9	5	
	DQO	mq/L	40	8	16	16	6	
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.9	0.9	0.9	0.9	
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.409	0.0069	0.0069	0.0069
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00017	0.0012	0.00017	0.00017	
Níquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.51	0.0019	0.0019	0.0019	1
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.00009	9E-05	0.00009	0.00009	
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.00009	0.053	0.00009	0.00009	1
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.025	0.0211	0.19	0.0098	
Manganeso		mq/L	0,2	1.409	0.682	0.056	0.057	2
Hierro		mq/L	5	1.675	36.63	7.176	2.413	2
MICROBIOLOGICOS		Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	70	11	4600	460
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			8				12
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			12				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			50.00				
	F2			18.75				
	pH	Unidad de pH		0.538462	0.6061		1.027	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L				0.19403		
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L		3.09				
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Níquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L		1.55				
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L			0.06			
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		6.045	2.41			
	Hierro	mq/L			6.326	0.4352		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL					3.6		
Sumatoria de los excedentes			25.88					
F3			96.28					
ICARHS			36					Pesimo

Figura 14: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2016.

## Interpretación

Nos indica figura 14, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2016, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 36, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

Los resultados obtenidos de la investigación con relación al modelamiento de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca - Chili, Arequipa en Monjarás (2021), 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”, en comparación con los resultados obtenidos hay una diferencia significativa.

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2016								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	5.32	7.98	8.61	8.7	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	960.9	676.9	277.5	1845	
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	5.82	6.07	3.5	4.95	1
	DBO5	mq/L	15	2.9	2.9	2.9	2.9	
	DQO	mq/L	40	6	6	12	8	
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.9	0.9	0.9	0.9	
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.0069	0.009	0.0069	0.0069
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00018	0.0002	0.00018	0.00018	
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.002	0.0019	0.002	0.002	
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.00009	9E-05	0.00009	0.00009	
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.008	0.075	0.0009	0.002	1
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.069	0.113	0.007	0.009	
Manganeso		mq/L	0,2	0.017	0.331	0.264	0.344	3
Hierro		mq/L	5	0.043	4.816	6.918	4.428	2
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	1.79	1.79	4500	1300	2
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			6				
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			12				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			37.50				
	F2			18.75				
	pH	Unidad de pH		0.578947		0.012941	0.023529	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L				0.142857		
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L						
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L			0.5			
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L			0.655	0.32	0.72	
	Hierro	mq/L			0.0382	0.3836		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL				3.5	0.3		
Sumatoria de los excedentes			7.18					
F3			87.77					
ICARHS			44				Pesimo	

Figura 15: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2016.

## Interpretación

Nos indica figura 15, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2016, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 44, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2017								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RIU01	RIU02	RIU03	RIU04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	6.29	5.17	5.35	6.37	4
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	817.4	695.2	349.1	358.4	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	8.63	8.63	8.17	9.55	0
	DBO5	mq/L	15	1.9000	1.9000	5	1.9000	0
	DQO	mq/L	40	2	5	1.9	1.9	
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.9	0.9	2.0	0.9	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.00091	0.01821	0.000029	0.0013
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00179	0.00535	0.00009	0.00071	0
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.03	0.11	0.0076	0.00660	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.08561	0.5297	0.0008	0.7753	2
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.00019	0.0610	0.00019	0.00060	1
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.1012	0.5781	0.4877	0.0018	
Manganeso		mq/L	0,2	3.455	0.5763	0.03607	0.38007	3
Hierro		mq/L	5	2.641	36.63	17.81	18.11	3
MICROBIOLOGICOS		Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	1.79	1100.00	1.79	1700.00
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			6				15
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			15				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			37.50				
	F2			23.44				
	pH	Unidad de pH		0.335	0.625	0.570	0.319	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L			1.649		2.877	
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L			0.22			
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		16.28	1.88		0.90	
	Hierro	mq/L			6.33	2.56	2.62	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL			0.1		0.7		
Sumatoria de los excedentes			37.96					
F3			97.43					
ICARHS			38				Pesimo	

Figura 16: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2017.

## Interpretación

Nos indica figura 16, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2017, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 38, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2017								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RIJ01	RIJ02	RIJ03	RIJ04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	7.3	3.3	3.45	4.6	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	80.22	734.00	570.5	346.5	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	6.55	6.2	5.7	6.5	0
	DBO5	mq/L	15	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DQO	mq/L	40	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.00057	0.02361	0.01974	0.01399
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	< 0.00001	0.02268	0.00254	0.00825	1
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	< 0.00002	0.00156	< 0.00002	0.00067	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.00077	0.9142	0.30672	0.36694	3
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	< 0.0002	0.001	0.023	0.0003	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	< 0.0100	0.4588	0.3155	0.1908	0
Manganeso		mq/L	0,2	0.10738	1.8990	0.5383	0.8149	3
Hierro		mq/L	5	0.5869	21.51	20.39	8.537	3
MICROBIOLOGICOS		Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			5				13
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			13				
	Número Total de Datos			52				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			31.25				
	F2			25.00				
	pH	Unidad de pH		1.55	1.43	0.83		
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L		1.27				
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L		3.57	0.53	0.83		
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		8.50	1.69	3.07		
	Hierro	mq/L		3.30	3.08	0.71		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL							
Sumatoria de los excedentes			30.36					
F3			96.81					
ICARHS			40				Pesimo	

Figura 17: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2017.

## Interpretación

Nos indica figura 17, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2017, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 40, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2018									
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE						
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04			
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	4.011	7.043	7.121	8.612	2	
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	707.3	191.6	199.6	250.1	0	
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	5.465	5.676	5.957	5.096	0	
	DBO5	mq/L	15	1.99	1.99	1.99	1.99	0	
	DQO	mq/L	40	2.0	1.99	1.99	1.99	0	
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.99	0.99	0.99	0.99	0	
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.00108	0.000029	0.000029	0.0008	0
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00145	0.000009	0.000009	0.000009	0	
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.0040	0.0038	0.0007	0.00019	0	
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.6641	0.04090	0.9476	0.6369	3	
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0	
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.0030	0.05590	0.0048	0.00030	1	
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.1196	0.4328	0.4511	0.0113	0	
Manganeso		mq/L	0,2	0.00494	0.7463	1.606	0.07369	2	
Hierro		mq/L	5	0.0117	0.0213	43.59	15.77	2	
MICROBIOLOGICOS		Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	49.00	1.79	2.0	170	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			5				10	
	Número Total de parámetros a Evaluar			16					
	Número de datos que NO cumplen el ECA			10					
	Número Total de Datos			64					
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>		<b>31.25</b>						
	<b>F2</b>		<b>15.63</b>						
	pH	Unidad de pH		1.09			0.03		
	Conductividad	µS/cm							
	Oxígeno Disuelto	mq/L							
	DBO5	mq/L							
	DQO	mq/L							
	Aceites y grasas	mq/L							
	Arsénico (As)	mq/L							
	Cadmio (Cd)	mq/L							
	Niquel (Ni)	mq/L							
	Cobre (Cu)	mq/L		2.32		3.74	2.18		
	Mercurio (Hg)	mq/L							
	Plomo (Pb)	mq/L			0.12				
	Zinc (Zn)	mq/L							
	Manganeso	mq/L			2.73	7.03			
Hierro	mq/L				7.72	2.15			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL								
Sumatoria de los excedentes			29.11						
<b>F3</b>		<b>96.68</b>							
<b>ICARHS</b>		<b>41</b>						<b>Pesimo</b>	

Figura 18: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2018.

## Interpretación

Nos indica figura 18, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2018, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 41, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2018								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	7.9	6.4	5.57	8.92	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	821.2	711.2	334.5	436.6	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	4.64	5.3	4.91	5.05	0
	DBO5	mq/L	15	1.9	1.99	1.99	1.99	0
	DQO	mq/L	40	1.99	1.99	2	5	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.99	0.99	0.99	0.99	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.00196	0.17092	0.15245	0.09007
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00009	0.01951	0.01861	0.00585	2
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.0316	0.1042	0.0076	0.00019	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.13416	0.53942	0.00092	2.323	2
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.0062	0.0585	0.0008	0.0024	1
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.5626	0.1115	0.4734	0.0307	0
Manganeso		mq/L	0,2	2.928	0.6094	0.24594	0.24906	4
Hierro		mq/L	5	1.775	33.43	0.4516	0.433	1
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	1.79	130	7.8	79	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			7				15
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			15				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>		<b>43.75</b>					
	<b>F2</b>		<b>23.44</b>					
	pH	Unidad de pH		0.31	0.51	0.06		
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L		0.71	0.52			
	Cadmio (Cd)	mq/L		0.95	0.86			
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L		1.70		10.62		
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L		0.17				
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		13.64	2.047	0.2297	0.2453	
	Hierro	mq/L			5.69			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL							
Sumatoria de los excedentes			38.25					
<b>F3</b>		<b>97.45</b>						
<b>ICARHS</b>		<b>37</b>						<b>Pesimo</b>

Figura 19: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2018.

## Interpretación

Nos indica figura 19, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2018, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 37, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2019								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	8.7	8.76	4.27	7.95	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	451.3	444.6	335	806.7	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	5.80	7.79	6.47	5.70	0
	DBO5	mq/L	15	1.90	1.90	1.9	1.9	0
	DQO	mq/L	40	1.9	1.99	1.9	1.9	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.99	0.99	0.99	0.99	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.00095	0.00872	0.00095	0.0075	0
	Cadmio (Cd)	mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00076	0.00241	0.00959	0.00009	0
	Niquel (Ni)	mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.001	0.157	0.0021	0.00250	0
	Cobre (Cu)	mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.0275	0.52164	0.24453	0.33797	3
	Mercurio (Hg)	mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0
	Plomo (Pb)	mq/L	0,05	0.0017	0.04350	0.00100	0.00280	0
	Zinc (Zn)	mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.0138	0.009	0.0899	0.001	0
	Manganeso	mq/L	0,2	0.00635	0.9658	1.052	0.0449	2
Hierro	mq/L	5	0.0591	1.918	50.5	0.3485	1	
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	6.8	1.80	17	7.80	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			4			9	
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			9				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>		<b>25.00</b>					
	<b>F2</b>		<b>14.06</b>					
	pH	Unidad de pH	0.0357143	0.0428571	0.9672131			
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L		1.61	0.22	0.69		
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		3.829	4.26			
	Hierro	mq/L			9.10			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL							
Sumatoria de los excedentes			20.76					
<b>F3</b>		<b>95.40</b>						
<b>ICARHS</b>		<b>42</b>					<b>Pesimo</b>	

Figura 20: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2019.

## Interpretación

Nos indica figura 20, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2019, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 42, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2020								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
PUNTOS DE MUESTREO		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	3.18	8.48	4.56	4.25	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	526.2	98.98	403.1	373.6	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	5.33	5.78	5.26	5.08	0
	DBO5	mq/L	15	1.9	2	1.9	1.9	0
	DQO	mq/L	40	1.9	18	1.9	1.9	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	0.10	0.10	0.10	0.10	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.0252	0.0111	0.0237	0.0243	0
	Cadmio (Cd)	mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00167	0.00153	0.00009	0.02163	1
	Níquel (Ni)	mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.0858	0.0585	0.0415	0.0625	0
	Cobre (Cu)	mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.0004	0.2744	0.6138	0.4065	3
	Mercurio (Hg)	mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	0.000049	0.000049	0.000049	0.000049	0
	Plomo (Pb)	mq/L	0,05	0.0002	0.0008	0.0013	0.0921	1
	Zinc (Zn)	mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.0079	0.169	0.117	0.184	0
	Manganeso	mq/L	0,2	0.0044	0.5652	0.3698	0.362	3
	Hierro	mq/L	5	0.052	26.45	12.52	8.742	3
	MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	330	240	130	1.79
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			6				14
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			14				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>			<b>37.50</b>				
	<b>F2</b>			<b>21.88</b>				
	pH	Unidad de pH		1.64		0.84	0.98	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L					1.16	
	Níquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L			0.37	2.07	1.03	
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L					0.84	
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L			1.83	0.85	0.81	
	Hierro	mq/L			4.29	1.50	0.75	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL							
Sumatoria de los excedentes			18.97					
<b>F3</b>			<b>94.99</b>					
<b>ICARHS</b>			<b>40</b>				<b>Pesimo</b>	

Figura 21: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2020.

## Interpretación

Nos indica figura 21, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2020, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 40, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2020								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	4.7	7.52	4.97	8.54	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	972.00	307.00	714.80	1086.00	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	6.80	3.52	6.89	6.78	1
	DBO5	mq/L	15	< 2	< 2	< 2	< 2	0
	DQO	mq/L	40	10	8	< 2	4	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.0899	0.192	< 0.0001	0.0429
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	< 0.00010	0.0012	0.02064	0.01239	2
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.1699	0.0058	0.0058	0.0263	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.0012	0.4745	4.262	2.98	3
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.0019	0.0008	< 0.0002	0.0029	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.523	0.35	0.015	0.028	0
Manganeso		mq/L	0,2	0.1073	0.7322	0.223	0.2358	3
Hierro		mq/L	5	0.151	38.48	17.92	0.934	2
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	2	70	790	110	0
DATOS	Número de parametros que NO cumplen			7				15
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			15				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>			<b>43.75</b>				
	<b>F2</b>			<b>23.44</b>				
	pH	Unidad de pH		0.787		0.689	0.017	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L			0.136			
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L			0.920			
	Cadmio (Cd)	mq/L				1.064	0.239	
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L			1.373	20.310	13.900	
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L			2.661	0.115	0.179	
	Hierro	mq/L			6.696	2.584		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL						
	Sumatoria de los excedentes			51.67				
	<b>F3</b>			<b>98.10</b>				
<b>ICARHS</b>			<b>37</b>				<b>Pesimo</b>	

Figura 22: Cálculo del ICARHS del río Lllallimayo en época de avenida del año 2020.

## Interpretación

Nos indica figura 22, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2020, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 37, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2021								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04	
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	7.35	4.72	6.029	6.95	2
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	530.2	424.2	212.9	364.3	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	5.721	5.398	6.203	6.027	0
	DBO5	mq/L	15	< 2	< 2	< 2	< 2	0
	DQO	mq/L	40	< 2	8	4	3.0	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.064	0.0629	0.0001	0.0351
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00805	0.00338	0.00104	0.00104	0
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.0918	0.0445	0.0042	0.0182	0
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.0011	1.986	0.7848	0.3164	3
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.0022	0.0011	0.0012	0.0003	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.342	0.159	0.011	0.016	0
Manganeso		mq/L	0,2	0.0649	0.6257	0.4838	0.1711	2
Hierro		mq/L	5	0.544	23.87	8.72	0.55	2
MICROBIOLÓGICOS		Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	6.8	4.00	240	49
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			4				9
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			9				
	Número Total de Datos			64				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>			<b>25.00</b>				
	<b>F2</b>			<b>14.06</b>				
	pH	Unidad de pH		0.78	0.39			
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L						
	Cadmio (Cd)	mq/L						
	Niquel (Ni)	mq/L						
	Cobre (Cu)	mq/L		8.93	2.92	0.58		
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		2.13	1.42			
	Hierro	mq/L		3.77	0.74			
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL						
Sumatoria de los excedentes			21.68					
<b>F3</b>			<b>95.59</b>					
<b>ICARHS</b>			<b>42</b>				<b>Pesimo</b>	

Figura 23: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2021.

## Interpretación

Nos indica figura 23, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2021, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 42, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2022								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RIJ01	RIJ02	RIJ03	RIJ04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	7.013	3.500	4.713	5.319	3
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	258,0	309,0	468,0	950,0	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	6,87	0.37	7,73	7,0	1
	DBO5	mq/L	15	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DQO	mq/L	40	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.00054	0.03908	0.47852	0.55121
Cadmio (Cd)		mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.00282	< 0.00006	0.05124	0.04418	2
Niquel (Ni)		mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	< 0.00008	0.43113	0.46079	0.14648	2
Cobre (Cu)		mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	0.0184	0.238	0.0025	1.407	2
Mercurio (Hg)		mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	< 0.00007	< 0.00007	< 0.00007	< 0.00007	0
Plomo (Pb)		mq/L	0,05	0.0019	0.0013	0.0019	0.0048	0
Zinc (Zn)		mq/L	2 Riego 24 Bebida	0.00041	0.3974	0.00298	1.443	0
Manganeso		mq/L	0,2	0.0927	0.760347	0.029725	1	2
Hierro		mq/L	5	1.1525	28.7274	0.16165	36.3615	2
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Termotolerante	NMP/100 mL	1000	N.A	N.A	N.A	N.A	0
DATOS	Número de parametros que NO cumplen			8				16
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			16				
	Número Total de Datos			48				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1			50.00				
	F2			33.33				
	pH	Unidad de pH		1.400	0.782	0.579		
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L		9.811				
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L			3.785	4.512		
	Cadmio (Cd)	mq/L			4.124	3.418		
	Niquel (Ni)	mq/L		1.156	1.304			
	Cobre (Cu)	mq/L		0.190		6.036		
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L						
	Manganeso	mq/L		2.802		6.135		
	Hierro	mq/L		4.745		6.272		
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL						
	Sumatoria de los excedentes			57.05				
F3			98.28					
ICARHS			33				Pesimo	

Figura 24: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de avenida del año 2022.

## Interpretación

Nos indica figura 24, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de avenida, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2022, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 33, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

CÁLCULO DEL ICARHS DEL RIO LLALLIMAYO - AÑO 2023								
PUNTOS DE MUESTREO			EPOCA DE ESTIAJE					
Parámetros a Evaluar	UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		
Físico Químicos	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida	3.139	3.06	4.06	4.18	4
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida	2320.0	1506	992	1073.0	0
	Oxígeno Disuelto	mq/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida	6.53	6.78	6.50	6.56	0
	DBO5	mq/L	15	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	DQO	mq/L	40	N.A	N.A	N.A	N.A	0
	Aceites y grasas	mq/L	5 Riego 10 Bebida	N.A	N.A	N.A	N.A	0
INORGANICOS	Arsénico (As)	mq/L	0.1 Riego 0.2 Bebida	0.60075	0.70318	0.37158	0.34116	4
	Cadmio (Cd)	mq/L	0.01 Riego 0.05 Bebida	0.09999	0.05879	0.0287	0.02629	4
	Níquel (Ni)	mq/L	0.2 Riego 1 Bebida	0.9696	0.7013	0.3356	0.3203	4
	Cobre (Cu)	mq/L	0.2 Riego 0.5 Bebida	26.25	18.72	8.946	8.206	4
	Mercurio (Hg)	mq/L	0.001 Riego 0.01 Bebida	< 0.000070	< 0.000070	< 0.000070	< 0.000070	0
	Plomo (Pb)	mq/L	0,05	0.00517	0.00663	0.0037	0.00071	0
	Zinc (Zn)	mq/L	2 Riego 24 Bebida	3.77	2.4	1.19	1.11	2
	Manganeso	mq/L	0,2	2.631	2.090	1.111	1.264	4
	Hierro	mq/L	5	248.5	205.3	102.5	90.05	4
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	N.A	N.A	N.A	N.A	0
DATOS	Número de parámetros que NO cumplen			4				30
	Número Total de parámetros a Evaluar			16				
	Número de datos que NO cumplen el ECA			30				
	Número Total de Datos			48				
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	<b>F1</b>			<b>25.00</b>				
	<b>F2</b>			<b>62.50</b>				
	pH	Unidad de pH		1.68	1.75	1.07	1.01	
	Conductividad	µS/cm						
	Oxígeno Disuelto	mq/L						
	DBO5	mq/L						
	DQO	mq/L						
	Aceites y grasas	mq/L						
	Arsénico (As)	mq/L		5.01	6.03	2.72	2.41	
	Cadmio (Cd)	mq/L		9.00	4.88	1.87	1.63	
	Níquel (Ni)	mq/L		3.85	2.51	0.68	0.60	
	Cobre (Cu)	mq/L		130.25	92.60	43.73	40.03	
	Mercurio (Hg)	mq/L						
	Plomo (Pb)	mq/L						
	Zinc (Zn)	mq/L		0.89	0.20			
	Manganeso	mq/L		12.15	9.45	4.56	5.32	
	Hierro	mq/L		48.70	40.06	19.50	17.01	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL							
Sumatoria de los excedentes			511.12					
<b>F3</b>			<b>99.80</b>					
<b>ICARHS</b>			<b>30</b>				<b>Pesimo</b>	

Figura 25: Cálculo del ICARHS del río Llallimayo en época de estiaje del año 2023.

## Interpretación

En la figura 25, se muestra los resultados del monitoreo (físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos), especializado de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo, durante el periodo de estiaje, realizado por la ANA está reportado en los informes técnicos ANA-AAA.TIT.ALA.RM del año 2023, se seleccionaron 04 puntos de monitoreo donde las aguas son evaluadas con la Categoría 3 de los ECA agua (Riego de vegetales y bebida de animales), donde se tuvo como resultado de 30, encontrándose en un índice de 0-44, lo cual tiene una calificación de ICARHS de “Pésimo”, interpretada que la calidad de agua están amenazadas o dañadas, necesitan tratamiento, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

### 4.2.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

Ho: La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), se encuentra en una calificación adecuada, distrito de Llalli-2023.

H1: La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), se encuentra con una calificación de pésimo, distrito de Llalli-2023.

**Tabla 11:** Frecuencia de la calificación del ICARHS en los años 2011 al 2023 en el río Llallimayo.

	Calificación de ICARHS		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	<b>Pésimo</b> (0-44)		10	83	83	83
	<b>Malo</b> (45-64)		2	17	17	100
	<b>Regular</b> (65-79)		0	0	0	
	<b>Total</b>		12	100	100	

### Interpretación:

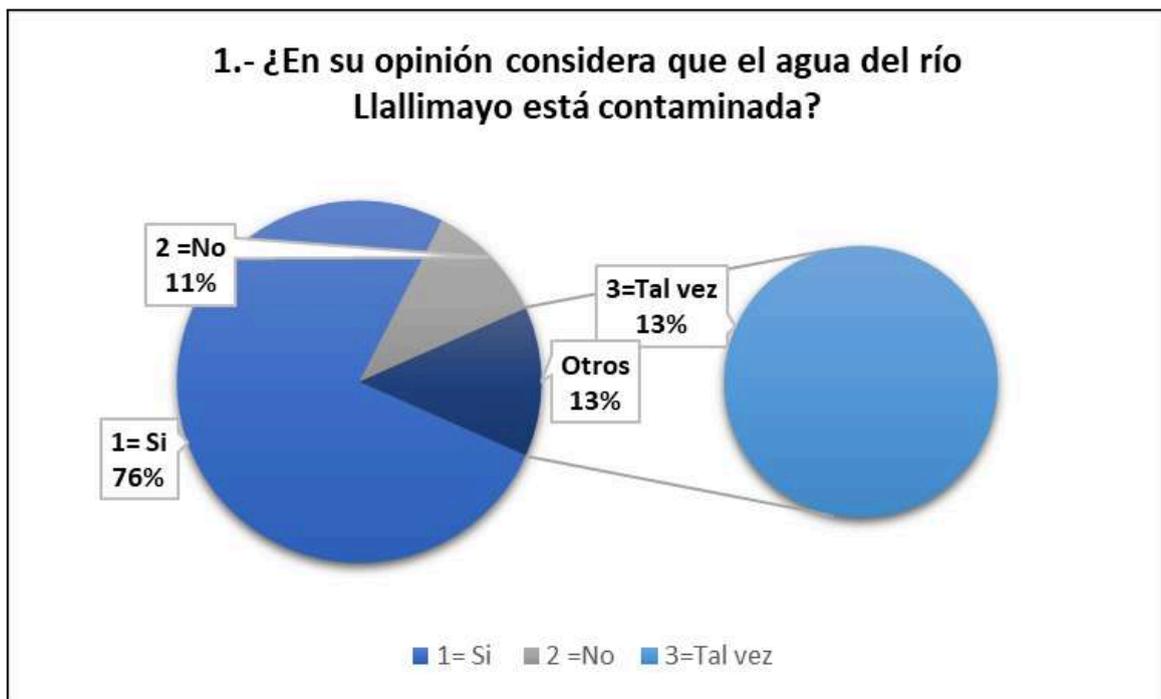
Se aprecia en la tabla de frecuencia, del 100% el 83% tiene una calificación de ICARHS Pésimo (casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento),

en 10 años y el 17% pertenece a una calificación de ICARHS de malo (están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento), en dos años. Debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

La mayoría del valor del ICARHS, tiene una calificación de pesimo, esto es preocupante, la Autoridad Nacional del Agua mediante la Autoridad Administrativa del Agua XIV Titicaca, se realizó el monitoreo de emergencia, en atención a las constantes denuncias telefónicas de los usuarios agrarios de agua en la cuenca Llallimayo, por la excesiva turbidez y coloración amarillenta que presentan las aguas del río Llallimayo; donde los resultados de los monitoreos los resultados se evidencia que la afectación por cobre y manganeso es recurrente, pH ácido, Aluminio, Hierro y otros parámetros.

### 4.3. RESULTADOS DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN FRENTE A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA MINERÍA, DISTRITO DE LLALLI-2023.

Los resultados analizados de la encuesta desarrollada por los habitantes de la ciudad de Puno se determinaron detalladamente utilizando el software SPSS V. 25 y Microsoft Excel.



**Figura 26:** En su opinión considera que el agua del río Llallimayo está contaminada.

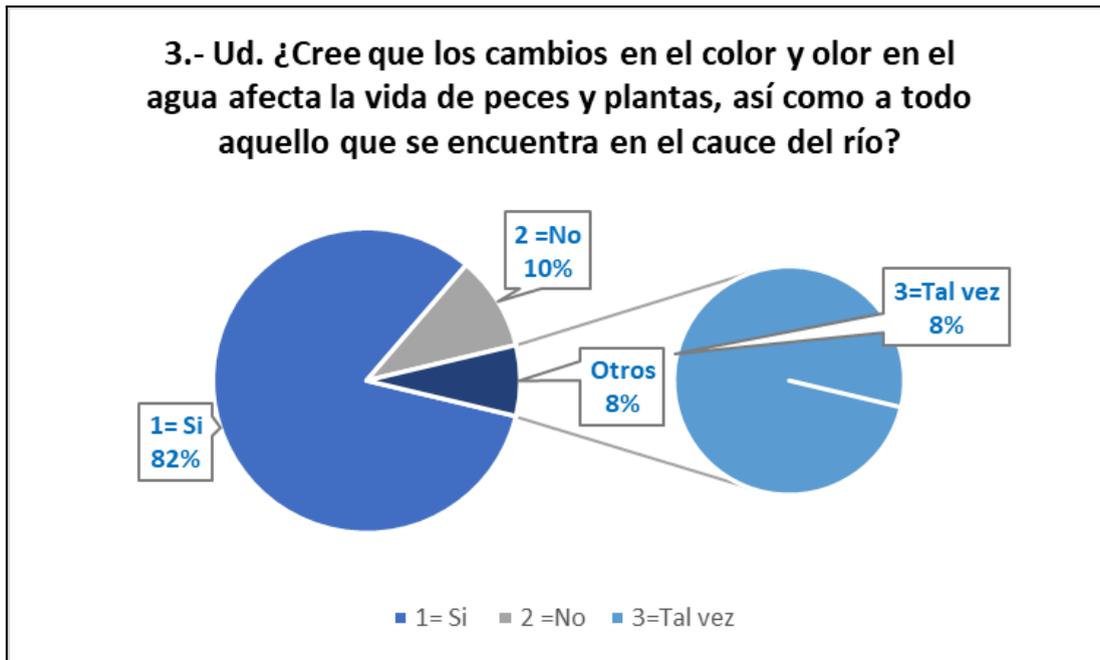
En la figura 26, del 100% el 76% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿En su opinión considera que el agua del río Llallimayo está contaminada?, mientras que sólo el 13% indica tal vez, seguido de 11% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

Sin embargo, al comparar los resultados de la presente investigación, existe una semejanza con los resultados obtenidos por (Rivera, 2021). En sus resultados menciona que la mayoría de las personas explican el cambio de coloración en las aguas del río a través de “un antes” y “un después” de la mina Aruntani S.A.C. Antes de la mina, las aguas eran cristalinas, transparentes y sin olor; hoy son turbias.



**Figura 27:** Para usted la contaminación principal del río Llallimayo, es por la minera.

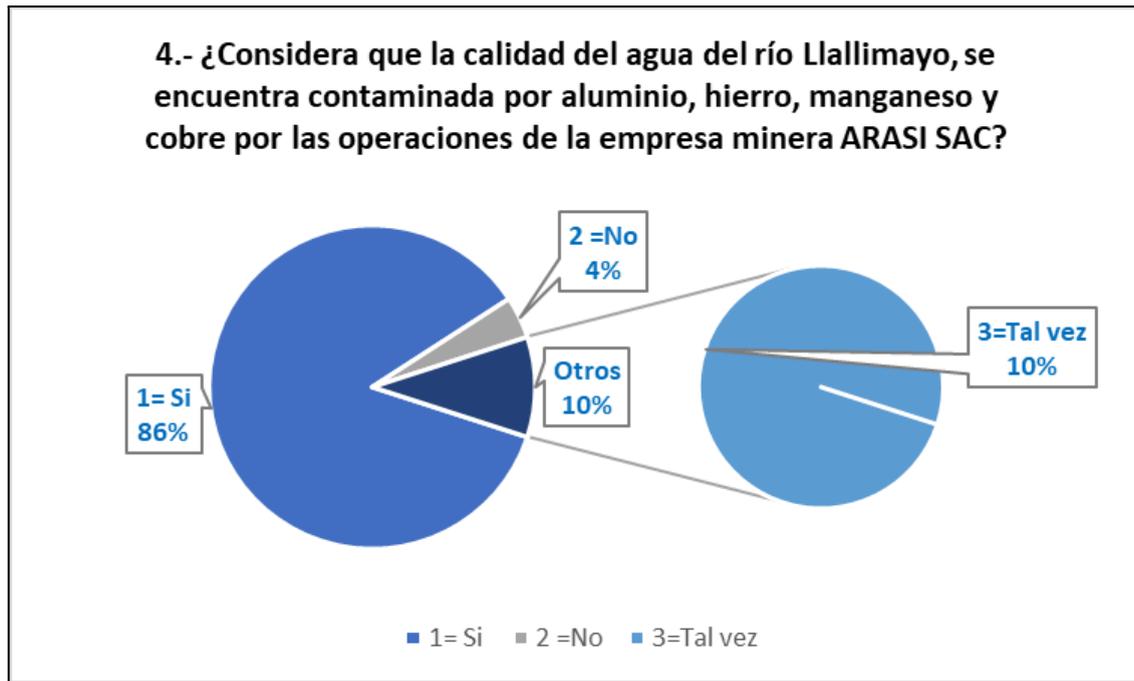
En la figura 27, del 100% el 72% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Para usted la contaminación principal del río Llallimayo, es por la minera?, mientras que sólo el 15% indica que no, seguido de 13% mencionan que tal vez, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 28:** Ud. Cree que los cambios en el color y olor en el agua afecta la vida de peces y plantas, así como a todo aquello que se encuentra en el cauce del río.

En la figura 28, se puede apreciar que del 100% el 82% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Cree que los cambios en el color y olor en el agua afecta la vida de peces y plantas?, mientras que sólo el 10% indica que no, seguido del 8% mencionan que tal vez, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

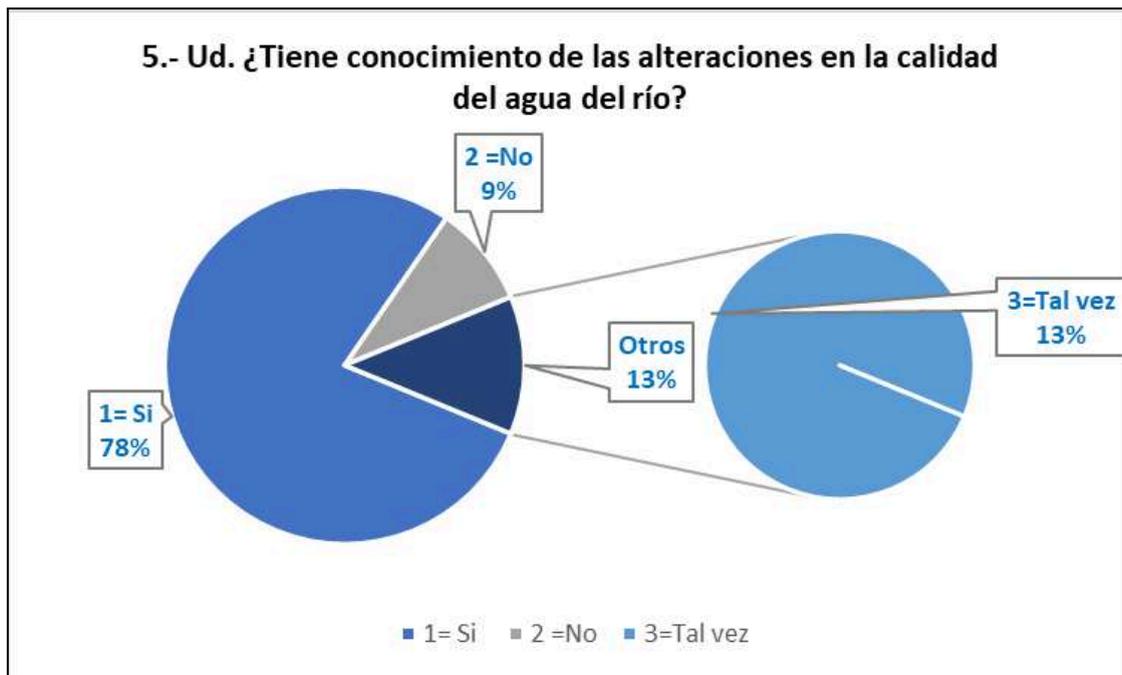
Esto se debe a que el río Llallimayo se ve afectado por altas concentraciones de boro total que exceden los valores máximos de boro total especificados en la categoría ECA. 3-D1 (1.00 mg/L), el cual está relacionado con la acidez del agua, debido a que estas zonas cercanas a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.) también tienen agua muy ácida, estas propiedades la afectarán negativamente. Se utiliza para riego de vegetales y animales.



**Figura 29:** Considera que la calidad del agua del río Llallimayo, se encuentra contaminada por aluminio, hierro, manganeso y cobre por las operaciones de la empresa minera ARASI SAC.

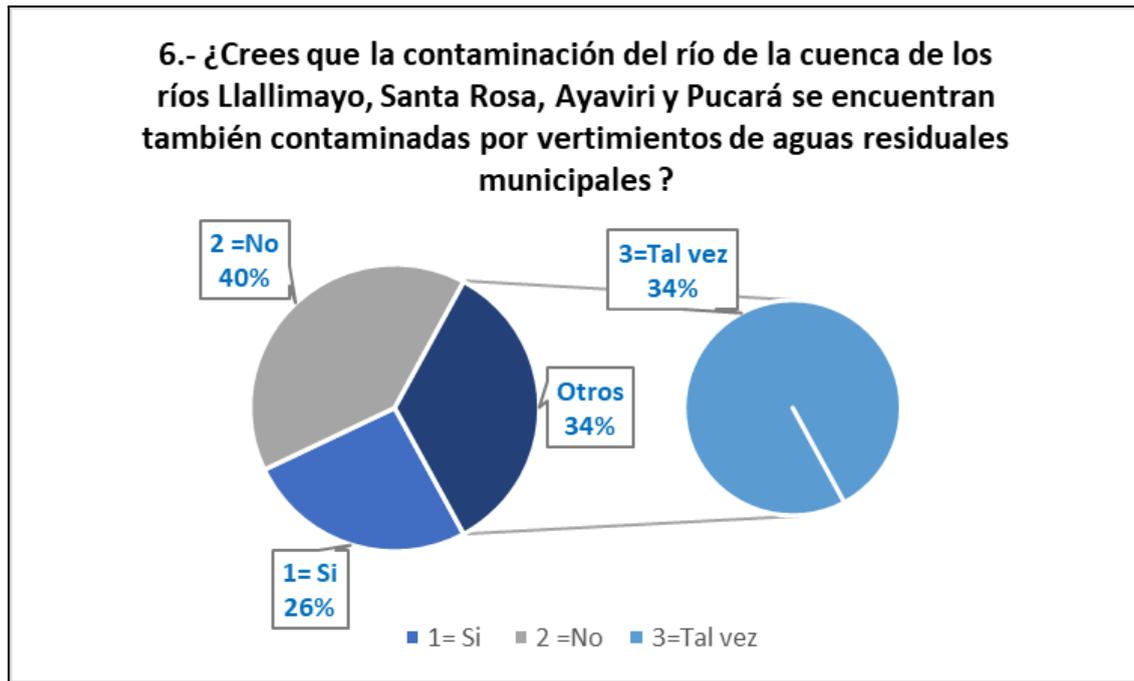
En la figura 29, se puede apreciar que del 100% el 86% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Considera que la calidad del agua del río Llallimayo, se encuentra contaminada por aluminio, hierro, manganeso y cobre por las operaciones de la empresa minera ARASI SAC?, mientras que sólo el 10% indica que tal vez, seguido del 4% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

El río Llallimayo se forma de la confluencia del río Ocuviro con el río Antaymarca, donde se tiene establecido 1 punto de muestreo de la calidad de agua (RLLa1), ubicado a 100 m aguas arriba de la bocatoma Llallimayo. En este monitoreo de emergencia diciembre 2022 se ha registrado la afectación por Cobre total y Manganeso total, donde la concentración del metal Cobre total es 4,35 veces el valor máximo establecido para este metal en el ECA Categ. 3 D1. En contraste con el río Chacapalca (RChac3), que se encuentra aguas arriba del río Llallimayo, se evidencia una reducción considerable en la cantidad de metales que afectan al río Llallimayo.



**Figura 30:** Tiene conocimiento de las alteraciones en la calidad del agua del río.

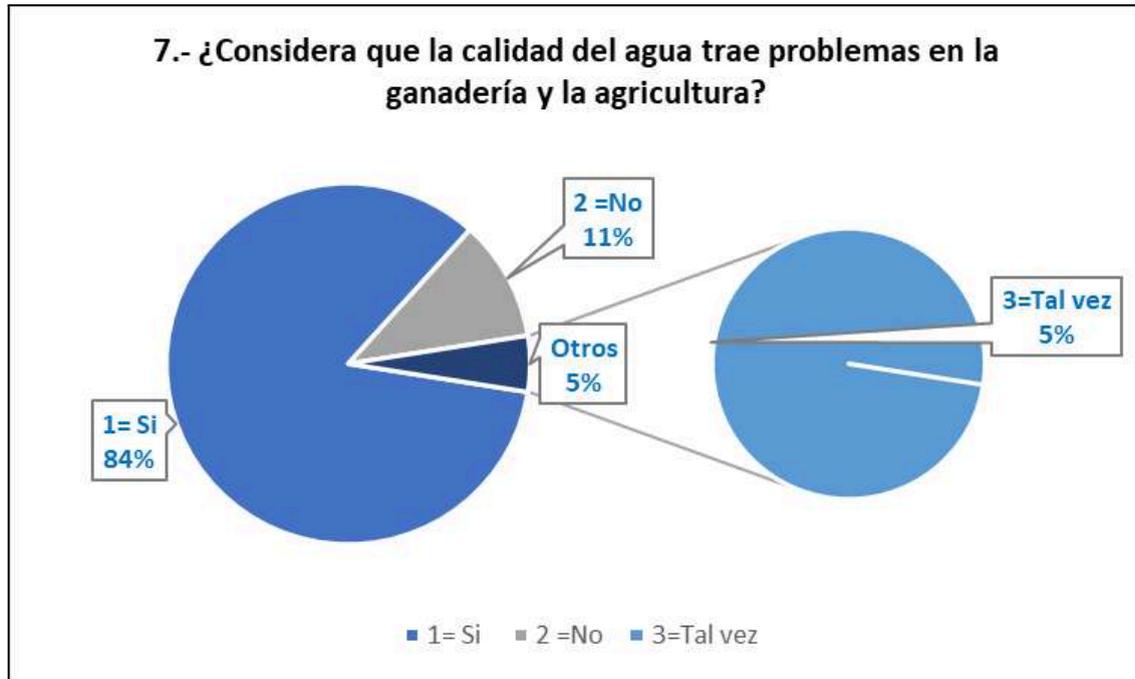
En la figura 30, se puede apreciar que del 100% el 78% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Tiene conocimiento de las alteraciones en la calidad del agua del río?, mientras que sólo el 13% indica que tal vez, seguido del 9% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 31:** Cree que la contaminación del río de la cuenca de los ríos Llallimayo, Santa Rosa, Ayaviri y Pucará se encuentran también contaminadas por vertimientos de aguas residuales municipales.

En la figura 31, se puede apreciar que del 100% el 40% de los encuestados mencionan que no, ante la pregunta ¿Crees que la contaminación del río de la cuenca de los ríos Llallimayo, Santa Rosa, Ayaviri y Pucará se encuentran también contaminadas por vertimientos de aguas residuales municipales?, mientras que sólo el 34% indica que tal vez, seguido del 26% mencionan que si, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

La población tiene bien claro que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno no es la excepción. Tal como se ha confirmado la contaminación de los ríos en Puno es un hecho, específicamente en la cuenca Jatun Ayllu (Ocuwiri- Lampa) y Llallimayo (Melgar), así lo ha confirmado la OEFA, quien, además, manifestó que la causante de tal contaminación es la minera Arasi.



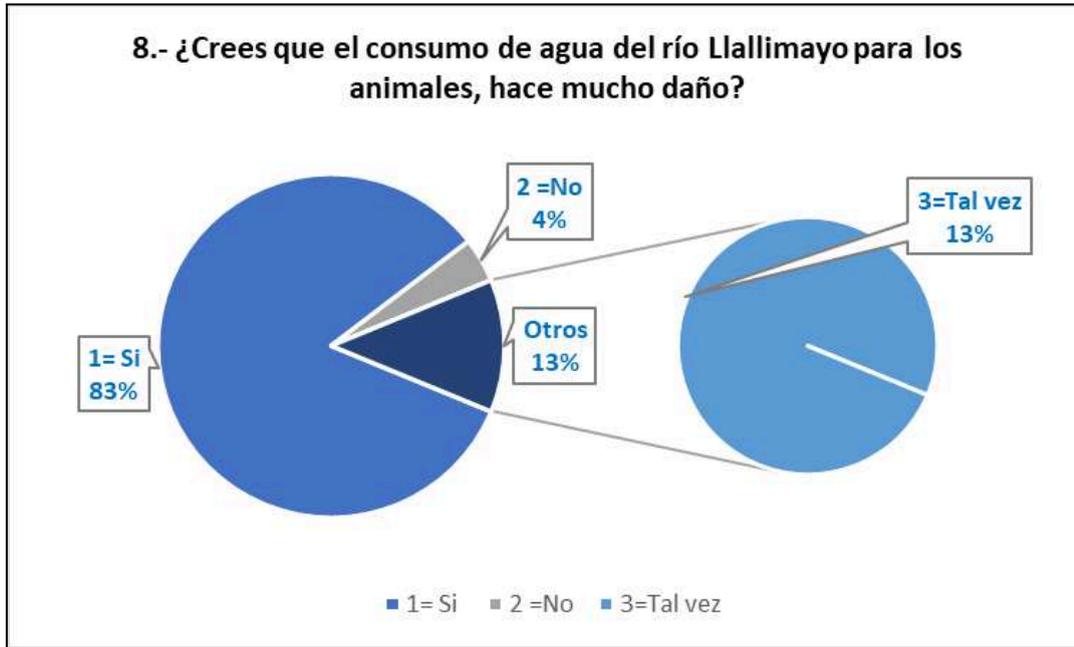
**Figura 32:** Considera que la calidad del agua trae problemas en la ganadería y la agricultura.

En la figura 32, se puede apreciar que del 100% el 84% de los encuestados mencionan que no, ante la pregunta ¿Considera que la calidad del agua trae problemas en la ganadería y la agricultura?, mientras que sólo el 11% indica que no, seguido del 5% mencionan que tal vez, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

Los pobladores del distrito de Llalli, saben que a consecuencia de la contaminación se ha dado la muerte masiva de peces en la zona, también de decenas de ganado que ingieren el agua contaminada y la afectación de los campesinos. Una pobladora de Llallimayo, Nilda Chávez, manifestó que: “Nos están envenenando y están matando a nuestros animales.”

Ante esta situación, los comuneros ya han denunciado la contaminación de sus pastizales y de los ríos. Asimismo, se han movilizado a la ciudad de Puno, pues allí se llevaría a cabo la mesa de diálogo que daría a conocer el informe final de la OEFA; sin embargo, al haber sido cambiado el lugar de acuerdo arbitrariamente, los pobladores se juntaron para

protestar y exigir a las autoridades que hagan público tal informe. Julio Ccari presidente de una de las comunidades de Vilavila de la provincia de Melgar declaró en representación de todos los afectados: “Queremos una solución pronta.



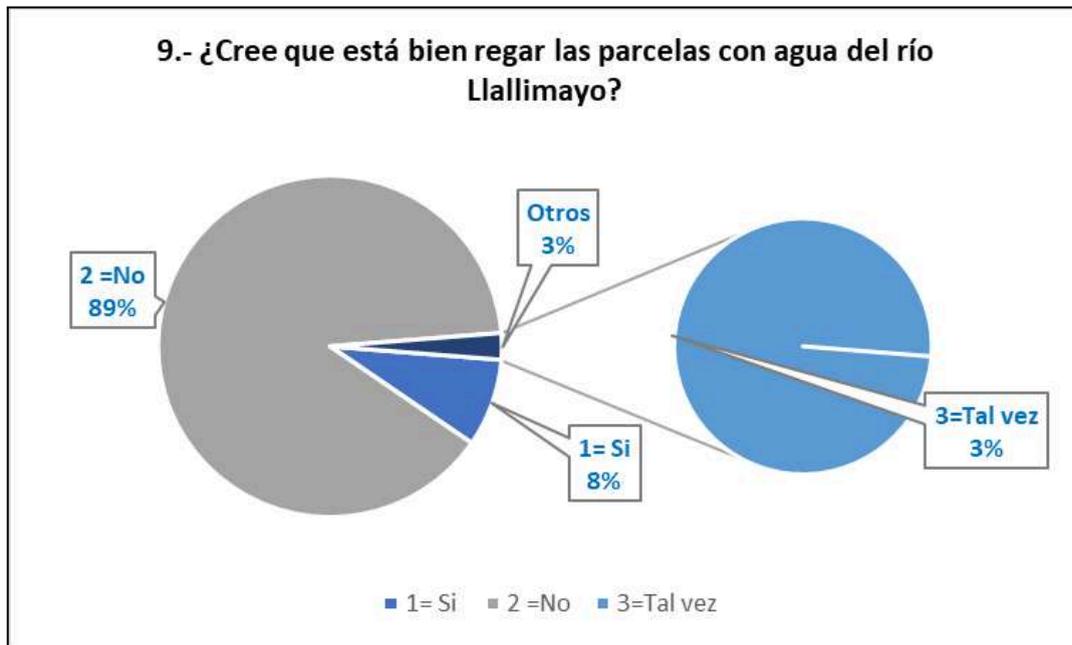
**Figura 33:** Crees que el consumo de agua del río Llallimayo para los animales, hace mucho daño.

En la figura 33, se puede apreciar que del 100% el 83% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Crees que el consumo de agua del río Llallimayo para los animales, hace mucho daño?, mientras que sólo el 13% indica que tal vez, seguido del 4% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

Son alrededor de 10 mil productores ganaderos los afectados. Estos ven morir a sus animales porque el consumo de agua ácida, el cual ahora discurre por los canales de riesgo. “Pese a esta situación el gobierno ni la empresa quiere dar soluciones concretas. Acá se está matando a la ganadería. La mina explotó oro años y ahora se desentiende de los daños que creó con la protección del Estado”.

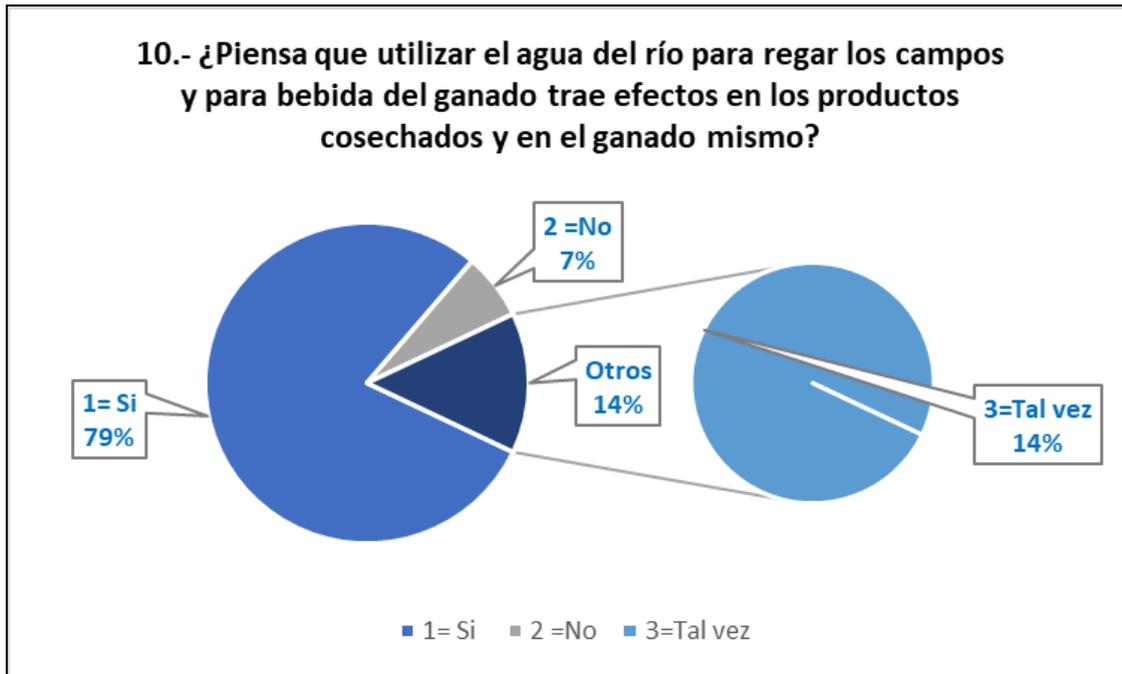
Por otro lado, al comparar los resultados de la presente investigación, existe una disparidad con los resultados obtenidos por (Rivera, 2021). Según los entrevistados la

calidad del agua de Llallimayo afecta al ganado y a productos agrícolas, por lo que optaron abastecerse de un reservorio y fuentes de agua que les garantiza la disponibilidad de agua para su consumo, mas no para el riego y alimentación del ganado.



**Figura 34:** Cree que está bien regar las parcelas con agua del río Llallimayo.

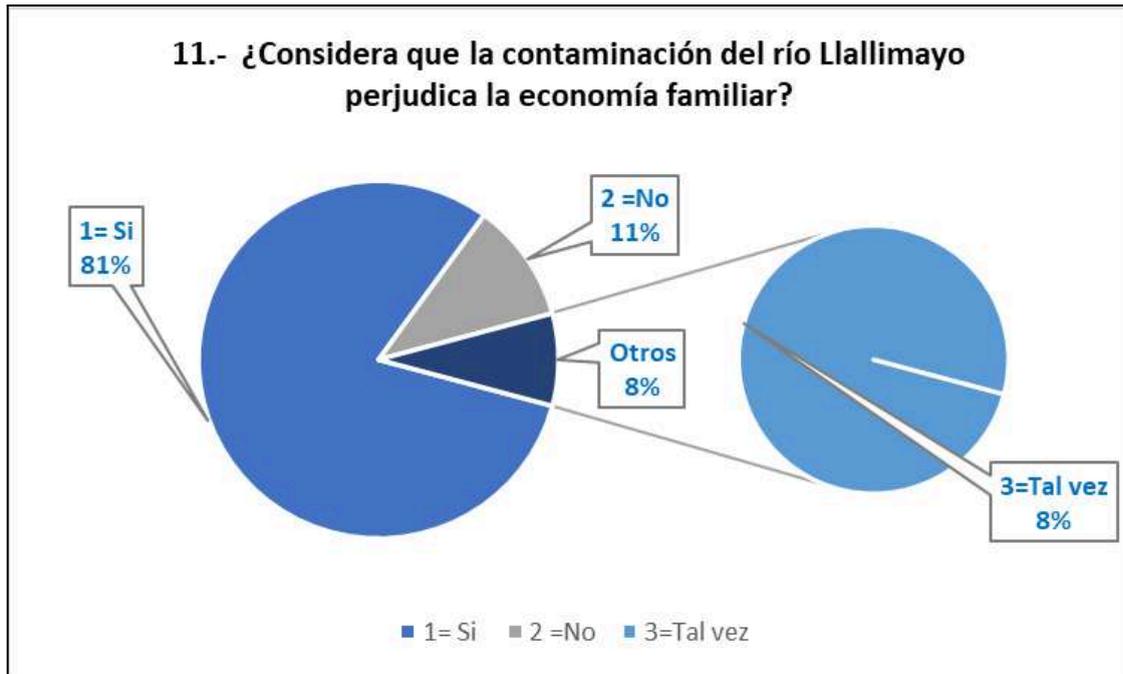
En la figura 34, se puede apreciar que del 100% el 89% de los encuestados mencionan que no, ante la pregunta ¿Cree que está bien regar las parcelas con agua del río Llallimayo?, mientras que sólo el 3% indica que tal vez, seguido del 1% mencionan que si, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 35:** Piensa que utilizar el agua del río para regar los campos y para bebida del ganado trae efectos en los productos cosechados y en el ganado mismo.

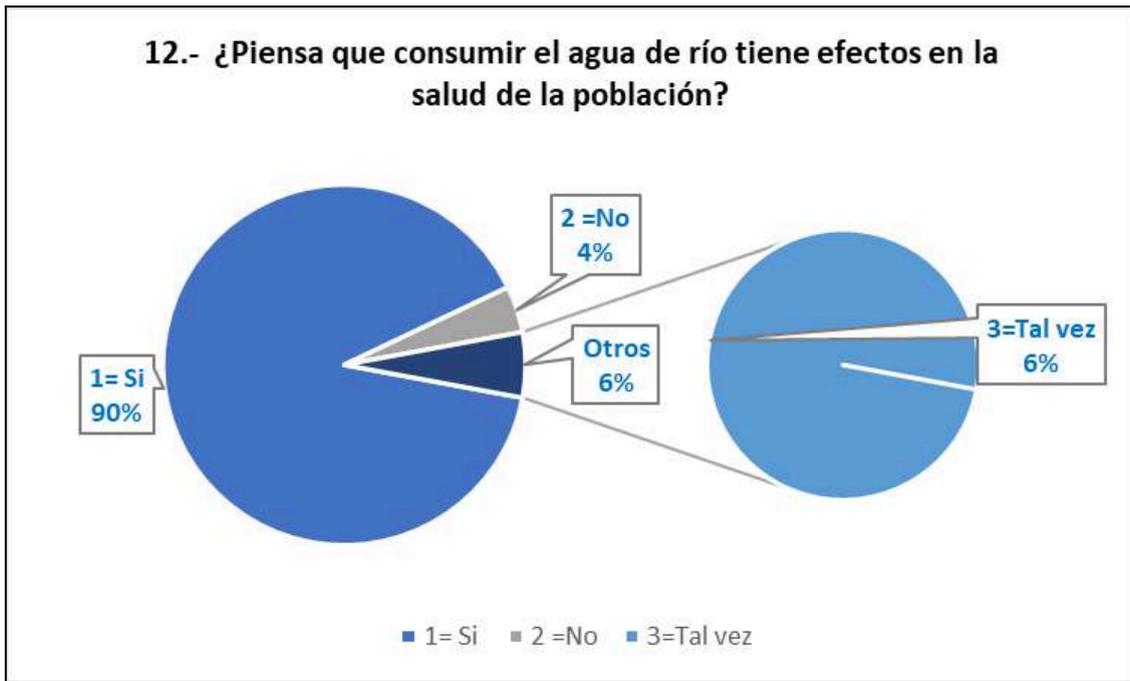
En la figura 35, se puede apreciar que del 100% el 79% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Piensa que utilizar el agua del río para regar los campos y para bebida del ganado trae efectos en los productos cosechados y en el ganado mismo?, mientras que sólo el 13% indica que tal vez, seguido del 7% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

Por otro lado, al comparar los resultados de la presente investigación, existe una igualdad, con los resultados obtenidos por (Rivera, 2021). Según los entrevistados la calidad del agua de Llallimayo afecta al ganado y a productos agrícolas, por lo que optaron abastecerse de un reservorio y fuentes de agua que les garantiza la disponibilidad de agua para su consumo, mas no para el riego y alimentación del ganado.



**Figura 36:** Considera que la contaminación del río Llallimayo perjudica la economía familiar.

En la figura 36, se puede apreciar que del 100% el 81% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Considera que la contaminación del río Llallimayo perjudica la economía familiar?, mientras que sólo el 11% indica que no, seguido del 8% mencionan que tal vez, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

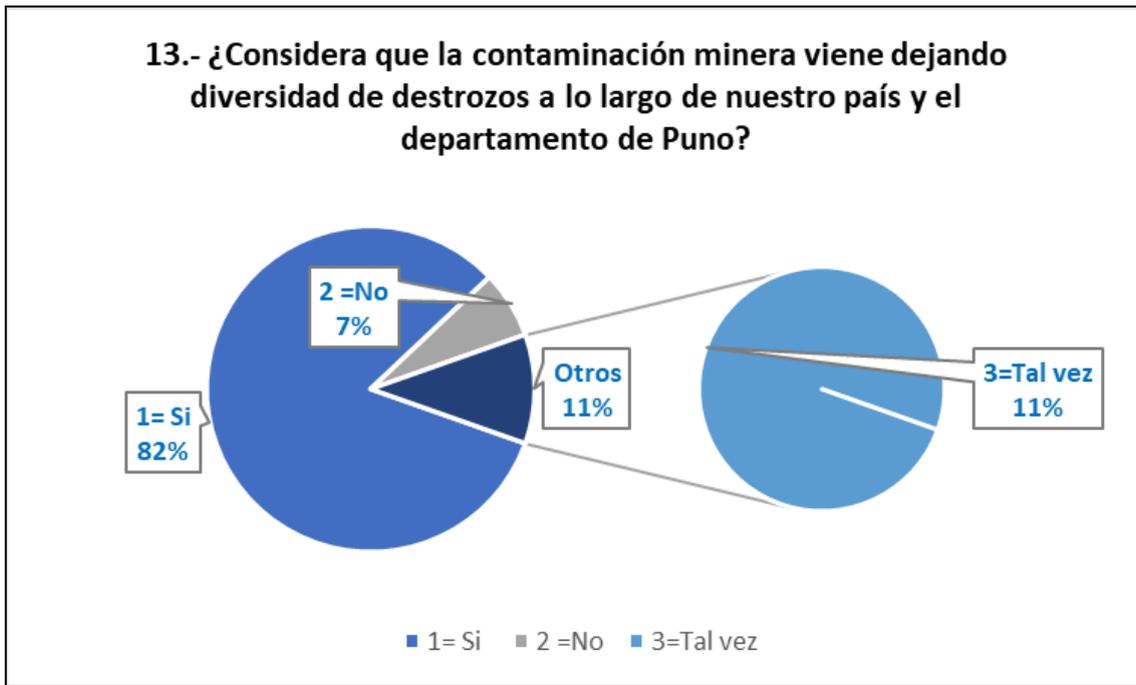


**Figura 37:** Piensa que consumir el agua de río tiene efectos en la salud de la población.

En la figura 37, se puede apreciar que del 100% el 90% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Piensa que consumir el agua de río tiene efectos en la salud de la población?, mientras que sólo el 6% indica que tal vez, seguido del 4% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

Todo este conjunto hídrico está siendo gravemente afectado por la contaminación de los relaves mineros de la empresa Aruntani S.A.C. que afecta la salud de personas, animales y ha causado la muerte masiva de peces debido a los altos niveles de contaminación por incumplimiento de las normativas ambientales.

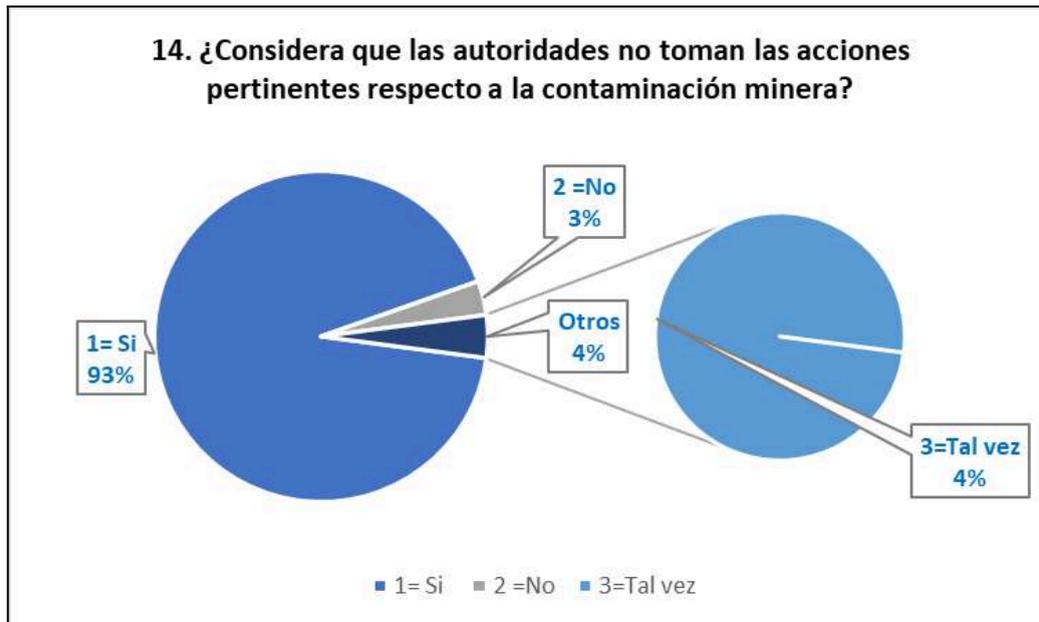
De acuerdo a estimaciones del Ministerio de Salud, por lo menos 10.162.380 personas en Perú se encuentran expuestas a la afectación por metales pesados y otras sustancias tóxicas



**Figura 38:** Considera que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno.

En la figura 38, se puede apreciar que del 100% el 82% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Considera que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno?, mientras que sólo el 11% indica que tal vez, seguido del 7% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

El Ministerio de Salud, en una resolución ministerial del 2018, recoge que 4.867 personas están afectadas por metales tóxicos en el país. Según la misma resolución, en 2017, Perú tenía 8.854 pasivos ambientales por actividad minera y 3.500 por explotación de hidrocarburos, cifras que recoge el inventario del Ministerio de Energía y Minas.



**Figura 39:** Considera que las autoridades no toman las acciones pertinentes respecto a la contaminación minera.

En la figura 39, se puede apreciar que del 100% el 93% de los encuestados mencionan que si, ante la pregunta ¿Considera que las autoridades no toman las acciones pertinentes respecto a la contaminación minera?, mientras que sólo el 4% indica que tal vez, seguido del 3% mencionan que no, siendo la mayoría si este resultado desfavorable, en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

#### 4.3.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 2

Ho: La percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli -2023, es positiva.

H1: La percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli -2023, es negativa.

**Tabla 12:** Frecuencia del nivel de percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli -2023.

	Nivel de percepción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido</b>	<b>Positiva</b>	10	8	8	8
	<b>Regular</b>	15	13	13	21
	<b>Negativa</b>	95	79	79	100
	<b>Total</b>	120	100	100	

#### Interpretación.

Se observa en la tabla 12, que del 100% de los encuestados el 8% tienen una percepción positiva frente a la contaminación del agua por la minería, Distrito de Llalli en 2023, representado por 10 personas, seguido del 13% cuentan con una percepción regular, representado por 15 personas, y un 79% poseen una percepción negativa, representado por 95 personas, por lo que se rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, por lo que se afirma que existe un nivel de percepción negativa de la población del distrito de Llalli-2023.

Como se aprecia la mayoría de los encuestados tiene una percepción negativa, esto se debe a que el río de Llallimayo, se encuentra con aguas de coloración ligeramente amarillenta con material disuelto en suspensión, fondo del lecho del río pedregoso canto rodado, conformación de sedimentos finos de coloración amarillenta, no se aprecia

especies acuáticas, esto se estaría asociadas a la acidez del agua, ya que en estos lugares próximos a la unidad minera ARASI (ARUNTANI S.A.C.)

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La calidad del agua del río Llallimayo de acuerdo al método ICARHS califica como malo a pésimo, con una percepción de la población mencionando que la actividad minera impacta negativamente en la calidad del agua. Por lo que la p-valor 0.00 menor a 0.05, corresponde rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, afirmando que existe una relación significativa entre la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método ICARHS y la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería. Es decir que existe una dependencia o correlación positiva considerable de 0,732 entre las variables.

**SEGUNDA:** Aplicado el método ICARHS para determinar la calidad del agua del río Llallimayo se concluye que los valores de ICARHS, en los cuatro puntos de monitoreo, del río de Llallimayo, califican como pésimo, fluctuando entre 40 a 44, durante los años (2013, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023), y una calificación del ICARHS como malo siendo 45 y 47 durante los años (2011 y 2015), para la época de estiaje y para la época de avenidas respectivamente. Todos los valores de ICARHS, obtenidos permiten inferir que la calidad del agua está entre malo a pésimo.

**TERCERA:** La percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería indica que el 79% tienen una percepción negativa sobre la contaminación del agua por la minería, mientras que el 13% tiene una percepción de regular y el 8% tiene una percepción positiva, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que se afirma que existe un nivel de percepción negativa de la población del distrito de Llalli-2023.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** El Gobierno Regional Puno, se deben gestionar proyectos para construir plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y reducir los vertidos a los ríos para satisfacer las necesidades de riego de cultivos y agua potable sin alterar la calidad del agua. Carhuasuica y Gonzales (2022)

**SEGUNDA:** Remitir copia de la presente a la Administración Local de Agua Ramis, se realizan difusión, socialización y acciones adecuadas en base a los resultados del monitoreo de la calidad del agua superficial en el río Llallimayo.

**TERCERA:** A las instituciones de competencia realizar monitoreos periódicos sobre los parámetros evaluados en la presente investigación prioritariamente los que excedieron los ECA-agua, en épocas de estiaje y épocas de avenida, de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, a fin de conservar y preservar la calidad del agua del río de Llallimayo. Carhuasuica y Gonzales (2022)

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., y Campuzano, S. (2000). Contaminación biológica y otros factores de riesgo relacionados con el desempeño en los laboratorios de docencia de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca en Santa Fe de Bogotá. *Revista Biomédica*, 20(2), 91–101. Recuperado de <https://doi.org/10.7705/biomedica.v20i2.1052>.
- ANA. (2011). Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial. *Autoridad Nacional del Agua*.  
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/215>
- Resolución Jefatural N° 084-ANA, (2020).  
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4479>
- Arizabal, C. A. (2022). *Residuos sólidos biocontaminados durante la pandemia y la percepción de los pobladores aledaños al botadero del Hospital de apoyo de Yunguyo, 2022* [Tesis de pre grado, Universidad Privada San Carlos].  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/386>
- Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial – Desarrollo sostenible, resiliencia y crecimiento económico* [Text/HTML]. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/home>
- Benez, M. (2010). Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Frontera Norte* 22(43), 129–58. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.p](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.p)
- Carhuasuica, Y., & Gonzales, S. (2022). *Índice de calidad de agua, aplicando el Icarhs en el río Vilcanota en el tramo Paclamayo – Pucruto, distrito de Urubamba – Cusco—2021* [Tesis de pre grado, Universidad Andina del Cusco].  
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4999>
- Cozo, C. M. (2022). *Análisis de cambio de uso de suelo por actividad minera mediante percepción remota en el distrito de Ananea, períodos 2015—2021* [Tesis de pre grado, Universidad Privada San Carlos].  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/380>

- Díaz, D. M. (2018). *Influencia de la política de gestión integral del recurso hídrico sobre la calidad del agua de la cuenca alta del río Bogotá* [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://repositorio.udistrital.edu.co/handle/11349/15297>
- Flores, S., & Vela, N. C. (2021). *ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA BAJO MARAÑÓN, PERÍODO 2014-2020* [Tesis de pre grado, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1492>
- Fuentes, A. G. (2021). *Índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales para la gestión de calidad del agua, subcuenca del Río Cotahuasi, Arequipa, 2021* [Tesis de pre grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88817>
- Gerard, k. (1999). *Ingeniería Ambiental. España: McGraw-Hill Interamericana de España.* <https://www.mheducation.es/universidad/ingenieria>
- Goyzueta, A. D., & Jimenez, D. L. (2022). *Análisis espacial de índices de calidad de agua y su influencia en áreas agrícolas en la cuenca media y baja Camaná 2017—2021* [Tesis de pre grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89141>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas: cuantitativa ,cualitativa y mixta.* Mc Graw Hill educación. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Ingeniería ambiental. (2009). *CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - ¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL?* <http://ingenieriaambientalapuntos.blogspot.com/2009/02/contaminacion-ambiental-que-es-la.html>
- Laura, Y. I., & Huanca, V. A. (2022). *Aplicación del Icarhs en la evaluación de contaminantes emergentes presentes en los tributarios del Río Ubinas* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<http://hdl.handle.net/20.500.12773/15625>

Mallqui, J. F. & Miguel. (2022). *Análisis espacio temporal de la calidad de agua del río Mantaro influenciada por las aguas residuales del año 2004—2008 y 2015—2019* [Tesis de pre grado, Universidad Continental].

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11987>

Ley N° 29338—Ley de Recursos Hídricos. Recuperado 14 de abril de 2023, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-recursos-hidricos-0>

Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente., (2017). <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1055/>

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, (2017). <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

Monjarás, K. N. (2021). *Modelamiento de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca—Chili en el periodo 2016—2021, Arequipa 2021* [Tesis de pre grado, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89222>

Morales, C., & Vergara, R. L. (2022). *Comparación de los modelos Iber y Qual2K para la simulación de la calidad del agua en un tramo de la cuenca del río Ocoa, Villavicencio-Meta, como herramienta para la gestión del recurso hídrico* [Tesis de pre grado, Universidad Santo Tomás].

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/44140>

Organización Mundial de la Salud. (2008). *Informe sobre la salud en el mundo 2008: La atención primaria de salud, más necesaria que nunca : introducción y panorámica* (WHO/IER/WHR/08.1). Organización Mundial de la Salud.

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/69864>

Ortega, P. E. (2023). *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca Coata aplicando el método ICARHS, Juliaca 2022* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20163>

- OEFA. (2016). Informe de Evaluación en la Cuenca Pucara durante el año 2016. In Publicaciones OEFA -Ministerio del Ambiente. [http://visorsig.oefa.gob.pe/datos\\_DE/PM0203/PM020302/01/IF/IF\\_0100-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI.pdf](http://visorsig.oefa.gob.pe/datos_DE/PM0203/PM020302/01/IF/IF_0100-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI.pdf)
- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una Revisión. Entre Ciencia e Ingeniería, 14(27), 9–18. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-3672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-3672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Quiroga, K. (2021). *Evaluación de la disponibilidad hídrica y calidad del agua superficial del acueducto veredal “Los Tanques” en la vereda de San Isidro, Cóbbita Boyacá* [Tesis de pre grado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10311>
- Rivera, B. R. (2021). *Percepciones frente a la contaminación del agua de la cuenca Llallimayo en pobladores del distrito de Llalli—Melgar* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16932>
- Salas, L. D. (2022). *Análisis comparativo del ICA-NSF e índice de calidad de agua diseñado para la Microcuenca de Cachimayo, Cusco, Perú Abril-2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92377>
- Salas, N. A., & Segura, W. A. (2022). *Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017 – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91620>
- Soloisolo, D. (2022). *Niveles de plomo y mercurio en agua de la cuenca Llallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi S.A.C. - región Puno* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano].

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17747>

Sucapuca, R. K. (2022). *Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno (Perú)* [Tesis de pre grado, Universidad Peruana Unión].

<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5313>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2022, junio 8). *El tratamiento de aguas residuales en el Perú aumentó en 11 %, entre el 2016 y el 2020.*

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

Tampe, R. A. (2022). *Percepción de la población adulta del distrito de ILAVE, provincia de El Collao, de la región Puno, sobre el reúso de aguas servidas tratadas año 2021.*

[Tesis de pre grado, Universidad Privada San Carlos].

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./248>

Vargas, B. E. (2021). *Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021* [Tesis de pre grado, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71364>

Vilca, C. I. (2022). *Determinación de los niveles de mercurio y plomo de las aguas superficiales en la unidad hidrográfica del río Lampa y su relación con el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental (ECA) para el periodo 2021*

[Tesis de pre grado, Universidad Privada San Carlos].

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/394>

Vilca, P. (2020). *Conflicto socioambiental y desarrollo sostenible en el proyecto de explotación Arasi – Ocuwiri, Lampa* [Universidad Nacional del Altiplano].

<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280646>

World Health Organization. (2004). *Informe sobre la salud en el mundo: 2004 : cambiemos el rumbo de la historia.* Organización Mundial de la Salud.

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/42936>

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de consistencia

**Título:** Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales del río Llallimayo y la percepción de la población sobre contaminación minera, Distrito de Llalli-2023

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR ES	INSTRUMENTO	TÉCNICA DE PROCESAMIE NTO
<b>General</b> ¿Cuál es la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS) y la percepción de la población sobre contaminación del agua por la minera, distrito de Llalli-2023?	<b>General</b> Evaluar la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS) y la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.	<b>General</b> La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), influye significativamente en la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.	<b>Variable independiente</b> e: Índice de calidad de agua (ICARHS)	Calificación (ICARHS):  Excelente  Buena  Regular  Mala  Muy mala.	<b>Técnica:</b> Resolución Jefatural N° RJ 084-2020-ANA  <b>Instrumento:</b> Informes de monitoreo del río de Llallimayo por Autoridad Nacional del Agua (ANA) -Puno	Programas - Spss, - Ms.exce I  Procesamiento: -Tablas, - gráficos
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>				

¿Cuál es la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), distrito de Llalli-2023?	Determinar la calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), distrito de Llalli -2023.	La calidad del agua del río Llallimayo aplicando el método (ICARHS), tiene una calificación de pésimo, distrito de Llalli-2023.	<b>Variable dependiente:</b> Percepción de la población.	Nivel de percepción Positiva Regular Negativa.	<b>Técnica:</b> Encuesta  <b>Instrumento:</b> Cuestionario	
¿Cuál es la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023?	Conocer la percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli-2023.	La percepción de la población frente a la contaminación del agua por la minería, distrito de Llalli -2023, es negativa.				

## Anexo 02: Cuestionario

### Percepción de la población sobre la contaminación del agua por la minería.

Señores participantes del estudio de investigación, le agradecemos responder las siguientes preguntas que servirán para brindarnos información y desarrollar el tema de tesis titulado: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales del río Llallimayo y la percepción de la población sobre contaminación minera, distrito de Llalli-2023, la información que nos proporcione será manejada con estricta confidencialidad y sus respuestas serán anónimas.

Marca con una (X)

#### Escala de Likert

1 = Si      2 = No      3 = Tal vez

N°	Dimensión contaminación del agua	1	2	3
1	¿En su opinión considera que el agua del río Llallimayo está contaminada?			
2	¿Para usted la contaminación principal del río Llallimayo, es por la minera?			
3	Ud. ¿Cree que los cambios en el color y olor en el agua afecta la vida de peces y plantas, así como a todo aquello que se encuentra en el cauce del río?			
	<b>Dimensión calidad del agua</b>			
4	¿Considera que la calidad del agua del río Llallimayo, se encuentra contaminada por aluminio, hierro, manganeso y cobre por las operaciones de la empresa minera ARASI SAC?			
5	Ud. ¿Tiene conocimiento de las alteraciones en la calidad del agua del río?			
6	¿Crees que la contaminación del río de la cuenca de los ríos Llallimayo, Santa Rosa, Ayaviri y Pucará se encuentran también contaminadas por vertimientos de aguas residuales municipales?			
7	¿Considera que la calidad del agua trae problemas en la ganadería y la agricultura?			

	<b>Dimensión de uso del agua</b>			
8	¿Crees que el consumo de agua del río Llallimayo para los animales, hace mucho daño?			
9	¿Cree que está bien regar las parcelas con agua del río Llallimayo?			
10	¿Piensa que utilizar el agua del río para regar los campos y para bebida del ganado trae efectos en los productos cosechados y en el ganado mismo?			
11	¿Considera que la contaminación del río Llallimayo perjudica la economía familiar?			
	<b>Dimensión efectos del agua</b>			
12	¿Piensa que consumir el agua de río tiene efectos en la salud de la población?			
13	¿Considera que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno?			
14	¿Considera que las autoridades no toman las acciones pertinentes respecto a la contaminación minera?			

### Anexo 03: Ficha de validación de instrumento

		Manual de Presentación de Proyecto de Investigación e Informe Final	COD. DE DOC.: MAN.COD. OF.: UI	VERSIÓN: 1.0	PÁGINA: 1
---	---	---	---	-----------------	--------------

#### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

##### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres del experto:
- 1.2 Grado académico: Msc. Castillo Suaquita Fredy Aparicio
- 1.3 Título de la Investigación: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales del río Llallimayo y la percepción de la población sobre contaminación minera, Distrito de Llalli-2023.
- 1.4 Denominación del instrumento: Cuestionario

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/ CUANTITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		0	1	2	3	4
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.			X		
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables medibles.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.			X		
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.			X		
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.			X		
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.					X
SUB TOTAL				8	15	4
TOTAL		27				

REVISADO POR: V'B*	APROBADO POR: V'B*	FECHA DE APROBACIÓN:
Prohibida su reproducción sin autorización del Director de la Unidad de Calidad y Acreditación		

		Manual de Presentación de Proyecto de Investigación e Informe Final	COD. DE DOC: MAN. COD. OF.: UI	VERSIÓN: 1.0	PÁGINA: 2
---	---	---	---	-----------------	--------------

**VALORACIÓN**

Deficiente ( )	Regular ( )	Bueno ( )	Muy Bueno (X)	Excelente ( )
0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 32	33 - 40

Lugar y fecha: Puno 30 setiembre del 2023.



.....  
**Firma del experto**

**Nombre:** Fredy Aparicio Castillo Suaquita

**DNI:** 01323080

REVISADO POR: V/B*	APROBADO POR: V/B*	FECHA DE APROBACIÓN:
Prohibida su reproducción sin autorización del Director de la Unidad de Calidad y Acreditación		

**Anexo 04:** Base de datos del cuestionario

N°	Dimensión contaminación del agua			Dimensión calidad del agua				Dimensión de uso del agua				Dimensión efectos del agua		
	PN°1	PN°2	PN°3	PN°4	PN°5	PN°6	PN°7	PN°8	PN°9	PN°10	PN°11	PN°12	PN°13	PN°14
1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	2
2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	3	3	1	3	2	3	1	3	1	3
4	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1
5	1	3	1	1	1	3	1	3	2	3	2	1	1	1
6	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
7	1	3	1	1	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1
9	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	3	1	1	2	3	1	1	1	1
11	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
12	1	3	1	3	1	3	1	1	2	3	2	1	1	1
13	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
17	1	1	2	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	1
18	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
19	1	3	3	3	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1
20	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	1	1	1	1
22	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1
24	1	1	1	3	1	1	3	1	2	1	2	1	1	1
25	1	3	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
27	1	1	1	1	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1
28	1	1	1	3	1	3	1	1	2	1	3	1	1	1
29	1	1	1	1	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1
30	3	3	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	3	1
31	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
32	3	1	1	1	3	3	1	1	2	3	3	1	1	1
33	2	1	3	3	1	3	1	1	2	1	1	3	3	1
34	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
37	1	2	3	3	1	3	1	3	2	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	2	1	1
39	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1
42	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
43	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
44	3	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	3	3	3	2	3	1	1	1	1

46	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1
47	1	1	1	1	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
49	2	1	1	1	1	3	1	3	2	1	2	1	1	1
50	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
52	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1
53	1	2	1	2	1	2	2	2	2	3	1	1	1	1
54	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
55	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
56	1	1	1	1	1	3	1	3	2	1	3	1	1	1
57	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1
58	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
59	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
60	3	1	2	1	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1
61	1	2	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	3	1
62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
63	1	1	2	2	1	3	1	3	2	1	1	1	1	1
64	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
65	1	2	1	1	1	3	1	1	2	1	3	1	1	1
66	1	1	1	1	3	2	1	2	2	1	1	1	3	1
67	2	2	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1
68	3	1	1	3	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1
69	1	3	3	1	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
71	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
72	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1
73	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1
74	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	3	1
75	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	3	1
76	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1
77	2	2	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1
78	3	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
79	1	1	1	3	1	3	3	1	2	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1
81	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
82	3	3	3	1	3	3	1	3	2	1	1	1	1	1
83	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	3	3	3	1
84	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
85	1	1	3	3	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1

86	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
87	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1
88	1	2	1	1	1	3	1	3	2	3	1	1	1	1
89	1	2	3	1	3	3	1	1	2	1	3	1	1	1
90	3	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
91	3	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
92	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1
93	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1
94	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1
95	1	1	2	1	1	2	1	1	2	3	3	3	1	1
96	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1
97	1	1	3	1	1	3	3	1	2	2	1	1	1	1
98	1	2	1	1	1	3	1	3	2	1	1	3	3	1
99	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101	3	3	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1
102	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1
103	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
104	1	1	1	3	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1
105	3	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
106	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
107	2	2	1	1	3	3	1	1	2	1	3	1	3	3
108	1	2	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1
109	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3
110	3	3	3	1	3	3	3	1	2	2	1	1	2	2
111	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2
112	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
113	3	3	1	1	3	2	1	3	2	2	1	1	2	2
114	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
115	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2	2	1	1	1
116	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
117	1	2	1	1	1	3	1	1	2	1	3	1	1	3
118	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
119	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	3
120	3	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1

## Anexo 05: Aplicación del cuestionario a los pobladores del distrito de Llalli

### Anexo 02: Cuestionario

#### Percepción de la población sobre la contaminación del agua por la minería.

Señores participantes del estudio de investigación, le agradecemos responder las siguientes preguntas que servirán para brindarnos información y desarrollar el tema de tesis titulado: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales del río Llallimayo y la percepción de la población sobre contaminación minera, Distrito de Llalli-2023, la información que nos proporcione será manejada con estricta confidencialidad y sus respuestas serán anónimas.

#### Escala de Likert

1 = Si    2 = No    3 = Tal vez

N°	Dimensión contaminación del agua	1	2	3
1	¿En su opinión considera que el agua del río Llallimayo está contaminada?	X		
2	¿Para usted la contaminación principal del río Llallimayo, es por la minera?	X		
3	Ud. ¿Cree que los cambios en el color y olor en el agua afecta la vida de peces y plantas, así como a todo aquello que se encuentra en el cauce del río?	X		
<b>Dimensión calidad del agua</b>				
4	¿Considera que la calidad del agua del río Llallimayo, se encuentra contaminada por aluminio, hierro, manganeso y cobre por las operaciones de la empresa minera ARASI SAC?	X		
5	Ud. ¿Tiene conocimiento de las alteraciones en la calidad del agua del río?		X	
6	¿Crees que la contaminación del río de la cuenca de los ríos Llallimayo, Santa Rosa, Ayaviri y Pucará se encuentran también contaminadas por vertimientos de aguas residuales municipales?			X
7	¿Considera que la calidad del agua trae problemas en la ganadería y la agricultura?	X		
<b>Dimensión de uso del agua</b>				
8	¿Crees que el consumo de agua del río Llallimayo para los animales, hace mucho daño?	X		

9	¿Cree que está bien regar las parcelas con agua del río Llallimayo?		X	
10	¿Piensa que utilizar el agua del río para regar los campos y para bebida del ganado trae efectos en los productos cosechados y en el ganado mismo?	X		
11	¿Considera que la contaminación del río Llallimayo perjudica la economía familiar?	X		
<b>Dimensión efectos del agua</b>				
12	¿Piensa que consumir el agua de río tiene efectos en la salud de la población?	X		
13	¿Considera que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno?	X		
14	¿Considera que las autoridades no toman las acciones pertinentes respecto a la contaminación minera?	X		

**Figura 40:** Cuestionario llenado por los pobladores del distrito de Llalli.

## Anexo 02: Cuestionario

### Percepción de la población sobre la contaminación del agua por la minería.

Señores participantes del estudio de investigación, le agradecemos responder las siguientes preguntas que servirán para brindarnos información y desarrollar el tema de tesis titulado: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales del río Llallimayo y la percepción de la población sobre contaminación minera, Distrito de Llalli-2023, la información que nos proporcione será manejada con estricta confidencialidad y sus respuestas serán anónimas.

#### Escala de Likert

1 = Si    2 = No    3 = Tal vez

N°	Dimensión contaminación del agua	1	2	3
1	¿En su opinión considera que el agua del río Llallimayo está contaminada?	X		
2	¿Para usted la contaminación principal del río Llallimayo, es por la minera?	X		
3	Ud. ¿Cree que los cambios en el color y olor en el agua afecta la vida de peces y plantas, así como a todo aquello que se encuentra en el cauce del río?	X		
<b>Dimensión calidad del agua</b>				
4	¿Considera que la calidad del agua del río Llallimayo, se encuentra contaminada por aluminio, hierro, manganeso y cobre por las operaciones de la empresa minera ARASI SAC?			X
5	Ud. ¿Tiene conocimiento de las alteraciones en la calidad del agua del río?			X
6	¿Crees que la contaminación del río de la cuenca de los ríos Llallimayo, Santa Rosa, Ayaviri y Pucará se encuentran también contaminadas por vertimientos de aguas residuales municipales?	X		
7	¿Considera que la calidad del agua trae problemas en la ganadería y la agricultura?	X		
<b>Dimensión de uso del agua</b>				
8	¿Crees que el consumo de agua del río Llallimayo para los animales, hace mucho daño?			X

9	¿Cree que está bien regar las parcelas con agua del río Llallimayo?			X
10	¿Piensa que utilizar el agua del río para regar los campos y para bebida del ganado trae efectos en los productos cosechados y en el ganado mismo?	X		
11	¿Considera que la contaminación del río Llallimayo perjudica la economía familiar?			X
<b>Dimensión efectos del agua</b>				
12	¿Piensa que consumir el agua de río tiene efectos en la salud de la población?	X		
13	¿Considera que la contaminación minera viene dejando diversidad de destrozos a lo largo de nuestro país y el departamento de Puno?			X
14	¿Considera que las autoridades no toman las acciones pertinentes respecto a la contaminación minera?			X

**Figura 41:** Cuestionario llenado por los pobladores del distrito de Llalli.

**Anexo 06:** Panel fotográfico



**Figura 42:** Distrito de Llalli.



**Figura 43:** Municipalidad distrital de Llalli.



**Figura 44:** Puente del distrito de Llalli.



**Figura 45:** Encuesta aplicada en las viviendas del distrito de Llalli.



**Figura 46:** Encuesta aplicada a comerciantes del distrito de Llalli.



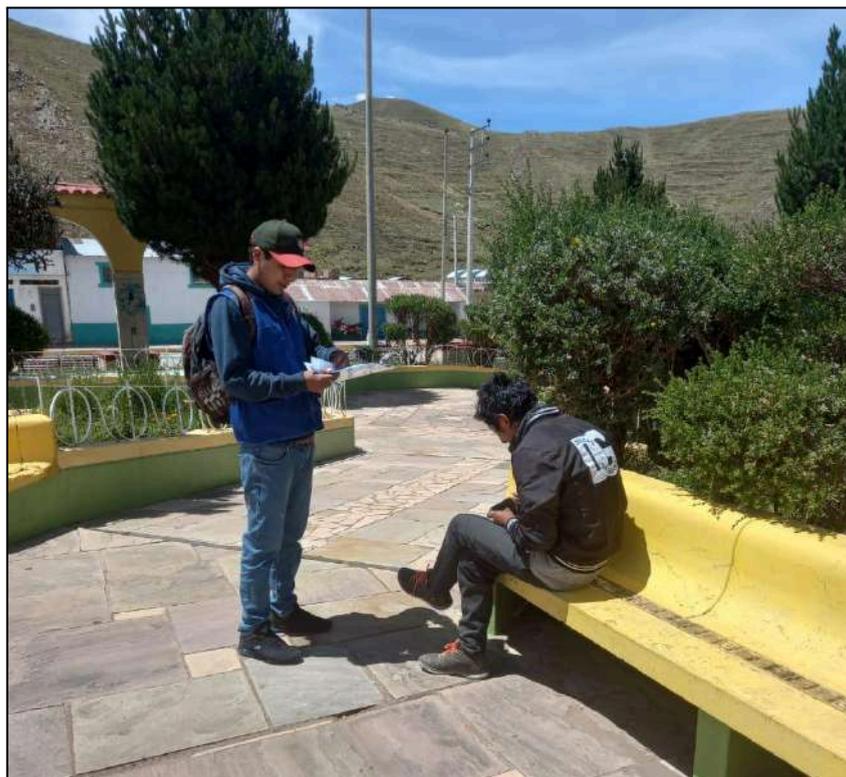
**Figura 47:** Encuesta aplicada a transeúntes cerca a la I.E.S. Agropecuaria "Miguel Grau" Llalli.



**Figura 48:** Encuesta aplicada en las viviendas del distrito de Llalli.



**Figura 49:** Encuesta aplicada a pobladores en los distintos jirones del distrito de Llalli.



**Figura 50:** Encuesta aplicada a pobladores que se encuentran en la plaza de armas del distrito de Llalli.



**Figura 51:** Encuesta aplicada a pobladores que están en la plaza de armas del distrito de Llalli.



**Figura 52:** Encuesta aplicada a pobladores que transitan por las calles del distrito de Llalli.



**Figura 53:** Encuesta aplicada a comerciantes que están en la plaza de armas del distrito de Llalli.



**Figura 54:** Encuesta aplicada a pobladores del distrito de Llalli.

**Anexo 07:** Solicitud acceso a la información pública Autoridad Nacional del Agua.



Oscar PARISACA SAIRITUPA <oscar\_parisaca@upsc.edu.pe>

---

**Ingreso de solicitud Nueva**  
1 mensaje

---

**Notificaciones - ANA** <notificaciones.elec2@ana.gob.pe> 4 de septiembre de 2023, 18:29  
Para: OSCAR\_PARISACA@upsc.edu.pe

Trámite Documentario Virtual

**Estimado(a) Usuario(a):** PARISACA SAIRITUPA OSCAR  
Su solicitud con Cut: 175273-2023 fue ingresada con éxito y está siendo revisada por Mesa de Partes. Los datos ingresados de su documento son los siguientes:

Información del Documento	
Tipo y Nro de Documento:	SOLICITUD S/N
Asunto:	SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA
Fecha Registro:	04/09/2023 06:28 PM

De cumplir con los requisitos de admisibilidad, se le comunicará la aceptación de su solicitud. Caso contrario, se indicarán las observaciones detectadas, las mismas que deberán ser subsanadas obligatoriamente en la Mesa de Partes Virtual dentro del plazo máximo de dos (02) días hábiles, computados desde la recepción del correo electrónico institucional. Las solicitudes ingresadas a través de la Mesa de partes Virtual - MPV desde la 00:00 horas hasta las 23:59 horas de un día hábil se considerarán presentadas ese día hábil y por consiguiente aquellas solicitudes que ingresen en un día no laborable se considerarán presentadas el primer día hábil siguiente.  
Tener en cuenta que la recepción de su solicitud NO da conformidad al contenido presentado.  
**Correo electrónico:** [ana.contestaweb@ana.gob.pe](mailto:ana.contestaweb@ana.gob.pe)  
**Celular:** 975148362 – 944695064 - 992686218  
**Teléfono:** (01) 224 6963  
**Nota:**  
Mensaje automático, por favor no responder. Imprime este correo electrónico sólo si es necesario. Cuidar el ambiente es responsabilidad de todos.

Autoridad Nacional del Agua

**Figura 55:** Solicitud de acceso a la información pública.



Oscar PARISACA SAIRITUPA <oscar\_parisaca@upsc.edu.pe>

---

**Comunicacion de registro de solicitud**  
1 mensaje

---

**Notificaciones - ANA** <notificaciones.elec2@ana.gob.pe> 4 de septiembre de 2023, 19:02  
 Para: OSCAR\_PARISACA@upsc.edu.pe  
 Cc: aaa-titicaca@ana.gob.pe

Trámite Documentario Virtual

**Estimado(a) Usuario(a):** PARISACA SAIRITUPA OSCAR  
 Su solicitud registrada con el CUT: **175273-2023.fue aceptada al cumplir los requisitos de admisibilidad.**

Información del Documento	
Tipo y Nro de Documento:	SOLICITUD S/N
Asunto:	SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA
Fecha Registro:	04/09/2023 18:28:58

Asimismo, se le comunica que podrá hacer seguimiento a cualquier trámite presentado en la mesa de partes a través de la sección Seguimiento de Trámite del portal web [www.gob.pe/ana](http://www.gob.pe/ana). Se recuerda que podrá comunicarse con nosotros de lunes a viernes en el horario de 8:30 a.m. a 4:30 p.m a través de los siguientes canales:  
**Correo electrónico:** [ana.contestaweb@ana.gob.pe](mailto:ana.contestaweb@ana.gob.pe)  
**Celular:** 992 686 218 - 944 695 064 - 975 148 362  
**Teléfono:** (01) 224 6963

**Nota:**  
 Mensaje automático, por favor no responder. Imprime este correo electrónico sólo si es necesario. Cuidar el ambiente es responsabilidad de todos.

Autoridad Nacional del Agua

**Figura 56:** Comunicación de registro de solicitud.

**Anexo 08:** Monitoreo de la calidad de agua superficial del río Llallimayo.



**Figura 57:** Monitoreo de emergencia de la calidad de agua superficial en el río Llallimayo.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.



**Figura 58:** Red de monitoreo especializado de calidad del agua superficial del río Llallimayo.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.



**Figura 59:** Red de monitoreo para evaluación comparativa de la calidad del agua en el río Llallimayo 2019 - 2020.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.



**Figura 60:** Toma de muestras de agua superficial en el río Llallimayo (RLlal2).

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.



**Figura 61:** Toma de muestras de agua superficial en el río Llallimayo (RLlal2).

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.



**Figura 62:** Toma de muestras de agua superficial en el río Llallimayo (RLIla1).

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.



**Figura 63:** Participantes y responsables del monitoreo de la calidad de agua superficial en el río Llallimayo (RLIla1).

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.

**Anexo 09:** Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial en el río Llallimayo.

		DS N°004-2017-MINAM		14680-2020
		Categoría 3 - D1		05/03/2020
				14:25:00
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	RLlal1
Parámetro	Unidad			
<b>PARAMETROS IN SITU</b>				
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	14,07
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥ 4	≥ 5	3,98
pH	Unidad	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	5,51
Conductividad eléctrica	uS/cm	2500	5000	336,4
<b>4 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5 mg/L	5 mg/L	< 0,100
Cianuro Wad	mg/L	0,1 mg CN <sup>-</sup> /L	0,1 mg CN <sup>-</sup> /L	< 0,001
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15 mg/L	15 mg/L	< 2
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	40 mg O <sub>2</sub> /L	40 mg O <sub>2</sub> /L	< 2
Detergentes Aniónicos	mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	< 0,002
<b>8 ENSAYOS DE METALES - Metales Totales por ICP MS</b>				
Plata (Ag)	mg/L	---	---	< 0,00008
Aluminio (Al)	mg/L	5 mg/L	5 mg/L	11,45
Arsénico (As)	mg/L	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,0183
Boro (B)	mg/L	1 mg/L	1 mg/L	0,099
Bario (Ba)	mg/L	0,7 mg/L	0,7 mg/L	0,0326
Berilio (Be)	mg/L	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,0012
Bismuto (Bi)	mg/L	---	---	< 0,0002
Calcio (Ca)	mg/L	---	---	21,77
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01 mg/L	0,01 mg/L	0,00114
Cobalto (Co)	mg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L	0,0358
Cromo (Cr)	mg/L	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,0086
Cobre (Cu)	mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,2330
Hierro (Fe)	mg/L	5 mg/L	5 mg/L	23,33
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001 mg/L	0,001 mg/L	< 0,00005
Potasio (K)	mg/L	---	---	2
Litio (Li)	mg/L	2,5 mg/L	2,5 mg/L	0,0301
Magnesio (Mg)	mg/L	---	---	6
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,3842
Molibdeno (Mo)	mg/L	---	---	0,0004
Sodio (Na)	mg/L	---	---	12,49
Níquel (Ni)	mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,0572
Fósforo (P)	mg/L	---	---	0,32
Plomo (Pb)	mg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L	0,002
Antimonio (Sb)	mg/L	---	---	< 0,0002
Selenio (Se)	mg/L	0,02 mg/L	0,02 mg/L	< 0,0006
Silicio (Si)	mg/L	---	---	8,2
Estaño (Sn)	mg/L	---	---	< 0,0002
Estroncio (Sr)	mg/L	---	---	0,2942
Titanio (Ti)	mg/L	---	---	0,0064
Talio (Tl)	mg/L	---	---	< 0,0002
Uranio (U)	mg/L	---	---	0,0011
Vanadio (V)	mg/L	---	---	0,0063
Zinc (Zn)	mg/L	2 mg/L	2 mg/L	0,165
<b>16 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes*	NMP/100 mL	1000 NMP/100mL	2000 NMP/100mL	< 1,8
Escherichia coli*	NMP/100 mL	1000 NMP/100mL	---	< 1,8
<b>18 ENSAYOS PARASITOLÓGICOS</b>				
Huevos de Helmintos	Huevos/L	1 Huevos/L	1 Huevos/L	< 1

**Leyenda:**  Parámetro que excede o incumple el ECA 3

**Fuente:** Reportes de Ensayo oficiales (N° 11410-2020) de ALS LS PERÚ S.A.C.

**Figura 64:** Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial en el río Llallimayo, febrero de 2020.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.

		D.S. 004-2017-MINAM ECA: CATEGORÍA 3		11410-2020 19/02/2020 14:30:00	11410-2020 19/02/2020 13:00:00	11410-2020 19/02/2020 12:00:00	11410-2020 19/02/2020 17:30:00
				Tributario		Río principal (R.P.)	
		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de Animales	RChac2	RChac3	RLIa2	RLIa3
Parámetro	Unidad						
<b>Parámetros de campo</b>							
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	14.7	12.4	12.4	14.7
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥ 4	≥ 5	5.88	6.68	6.64	6.12
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	4.47	4.53	4.14	4.64
Conductividad eléctrica	uS/cm	2500	5000	258	211	291	283
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>							
Aceites y Grasas	mg/L	5	10	0.09	0.09	0.09	0.09
Cianuro Wad	mg CN /L	0,1	0,1	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
DBO5	mg/L	15	15	1.9	1.9	1.9	1.9
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	40	40	17	14	14	11
Nitrógeno Total	mg NL	---	---	1.218	0.659	3.402	0.933
<b>Aniones por Cromatografía Iónica</b>							
Nitratos, NO3-	mg NO3-/L	---	---	0.216	0.32	0.533	0.525
Nitratos, (como N)	mg NO3-N/L	---	---	0.049	0.072	0.12	0.119
Nitritos, NO2-	mg NO2-/L	---	---	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149
Nitritos, (como N)	mg NO2-N/L	10	10	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039
Sulfatos, SO4-2	mg SO4-2/L	1000	1000	78.3	64.79	119.1	99.57
<b>Metales Totales por ICP-MS</b>							
Plata (Ag)	mg/L	---	---	0.000079	0.000079	0.000079	0.000079
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	6.11	4.432	9.943	6.928
Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.2	0.0203	0.0197	0.0197	0.0194
Boro (B)	mg/L	1	5	0.138	0.132	0.112	0.121
Bario (Ba)	mg/L	0.7	---	0.0409	0.0348	0.0399	0.0634
Berilio (Be)	mg/L	0.1	0.1	0.0008	0.0006	0.001	0.0007
Calcio (Ca)	mg/L	---	---	18.78	15.17	22.23	27.87
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.05	0.00165	0.00075	0.0012	0.00111
Cobalto (Co)	mg/L	0.05	1	0.0217	0.0158	0.0322	0.0255
Cromo (Cr)	mg/L	0.1	1	0.0034	0.0032	0.0074	0.006
Cobre (Cu)	mg/L	0.2	0.5	0.2952	0.139	0.2095	0.1448
Hierro (Fe)	mg/L	5	---	7.409	7.834	20.25	15.69
Mercurio (Hg)	mg/L	0.001	0.01	0.000049	0.000049	0.000049	0.000049
Potasio (K)	mg/L	---	---	2.87	2.41	2.02	2.28
Litio (Li)	mg/L	2.5	2.5	0.0559	0.0444	0.0337	0.0356
Magnesio (Mg)	mg/L	---	250	5.242	4.743	6.068	6.184
Manganeso (Mn)	mg/L	0.2	0.2	0.3725	0.2734	0.3428	0.392
Molibdeno (Mo)	mg/L	---	---	0.0004	0.0003	0.0005	0.0004
Sodio (Na)	mg/L	---	---	17.66	16.12	13.4	14.3
Níquel (Ni)	mg/L	0.2	1	0.0308	0.0244	0.0497	0.0395
Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.05	0.003	0.0022	0.003	0.0043
Antimonio (Sb)	mg/L	---	---	0.0006	0.00019	0.00019	0.00019
Selenio (Se)	mg/L	0.02	0.05	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059
Estaño (Sn)	mg/L	---	---	0.00019	0.00019	0.0003	0.00019
Estroncio (Sr)	mg/L	---	---	0.3735	0.2996	0.3154	0.3801
Titanio (Ti)	mg/L	---	---	0.0069	0.0241	0.0106	0.0259
Talio (Tl)	mg/L	---	---	0.0005	0.00019	0.00019	0.00019
Vanadio (V)	mg/L	---	---	0.0028	0.0036	0.0075	0.007
Zinc (Zn)	mg/L	2	24	0.098	0.078	0.154	0.124
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>							
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	1.79	1.79	17	1.79
Escherichia coli	NMP/100mL	1000	---	1.79	1.79	7.80	1.79
Huevos de Helminths	Huevos/L	1	1	0.90	0.90	0.90	0.90

Leyenda:  Parámetro que excede o incumple el ECA 3

Fuente: Reportes de Ensayo oficiales (N° 11410-2020) de ALS LS PERÚ S.A.C.

**Figura 65:** Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial en el río Llallimayo, febrero de 2020.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.

Cuerpo de agua				Quebrada Luchusani	Río Azufirini	Río Chacapalca			
	Código de punto de muestreo	Categ. 3 - D1	Categ. 3 - D1	Categ. 3 - D2	QLuch2	RAzuf2	RChac1	RChac2	RChac3
	Reporte de Ensayo				A-23/076368	A-23/076367	A-23/076368	A-23/076369	A-23/076371
	Fecha de muestreo	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de Animales	22/06/2023	22/06/2023	22/06/2023	22/06/2023	22/06/2023
	Hora de muestreo				14:00	14:45	15:10	15:40	17:00
Categoría				Cat. 3 - D1	Cat. 3 - D1	Cat. 3 - D1	Cat. 3 - D1	Cat. 3 - D1	
<b>PARAMETROS IN SITU</b>	Unidad								
pH	Unidad	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	6.5 - 9.0	3.139	3.06	4.06	4.18	4.59
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	10.10	9.70	10.20	10.90	9.10
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 4	≥ 5	6.53	6.78	6.50	6.56	7.10
Conductividad	uS/cm	2500	5000	1000	2320.0	1506	992	1073.0	530.0
<b>ENSAYOS FISICOQUIMICOS</b>									
Sólidos Suspendidos	mg/L	---	---	---	< 2.00	14	154	174	33
<b>ENSAYOS FISICOQUIMICOS - Aniones por Cromatografía Iónica</b>									
Sulfatos, SO4-2	mg/L	1000	1000	1000	1.813	1149	612	576	216.00
<b>ENSAYOS DE METALES - Metales Totales por ICP MS</b>									
Plata (Ag)	mg/L	---	---	---	< 0.00006	< 0.00008	< 0.00006	< 0.00006	< 0.00006
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	5	123	93.4	46	43.2	12
Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.1	0.2	0.60075	0.70318	0.37158	0.34116	0.12964
Boro (B)	mg/L	1	1	5	0.147	0.225	0.573	0.769	0.905
Bario (Ba)	mg/L	0.7	0.7	---	0.013	0.0313	0.0542	0.058	0.036
Berilio (Be)	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.00695	0.00599	0.00296	0.00254	0.00087
Bismuto (Bi)	mg/L	---	---	---	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Calcio (Ca)	mg/L	---	---	---	135	59	59	65	38
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.09999	0.05879	0.0287	0.02629	0.00698
Cobalto (Co)	mg/L	0.05	0.05	1	0.93902	0.62789	0.29826	0.28014	0.0804
Cromo (Cr)	mg/L	0.1	0.1	1	0.067	0.06	0.03	0.026	0.006
Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	---	---	---	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008
Cobre (Cu)	mg/L	0.2	0.2	0.5	26.25	18.72	8.946	8.206	2.173
Hierro (Fe)	mg/L	5	5	---	248.5	205.3	102.5	90.05	11.96
Mercurio (Hg)	mg/L	0.001	0.001	0.01	< 0.000070	< 0.000070	< 0.000070	< 0.000070	< 0.000070
Potasio (K)	mg/L	---	---	---	30	12	11	12	8.8
Litio (Li)	mg/L	2.5	2.5	2.5	0.0757	0.0967	0.235	0.2697	0.2555
Magnesio (Mg)	mg/L	---	---	250	21.7	20	15.6	16.9	9.45
Manganeso (Mn)	mg/L	0.2	0.2	0.2	2.6309	2.0898	1.1134	1.2644	0.70428
Molibdeno (Mo)	mg/L	---	---	---	0.0037	0.00452	0.00259	0.00232	0.00067
Sodio (Na)	mg/L	---	---	---	168	63	80	93	74
Níquel (Ni)	mg/L	0.2	0.2	1	0.9696	0.7013	0.3356	0.3203	0.0919
Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.00517	0.00663	0.00366	0.0037	0.00071
Antimonio (Sb)	mg/L	---	---	---	< 0.00002	< 0.00002	0.00107	0.00099	< 0.00002
Selenio (Se)	mg/L	0.02	0.02	0.05	0.01836	0.00835	0.00414	0.00389	0.00105
Silicio (Si)	mg/L	---	---	---	24.4	23.2	17.3	15.3	10.5
Estaño (Sn)	mg/L	---	---	---	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004
Estroncio (Sr)	mg/L	---	---	---	0.49137	0.40503	0.90113	1.0636	0.6932
Titanio (Ti)	mg/L	---	---	---	0.017	0.0113	0.0064	0.0068	0.0027
Talio (Tl)	mg/L	---	---	---	0.01193	0.01341	0.00646	0.00583	0.00163
Uranio (U)	mg/L	---	---	---	0.03956	0.02363	0.0116	0.01068	0.00289
Vanadio (V)	mg/L	---	---	---	0.047	0.04	0.02	0.018	< 0.006
Zinc (Zn)	mg/L	2	2	24	3.77	2.4	1.19	1.11	0.322

**Leyenda:**  
 Parámetro que trasgrede el ECA Categoría 3 (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 66: Resultados de parámetros de calidad del agua en los cuerpos de agua tributarios del río Llallimayo (junio 2023).

Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

## Anexo 10: Decreto supremo N° 004-2017-MINAM

10	NORMAS LEGALES	Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
<p><b>Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias</b></p>	<p>publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;</p>	<p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p>
<p><b>DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM</b></p>	<p>DECRETA:</p>	<p><b>Artículo 1.- Objeto de la norma</b></p>
<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p>	<p>La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.</p>	<p><b>Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</b></p>
<p>CONSIDERANDO:</p>	<p>Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.</p>	<p><b>Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</b></p>
<p>Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p>	<p>Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:</p>	<p><b>3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional</b></p>
<p>Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que soan necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley.</p>	<p><b>a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</b></p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:</p>
<p>Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;</p>	<p><b>- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección</b></p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.</p>
<p>Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;</p>	<p><b>- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</b></p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.</p>
<p>Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p>	<p><b>- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado</b></p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.</p>
<p>Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p>	<p><b>b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación</b></p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.</p>
<p>Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;</p>	<p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;</p>	<p>Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normativa vigente que regula los ECA para agua;</p>
<p>Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;</p>	<p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,</p>	

**- B1. Contacto primario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

**- B2. Contacto secundario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

**3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**

**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabrillas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

**b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

**c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

**d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

**3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

**- Agua para riego no restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

**- Agua para riego restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

**b) Subcategoría D2: Bebida de animales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

**3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

**a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**b) Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

**- Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Típacica, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

**- Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

**c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**

**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

**- Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua**

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

**Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio**

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

**Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)**

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

**Nota:**

(\*) El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH<sub>3</sub>).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (e)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (e)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

**ORGÁNICO**

**Bifenilos Policlorados**

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
------------------------------	------	------	-------

**PLAGUICIDAS**

Paratión	µg/L	35	35
----------	------	----	----

**Organoclorados**

Aldrin	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrin	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacbro y Heptacbro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4

**Carbamato**

Aldicarb	µg/L	1	11
----------	------	---	----

**MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO**

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Anexo 11: Matriz de sistematización de información y cálculo de ICARHS.**

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LLALLIMAYO												
PUNTOS DE MUESTREO			Año									
			EPOCA DE ESTIAJE				EPOCA AVENIDA					
Parámetros a Evaluar		UM	ECA Cat.3	RLI01	RLI02	RLI03	RLI04		RLI01	RLI02	RLI03	RLI04
<b>Físico</b>	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5 Riego 6,5 – 8,4 Bebida									
	Conductividad	µS/cm	2 500 Riego 5 000 Bebida									
	Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4 Riego ≥ 5 Bebida									
	DBO5	mg/L	15									
	DQO	mg/L	40									
	Aceites y grasas	mg/L	5 Riego 10 Bebida									
	<b>Químicos</b>	Arsénico (As)	mg/L	0.1 Riego 0.2 Bebida								
Cadmio (Cd)		mg/L	0.01 Riego 0.05 Bebida									
Niquel (Ni)		mg/L	0.2 Riego 1 Bebida									
Cobre (Cu)		mg/L	0.2 Riego 0.5 Bebida									
Mercurio (Hg)		mg/L	0.001 Riego 0.01 Bebida									
Plomo (Pb)		mg/L	0,05									
Zinc (Zn)		mg/L	2 Riego 24 Bebida									
Manganeso		mg/L	0,2									
Hierro		mg/L	5									
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>		Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000								
	Número de parámetros que NO cumplen											
Número Total de parámetros a Evaluar												
Número de datos que NO cumplen el ECA												
Número Total de Datos												
<b>DATOS</b>	<b>F1</b>											
	<b>F2</b>											
	pH	Unidad de pH										
	Conductividad	µS/cm										
	Oxígeno Disuelto	mg/L										
	DBO5	mg/L										
	DQO	mg/L										
	Aceites y grasas	mg/L										
	Arsénico (As)	mg/L										
	Cadmio (Cd)	mg/L										
	Niquel (Ni)	mg/L										
	Cobre (Cu)	mg/L										
	Mercurio (Hg)	mg/L										
	Plomo (Pb)	mg/L										
	Zinc (Zn)	mg/L										
	Manganeso	mg/L										
	Hierro	mg/L										
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL											
Sumatoria de los excedentes												
<b>F3</b>												
<b>ICARHS</b>												

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto x				
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA				
		2017	2018	2019	2020	2021
<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>						
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L					
Nitratos (NO3-)	mg/L					
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L					
Fósforo Total	mg/L					
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL					
<b>F1</b>		$\frac{\text{N}^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N}^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}}$				
<b>F2</b>		$\frac{\text{N}^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N}^\circ \text{ total de datos evaluados}}$				
<b>Sumatoria de excedentes</b>						
<b>F3</b>		$\left( \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) \cdot 100$				
<b>Calificación Sub Índice 1</b>		$100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$				
<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>						
Potencial de Hidrógeno	pH					
<b>INORGÁNICOS</b>						
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L					
Arsénico (As)	mg/L					
Cobre (Cu)	mg/L					
Mercurio (Hg)	mg/L					
Zinc (zn)	mg/L					
Plomo (Pb)	mg/L					
<b>F1</b>		$\frac{\text{N}^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N}^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}}$				
<b>F2</b>		$\frac{\text{N}^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N}^\circ \text{ total de datos evaluados}}$				
<b>Sumatoria de los excedentes</b>						
<b>F3</b>		$\left( \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) \cdot 100$				
<b>Calificación Sub Índice 2</b>		$100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$				
<b>ICARHS</b>		Valor mínimo de la calificación de los Sub Índices 1 y 2				

Figura 67: Instrumento de cálculo del ICARHS – ECA categoría 3.