

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS  
SUPERFICIALES (ICARHS) Y LA PERCEPCIÓN DE LA  
POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD  
DE AGUA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2023.**

**PRESENTADA POR:**

**ROGELIO ALANIA ARCE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



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/)



5.39%

SIMILARITY OVERALL

0%

POTENTIALLY AI

SCANNED ON: 13 OCT 2023, 5:29 PM

### Similarity report

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

● IDENTICAL  
0.18%

● CHANGED TEXT  
5.21%

### Most likely AI

Highlighted sentences with the lowest perplexity, most likely generated by AI.

● LIKELY AI  
0%

● HIGHLY LIKELY AI  
0%

## Report #18437449

ROGELIOALANIA ARCE ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) Y LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2023. RESUMEN El propósito de este trabajo es conocer si el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) afecta la percepción de la población sobre la gestión de la calidad del agua, distrito de Puno, 2013-2023, el método fue calcular los índices de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales aprobado mediante resolución básica N° 084-2020-ANA. Los resultados obtenidos son los siguientes: Los once (11) puntos estudiados en el Golfo Interior del Lago Titicaca tienen una calificación ICARHS para los años (2013, 2014, 2015, 2016) en el terrible rango de 40-44. , 2019, 2020 y 2021), la estimación del ICARHS también es deficiente, siendo 45 y 47 para la temporada seca y la temporada de inundaciones (2017 y 2018), respectivamente. De estos valores obtenidos podemos concluir que la calidad del agua es de pésima a mala, y el 67% de la población percibe la calidad del agua como normal, el 17% como mala y el 16% como eficiente. Se observa que el valor p es 0.00, que es menor que 0.05, lo que equivale a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, por lo que podemos confirmar que existe una relación significativa entre la evidencia de calidad del agua superficial y el medio ambiente. Los recursos naturales

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**  
**ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**SUPERFICIALES (ICARHS) Y LA PERCEPCIÓN DE LA**  
**POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD**  
**DE AGUA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2023.**  
**PRESENTADA POR:**  
**ROGELIO ALANIA ARCE**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

PRIMER MIEMBRO

:

  
Dr. ANGEL AMADOR MELENDEZ HUISA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M.Sc. JOSE ELADIO NUÑEZ QUIROGA.

ASESOR DE TESIS

:

  
M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Líneas de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 30 de octubre del 2023.

## DEDICATORIA

A DIÓS

Por llevarme hasta aquí y darme la salud para lograr mis objetivos, junto a tu infinita bondad y amor.

A mis queridos padres Emiliana Arce Pongo y Nazario Alania Mucho, por darme la fuerza para seguir adelante, por su gran motivación día tras día,

Para mis hijos, mi motivación y alegría.

Mi hija Briana Anyeli, quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ella. Y mi hijo Marxs Gabriel, partiste temprana edad al lado de nuestro señor creador, tú has sido el sentido de nuestra vida, por eso te vamos a tener presente todos los días del resto de nuestra vida.

A mis hermanos José, Floria, Verónica y Yesica por los tiempos compartidos, los momentos vividos.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias Universidad Privada San Carlos – Puno, por acogerme como mi segundo hogar, donde recibí conferencias de diferentes profesores a lo largo de mis años de estudio, donde pude lograr una de tus metas más anheladas.

En la Escuela de Ingeniería Ambiental los conocimientos se imparten a lo largo de los años de estudio cursados.

Me apoyaron incondicionalmente con sus aportes, sugerencias e ideas para culminar este trabajo de investigación.

Quisiera agradecer a mi asesora, la MSc MARLENE CUSI MONTESINOS, por todo su apoyo durante todo el proceso de desarrollo y culminación de esta 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>16</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>18</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	18
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	19
1.2.3. A NIVEL REGIONAL Y LOCAL	23
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	25
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25

### CAPÍTULO II

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

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>26</b>
2.1.1. AGUA	26

2.1.2. CALIDAD DEL AGUA	26
2.1.3. LAGOS	27
2.1.4. LAGO TITICACA	30
2.1.5. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	32
2.1.6. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.	32
2.1.7. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN BAHÍA INTERIOR DE PUNO	32
2.1.8. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS)	35
2.1.9. CALIDAD AMBIENTAL URBANA	37
2.1.10. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	38
2.1.11. MARCO LEGAL	39
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>39</b>
<b>2.3. HIPÓTESIS</b>	<b>41</b>
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	41
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	41
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>42</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>42</b>
3.2.1. POBLACIÓN	42
3.2.2. MUESTRA	44
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>46</b>
3.3.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA, DISTRITO DE PUNO-2023.	47
3.3.2. LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO-2023.	53
<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>54</b>

<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) EN LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2023.</b>	<b>59</b>
4.1.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL	62
<b>4.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2021.</b>	<b>63</b>
4.2.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 1	97
<b>4.3. DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO-2023.</b>	<b>98</b>
4.3.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 2	113
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>121</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Operacionalización de variables de la investigación	54
<b>Tabla 02:</b> Puntos de monitoreo de calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.	60
<b>Tabla 03:</b> Resultados de ICARHS de la bahía interior del lago Titicaca.	61
<b>Tabla 04:</b> Valor de ICARHS y la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.	62
<b>Tabla 05:</b> La calificación (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.	97
<b>Tabla 06:</b> Nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Parámetros a evaluar en el ICARHS	37
<b>Figura 02:</b> Ubicación de puntos de monitoreo del lago Titicaca de la bahía interior de Puno.	43
<b>Figura 03:</b> Población del Distrito de Puno	44
<b>Figura 04:</b> Ubicación de puntos de monitoreo en el lago Titicaca de la bahía interior de Puno.	45
<b>Figura 05:</b> Etapas del ICARHS	48
<b>Figura 06:</b> Parámetros a evaluar en el ICARHS	49
<b>Figura 07:</b> Factores para el cálculo del ICARHS. Adaptado de (ANA, 2020, p. 8).	50
<b>Figura 08:</b> Fórmula para el cálculo del ICARHS. Tomado de (ANA, 2020, p. 7)	51
<b>Figura 09:</b> Valoración del ICARHS. Tomado de (ANA, 2020, p. 9)	51
<b>Figura 10:</b> Resultados de ICARHS en los puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca .	61
<b>Figura 11:</b> Prueba de estadística no paramétrica de correlación de Spearman	63
<b>Figura 12:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía Interior del lago Titicaca del 2013.	64
<b>Figura 13:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2013.	66
<b>Figura 14:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2013.	68
<b>Figura 15:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2014.	69
<b>Figura 16:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2014.	70
<b>Figura 17:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2014.	72

<b>Figura 18:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2015.	73
<b>Figura 19:</b> Cálculo y Valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2015.	74
<b>Figura 20:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2015.	75
<b>Figura 21:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2016.	76
<b>Figura 22:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2016.	78
<b>Figura 23:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2016.	79
<b>Figura 24:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2017.	80
<b>Figura 25:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2017.	82
<b>Figura 26:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2017.	83
<b>Figura 27:</b> Cálculo y Valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2018.	84
<b>Figura 28:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2018.	85
<b>Figura 29:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2018.	86
<b>Figura 30:</b> Cálculo y Valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía Interior del lago Titicaca del 2019.	87
<b>Figura 31:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2019.	88

<b>Figura 32:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2019.	89
<b>Figura 33:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2020.	91
<b>Figura 34:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2020.	92
<b>Figura 35:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2020.	93
<b>Figura 36:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2021.	94
<b>Figura 37:</b> Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2021.	95
<b>Figura 38:</b> Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2021.	96
<b>Figura 39:</b> La calificación (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.	98
<b>Figura 40:</b> Cómo calificaría las acciones de vigilancia de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.	99
<b>Figura 41:</b> Cómo califica las acciones de control de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca.	100
<b>Figura 42:</b> Cómo califica usted sobre los monitoreos de calidad de agua superficial (bahía interior de lago Titicaca), desarrolladas por entidades públicas.	101
<b>Figura 43:</b> Cómo califica usted a la Municipalidad Provincial de Puno en el proceso de la identificación de fuentes contaminantes hacia la bahía interior del lago Titicaca.	102
<b>Figura 44:</b> Diría usted que la información disponible respecto a la vigilancia y control de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca.	103
<b>Figura 45:</b> Cómo calificaría usted la difusión de resultados del estado de calidad del	

agua de la bahía interior del lago Titicaca.	104
<b>Figura 46:</b> Cómo calificaría usted la socialización de resultados del estado de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca.	105
<b>Figura 47:</b> Cómo calificaría usted las acciones de difusión y socialización del estado de la calidad del agua desarrolladas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago Titicaca.	106
<b>Figura 48:</b> Cómo calificaría usted a las entidades públicas y privadas sobre los talleres de difusión de resultados de monitoreos de calidad de agua superficial.	107
<b>Figura 49:</b> Diría usted que la información disponible respecto a la difusión y socialización del estado de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.	108
<b>Figura 50:</b> Cómo calificaría usted las acciones de la preservación de la calidad de agua ejecutadas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago Titicaca.	109
<b>Figura 51:</b> Diría usted que el nivel de preservación de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.	110
<b>Figura 52:</b> Diría usted en la actualidad el cuidado de la calidad de agua de la bahía interior del lago Titicaca.	111
<b>Figura 53:</b> Cómo calificaría usted el nivel de preservación de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca.	112
<b>Figura 54:</b> Cómo calificaría la formación de comités participativos de monitoreo de calidad del agua superficial.	113
<b>Figura 55:</b> Nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.	114
<b>Figura 56:</b> Aplicación de la encuesta en Malecón Ecoturístico bahía de los Incas en Puno	134

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de Consistencia	122
<b>Anexo 02:</b> Cuestionario	124
<b>Anexo 03:</b> Modelo ficha de validación de instrumento.	126
<b>Anexo 04:</b> Ficha de validación de instrumento.	128
<b>Anexo 05:</b> Solicitud de acceso a la información pública a la ANA	130
<b>Anexo 06:</b> Atención a solicitud de acceso a la información pública CUT N° 127074-2023	131
<b>Anexo 07:</b> Panel fotografico	132
<b>Anexo 08:</b> Base de datos de la encuesta	135

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general determinar si el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) influye en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, en el Distrito de Puno, 2013 al 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 (11) puntos en estudio, siendo 14 parámetros del monitoreo de la calidad del agua superficial de la bahía interior del lago Titicaca, 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, 2015, 2016, 2019, 2020 y 2021), también se tiene una calificación de ICARHS de Malo siendo 45 y 47 en los años (2017 y 2018), para la época de estiaje y de avenida. Dichos valores alcanzados nos permiten inferir que la calidad del agua está entre Pésimo a Malo, en cuestionario desarrollado por los ciudadanos del Distrito de Puno, del 100% el 67% tiene un nivel regular de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, el 17% tuvo un nivel deficiente y un 16% de nivel eficiente. Se observa que existe un p-valor que es 0.00 el cual es menor a 0.05, lo que corresponde rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, por lo que podemos afirmar que existe una relación significativa entre (ICARHS) y la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua. Se concluye que hay una correlación entre las variables de nivel positiva considerable de 0,603.

**Palabras clave:** Agua, calidad, ICARHS, gestión, lago.

## ABSTRACT

The general objective of this research is to determine if the environmental quality index of surface water resources (ICARHS) influences the population's perception of water quality management, in the District of Puno, 2013 to 2023, the methodology applied was the Calculation of Environmental Quality Indices of Surface Water Resources approved by Chief Resolution No. 084-2020-ANA. The results obtained are: the (11) points under study, being 14 parameters of the monitoring of the quality of the surface water of the inner bay of Lake Titicaca, carried out by ANA-the Titicaca Water Administrative Authority, it is observed that its ICARHS qualification is Bad fluctuate between 40 to 44, in the years (2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020 and 2021), there is also an ICARHS rating of Bad being 45 and 47 in the years (2017 and 2018), for the dry season and flood season. These values achieved allow us to infer that the quality of the water is between Terrible to Bad, in a questionnaire developed by the citizens of the District of Puno, of 100%, 67% have a regular level of perception of the population regarding the management of water quality. water, 17% had a deficient level and 16% had an efficient level. It is observed that there is a p-value that is 0.00 which is less than 0.05, which corresponds to rejecting the null hypothesis and accepting the alternative hypothesis, so we can affirm that there is a significant relationship between (ICARHS) and the perception of population on water quality management. It is concluded that there is a considerable positive correlation between the level variables of 0.603.

Keywords: Water, quality, ICARHS, management, lake.



## INTRODUCCIÓN

La supervivencia, la salud y la dignidad de los seres humanos, así como su avance social y económico, dependen del agua. La preservación de la vida y la felicidad de los seres humanos se ven directamente afectadas por su calidad. (Flores y Vela 2021)

Fuera de la zona hídrica se incumplen las leyes y normas legales sobre recursos hídricos, lo que genera residuos (residuos líquidos y/o sólidos) que son vertidos o vertidos en aguas naturales superficiales, cambiando la calidad del agua. Esto se debe al crecimiento de la población y de las actividades productivas, la responsabilidad ambiental, el manejo inadecuado de los residuos sólidos, factores naturales y muchos otros factores. (Autoridad Nacional del Agua, 2018)

Como resultado, tanto a nivel nacional como internacional, existe interés en la necesidad y las ventajas de una gestión holística, que ilustra diferentes soluciones a las deficiencias, la calidad deficiente y los desastres relacionados. (Flores y Vela 2021)

El lago Titicaca en la región de Puno está cada vez más contaminado debido a la minería, la agricultura y el manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas residuales domésticas, poniendo en riesgo tanto la flora como la salud de los lugareños. así como la vida silvestre regional.

Las grandes espadañas que crecen al este de la bahía interior restringen el flujo de agua, lo que facilita la acumulación de sedimentos y contaminantes en la bahía interior del lago Titicaca, es particularmente susceptible a la eutrofización por todos estos factores, se pueden observar signos físicos de eutrofización, como una notable disminución de la transparencia del agua y niveles inusualmente altos de nitratos y fosfatos. Además, los peces mueren frecuentemente debido a la falta de oxígeno a sólo un metro de profundidad y a la sobresaturación de oxígeno en la superficie. La proliferación de la planta exótica conocida como lenteja de agua (*Lemna gibba*) y la ausencia casi total de fauna bentónica en áreas significativas durante la mayor parte del año son dos indicadores adicionales de la creciente eutrofización lacustre en la bahía interior de Puno. En la bahía interior del lago Titicaca de Puno, donde las condiciones son tan malas que ni

siquiera los organismos orgánicos pueden sobrevivir allí, la fauna bentónica es un signo de contaminación extrema.

La estructura de este informe de tesis es la siguiente:

El planteamiento del problema, los antecedentes y los objetivos se tratan en el Capítulo I.

El Capítulo II presenta el marco teórico y conceptual, así como las hipótesis de investigación. El aspecto metodológico se introduce en el Capítulo III, junto con el área de investigación, el tamaño de la muestra, los métodos y técnicas, las variables de investigación y el análisis estadístico. Además de su discusión, los resultados de cada objetivo se presentan en el Capítulo IV en forma de tablas y figuras. El capítulo también detalla las conclusiones y recomendaciones, la bibliografía utilizada y los anexos pertinentes.

## **CAPÍTULO I**

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

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

Desde grandes desechos hasta sustancias químicas invisibles, los contaminantes están presentes en lagos, ríos, arroyos y aguas subterráneas antes de que podamos llegar a nuestros océanos. Ha surgido una crisis de agua dulce debido a la combinación de contaminación del agua, crecimiento demográfico, sequía e ineficiencia, todo lo cual pone en peligro las fuentes de agua potable y otros suministros vitales. Existen múltiples fuentes que pueden provocar la contaminación del agua. La infiltración directa en el agua es posible a través de vertidos legales e ilegales de fábricas o plantas de tratamiento de aguas residuales inadecuadas. Los suministros de agua pueden sufrir daños por fugas o filtraciones provocadas por el fracking y los oleoductos. La contaminación puede ingresar a las vías fluviales debido al viento, las tormentas y el derrame de basura, particularmente desechos plásticos. (Studocu, 2021)

Perú ocupa el octavo lugar a nivel mundial por tener mayor cantidad de agua. Su precipitación anual es de 1768512. Hm<sup>3</sup>, localizándose el 97,2% de la misma en la vertiente amazónica, donde vive el 30% de su población. El 1,8% restante se sitúa a lo largo de la vertiente del Pacífico y alrededor del 65% en otras localidades. En Perú, la mayoría de la población está situada en la costa debido al suministro limitado de agua, mientras que el sector agrícola depende del riego para obtener fuentes naturales de agua.

Los problemas de contaminación, especialmente en la bahía interior de Puno, se deben a la descarga de aguas residuales producidas por la ciudad de Puno, cuyo volumen diario estimado es de 17,500 m<sup>3</sup>/día, de los cuales el 20% se descarga a través de 09 distribuidores en las costas de la bahía de la ciudad. (alcantarillas pluviales con conexiones secretas), el 80% del cual es vertido al sistema de estabilización de aguas residuales de Espinar, sistema que no garantiza una calidad aceptable desde el punto de vista químico; Otra causa es el agua de lluvia, cuya composición fisicoquímica y biológica es muy compleja dadas las inadecuadas condiciones de drenaje actuales. La ciudad de Puno tiene una superficie de 2.179 hectáreas. y una densidad de población de 52 habitantes por hectárea, la superficie construida es del 74%, el resto son terrenos destinados al desarrollo residencial y aprobados para las afueras urbanas y colinas de montaña, lo que conlleva el problema de la erosión y degradación del suelo. La cubierta vegetal ha incrementado los procesos de colmatación de la bahía interior del Puno y acelerado los procesos de degradación del ecosistema. (Espinoza, 2012)

La bahía interior del Puno es un ecosistema relativamente complejo, con una estructura ambiental especial porque interactúa con diversos factores endógenos y exógenos, principalmente los ubicados en la ciudad de Puno, donde ejercen fuertes presiones ambientales; Por un lado, el manejo de aguas residuales y residuos sólidos es inadecuado, se generan aguas pluviales superficiales debido a las fuertes precipitaciones en la zona así como a los continuos procesos de erosión que se presentan en las subcuencas aledañas; factores que con el tiempo han contaminado la bahía interior del Puno. Como resultado, la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes se han visto afectados por las descargas de aguas residuales de actividades mineras formales e informales, así como por aguas residuales domésticas no tratadas de comunidades residenciales en la cuenca. factores que a lo largo del tiempo han contaminado la bahía interior de Puno. (Espinoza, 2012)

La consecuencia de la contaminación de la bahía interior del lago Titicaca es un cambio en el ecosistema. Pérdida de biodiversidad. Además, según han determinado las

investigaciones, el agua del lago contiene altos niveles de plomo y no es apta para el consumo humano. Las consecuencias del consumo de residuos de metales pesados son enfermedades como anemia, problemas intestinales, osteoporosis, problemas mentales. La bahía Interior del lago Titicaca como zona receptora de aguas residuales municipales y no municipales en términos de calidad del agua, dado que no existen muchos estudios relacionados con la calidad del recurso hídrico en el sur del Perú, es importante realizar un estudio de Calidad del agua, utilizando el método establecido por la dirección de expertos y el Monitoreo de los Recursos Hídricos para determinar la calidad del agua (ICARHS), así como para determinar la opinión de la ciudadanía sobre la gestión de la calidad del agua en la zona. La cosecha, basada en análisis físicos, parámetros bioquímicos y biológicos, que permite la adopción de medidas de mitigación y el fomento de otros métodos de control y mejora del desempeño de las plantas depuradoras.

. (MINAM, 2014)

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca y la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuál es el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021?

¿Cuál es la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno - 2023?

### **1.2. ANTECEDENTES**

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

Rodríguez (2017), en su estudio titulada "Autor: Asunta Yolinda Molina Vásquez" es desarrollar un modelo de planificación ambiental para la calidad de los recursos hídricos superficiales, tomando en cuenta la variación estacional de su clima mediante la aplicación informática en resultados (método de maximización y minimización) y

precipitación. Método Delphi y modelo analítico para la planificación ambiental de la calidad de los recursos hídricos superficiales; análisis de correlaciones entre variables de calidad del agua y precipitación (correlaciones entre precipitación y BHT5 0,24, entre precipitación y N-NO<sub>2</sub> 0,20, entre SST y P total 0,010); recursos computacionales disponibles como soluciones hidrológicas, hidráulicas o de calidad del agua específicas, pero no integradas entre sí, y la aplicación limitada del diseño de sistemas complejos a través de técnicas computacionales a la toma de decisiones en cuencas hidrográficas.

Carangui y Pólit (2017), en su investigación titulada “Determinación del Índice de Calidad del Agua del Estero Salado, entre el Puente 5 de Junio y el Puente el Velero, 2017”, su objetivo fue determinar el índice de calidad del agua del cordón salino, entre el puente “5 de Junio” y el puente “el velero”, utilizando el método para obtener el ICA, se examinó los datos, los resultados se basan en la calidad del agua. estándares en términos de parámetros de oxígeno disuelto, es claro que el sistema estuarino no cumple con los requisitos de usos específicos como la conservación de la vida acuática y silvestre, así como estéticamente al no cubrir las necesidades de oxígeno disuelto. Siempre que supere los 60° la saturación de oxígeno, alcanzada en nuestro estudio en promedio por debajo del requerimiento básico, así como los criterios de aceptabilidad para usos cosméticos primarios y secundarios, el nivel debe ser superior al 80%, lo que también se refleja en los resultados del cálculo del índice de este parámetro, su valor es 42,37, proporcionando un ecosistema apto sólo para organismos con un alto nivel de resistencia Alta.

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

Salas y Segura (2022), en su investigación titulada “Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017 – 2021”, el objetivo principal es identificar al ICARHS en actividades mineras legales e ilegales, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021. El método utilizado es el ICARHS, que realiza 14 controles en sectores de minería legal e ilegal. El puntaje objetivo de primaria de 3.er grado es 93.89 y 94.00; y para la clase 4, 93.43 y 89.00 para minería legal. El puntaje

objetivo específico 1 para la categoría 3 es 95.22 (minería legal) y 94.00 (minería ilegal) y el puntaje promedio para la categoría 4 es 93.43 (minería legal) y 89.00 (minería ilegal).00 (explotación legal). Se observó que en las categorías 3 y 4 existía una paridad significativa entre las categorías “Excelente” y “Excelente” y “bueno”.

Goyzueta y Jimenez (2022), en su investigación titulada “Análisis espacial de índices de calidad de agua y su influencia en áreas agrícolas en la cuenca media y baja Camaná 2017 - 2021”, su objetivo es analizar a nivel regional indicadores de calidad del agua y su impacto en las zonas agrícolas de la cuenca media y baja de Camaná. Como resultado se obtuvieron dos tipos de índices de calidad del agua en 7 puntos de control de las unidades hidrológicas de Central Camaná, Central Camaná y Bajo Camaná. ICARHS es excelente (95) en las estaciones de medición 134RColc4 y 134RMaje1 y bueno en la estación 134RGan1. (89), 134RCama1 (91), 134RCama2 (91), 134RCama3 (90), 134RMaje2 (91), afectando a zonas agrícolas con una superficie total de 14.853,9 hectáreas de tierra cultivable, el 34% se benefició de una excelente recuperación de agua y el 66% . Captación de agua de alta calidad en 2017-2021.

Merino (2022), en su investigación titulada “Calidad ambiental del agua del río Chira y su relación con la percepción socio ambiental, Sullana, 2022”, el objetivo es evaluar la calidad ambiental hídrica del río Chira y su relación con la conciencia socio ambiental de los sullananos, 2022. Aplicando métodos descriptivos transversales, cuantitativos y no experimentales; De estas, se tomaron 02 muestras de agua en puntos estratégicos del Río Chira teniendo en cuenta el análisis de parámetros físicos, químicos, metálicos y microbiológicos, también se realizaron encuestas a las personas para evaluar su nivel de conocimientos y conciencia sobre las cuestiones sociales. ambiente. relacionado con el tema. Los resultados muestran que la calidad ambiental del agua del río Chira se ve alterada por parámetros de coliformes fecales en 2 puntos de muestreo con valores de 1600,000 NMP/100ml y 24,000 NMP/100ml, respectivamente, y la conductividad eléctrica y el fósforo exceden el límite permitido. . valores. en 2048 uS/cm y 5148 mg/l respectivamente.

Fuentes (2021), en su investigación titulada “Índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales para la gestión de calidad del agua, subcuenca del Río Cotahuasi, Arequipa, 2021”, el objetivo principal es estimar la correspondencia de los indicadores antes mencionados con diferentes aspectos de la gestión de la calidad del agua desarrollados por diferentes actores de la unidad hidrológica antes mencionada. Se demuestra por altos índices de correlación entre los valores del ICARHS clasificados como excelentes y efectivos en la gestión de la calidad del agua, buenos con la gestión rutinaria de la calidad del agua y malos con la gestión deficiente de la calidad del agua. Por lo tanto, la determinación de que el dispositivo de monitoreo tiene una sección transversal de puntos musicales y los parámetros de materiales orgánicos agrupados en el subíndice S1 afecta los resultados obtenidos para la determinación de la calibración de los indicadores ambientales en cada caso y por su relación con la gestión de calidad.

Vargas (2021), en su investigación titulada “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”, el objetivo principal es analizar los cambios temporales del Índice de Calidad Ambiental del Río San Gabán (ICARHS) en puntos de monitoreo ubicados en las localidades de Macusan (RSgab1 y RSgab2), Ollachea (RSgab3 y RSgab4) y San Gaban. (RSgab5 y RInam1) – Carabaya – Penalti. Los resultados de la investigación muestran que la calidad promedio del agua en el punto RSgab1 es mejor que la del punto RSgab2 en Macusan, debido a la concentración de bacterias coliformes resistentes al calor en la salida; Para Ollachea, la calidad del agua en el punto RSgab3 (aguas arriba) es “buena” en comparación con el punto RSgab4 (aguas abajo), la correlación lineal entre Macusan y Ollachea ICARHS es débil. , entre Macusan y Olachea. San Gabán es muy intenso y la correlación entre Olachea y San Gabán es bastante significativa.

Flores y Vela (2021), en su investigación titulada “Índice de la calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), de la unidad hidrográfica bajo marañón, período 2014-2020”, cuando el objetivo es calcular el subíndice 1 y el subíndice 2 para



determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), el resultado del subíndice 2 de QCSpt1, RMara20, RMara21, RMara22, RMara23 y RMara24 es "bien" y de QZara1 es "excelente"; por lo tanto, U.H. ICARHS Bajo Marañón 1. valores del subindicador, ya que son los datos de menor valor; en el que el nivel de calidad del agua clasificada como "normal" y "buena" es del 42,86%; y el valor "bueno" es del 14,29% por la influencia de los parámetros: El oxígeno disuelto, los coliformes refractarios, el fósforo total y los sólidos suspendidos totales exceden los niveles de agua U.H. de ECA. en los resultados del monitoreo de la calidad del agua en Marañón.

Laqui (2019), en su investigación titulada "Contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la calidad de agua en la cuenca del Lago Titicaca", el objetivo es determinar la influencia de los tipos de uso del suelo, como factor de contaminación y degradación de la calidad del agua, en la cuenca del Lago Titicaca, los resultados muestran que en la cuenca del lago Titicaca muchos cuerpos de agua están perturbados. El deterioro de la calidad del agua está fuertemente influenciado por el uso del suelo urbano (PLAND7), que afecta directamente los parámetros físicos analizados como el pH y los coliformes termotolerantes; de igual forma, en el caso de parámetros inorgánicos como el sodio (Na) y el fosfato. Los metales y metaloides como el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el hierro (Fe) y el zinc (Zn) tienen muy pocas relaciones significativas. Otros tipos de uso de la tierra tienen un impacto menos significativo.

Carhuasuica y Gonzales (2022), en su investigación titulada "Índice de calidad de agua, aplicando el ICARHS en el río Vilcanota en el tramo Paclamayo – Pucruto, Distrito de Urubamba – Cusco - 2021", El objetivo es determinar el índice de calidad del agua del río Vilcanota, aplicando el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en el tramo Paclamayo, los resultados de la evaluación de parámetros metálicos, propiedades orgánicas y fisicoquímicas del agua del río Vilcanota. Río Vilcanota Paclamayo - tramo Pucruto considera 03 puntos de monitoreo en 2 épocas del año; temporada de inundaciones y temporada seca. Finalmente se obtiene el valor del

ICARHS para la época seca con una calificación normal (66.057) y en el caso de la época de inundaciones la calificación es pobre (60.631), tomando en cuenta 03 puntos de monitoreo del río Vilcanota. – Pucruto parte del distrito de Urubamba.

Quispe (2017), en su investigación titulada “Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la bahía interior de Puno”, sus objetivos son: Investigación sobre la evolución del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la bahía de Puno. Resultado: El índice de calidad (ICA) nos da un 65,61%, lo que indica agua regular. Conclusión: El comportamiento del oxígeno disuelto de la bahía interior de Puno demostró ser sobresaturado de 9,28 mg/L a 11,19 mg/L, con una saturación máxima de 5,77 mg/L según la ley de Henry. Los parámetros físicos y químicos determinados ( $DBO_5$ , c.e, TDS, N-NH<sub>3</sub>, fósforo total) están fuera de los valores prescritos por ECA, excepto DO, T, pH que están todos dentro de los valores prescritos por ECA. En el exterior (ECA) se encontraron ECA y coliformes microbianos (totales, bacterias termotolerantes, E. coli).

Cherres (2020), en su investigación titulada “Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua potable procedente de fuente superficial - Tumbes – 2019”, el objetivo fue determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable de fuente superficial en la ciudad de Tumbes. El método de muestreo para esta investigación, el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos de Agua Superficial de 2016 de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), fue adoptado como punto de referencia. Los valores de pH, sólidos disueltos, nitratos, nitritos, metales pesados (Pb y Cr) y cloruros estuvieron por debajo del MPL. En cuanto a los parámetros microbiológicos, para coliformes termotolerantes, sus valores fueron inferiores al LMP; y para las bacterias heterótrofas se encontraron concentraciones de 536 UFC/ml y 704 UFC/ml, las cuales están por encima del LMP.

### **1.2.3. A NIVEL REGIONAL Y LOCAL**

Tapia (2022), en su investigación titulada “Calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar – Puno 2021”, El objetivo es analizar la calidad del agua residual

de la laguna de estabilización El Espinar en la ciudad de Puno en el año 2021. La metodología incluye un estudio de nivel descriptivo en el que se toman muestras de agua según los procedimientos establecidos, tres tiempos de muestreo. Los resultados muestran los parámetros químicos y microbiológicos de la cuenca primaria. Cumplen con la normativa vigente ya que el 71,42% superan el límite permitido para este tipo de agua. En la laguna secundaria el agua no cumple con los estándares actuales porque está por encima del límite permitido de 42,86 grados. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales no cumplen con los estándares actuales y están 42,86 grados por encima del límite permitido.

Sucapuca (2022), en su investigación titulada "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)", tiene como objetivo evaluar la calidad del agua del Río Crucero. Los resultados del ICA-PE muestran que para P1 y P2 en época seca, la calidad del agua se encuentra en el nivel "EXCELENTE", la calidad del agua en época seca y época de inundaciones en P3 es el punto más importante, clasificado como "MALO". para los puntos P4 y P5 para ambas épocas (época seca y época de inundaciones), presentan calidad "REGULADO", sin embargo, con el método CCME-WQI en época seca en los puntos P4 y P5 se ha definido la calificación "MENOS". P3 es el punto más importante que está "FUERA", sin embargo, durante la temporada de inundaciones, en los puntos P1 y P2, la calidad del agua está en el nivel "USTED" y para P3, P4 y P5 estos son los puntos más importantes para "clasificados". Pobre". Se concluyó que la descarga directa de aguas residuales a fuentes hídricas afecta negativamente la calidad del agua del Río Crucero.

Gutierrez (2018), en su investigación titulada "Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno - 2018", su objetivo es evaluar la calidad del agua del río Coata en el Estuario de Torococha utilizando el Índice de Calidad del Agua del Consejo de Canadá CCME-WQI y el Índice de Calidad del Agua de los

Recursos Hídricos del Perú ICA-PE. El método adoptó el Protocolo Nacional de Monitoreo de Recursos Hídricos Superficiales, aprobado por R.J. 010-2016-ANA. Los resultados del CCME-WQI clasifican las puntuaciones M1 en: pues con valor 80 y en el punto M2: marginal, tiene un valor de 57; En cambio, los resultados del ICA-PE logran: excelente para M1 y M2 con valores de 99 y 90 respectivamente.

Mamani y Atencio (2019), en su investigación titulada “Valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del Lago Titicaca – Puno, Sector Chulluni”, su objetivo es evaluar el impacto ambiental causado por las actividades socioeconómicas del centro habitacional Uros Chulluni en Puno, En sus resultados se tiene la concentración de metales pesados en la estación de muestreo (1) es de 0,0389 mg/l y en la estación de muestreo (2) de 0,0163 mg/l, la concentración de zinc en la estación de muestreo (1) da un valor de 0,74 mg/L y en el punto (2) tiene un valor de 0,07861 mg/L. Pero la concentración de mercurio en la estación es de 0,004. mg/L, el cadmio en la estación de muestreo (1) es de 0,0723 mg/L y en la estación de muestreo (2) de 0,0704 mg/L, la concentración de plomo en la estación de muestreo (1) dio un valor de 0,068 mg/L y Se encontró que la estación de muestreo (2) excede en 0,0585 mg/L el D.S. número 004-2017-MINAM.

### **1.3. OBJETIVOS**

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

Determinar la influencia del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.
- Determinar la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. AGUA

Es un recurso natural renovable que está sujeto a una degradación significativa debido a la contaminación causada por el hombre y la degradación ambiental. Esto se debe a la falta de uso humano y a un mantenimiento inadecuado. Este recurso puede ser escaso en determinadas épocas del año y en determinadas zonas geográficas; Pero también puede ser excesivo y destructivo para los demás. (CONCERTAR, 2009).

Sierra (2011 p. 30, 34), señala que la mayor cantidad de agua se encuentra en el océano pero no puede utilizarse debido a su alta salinidad, a diferencia del agua dulce de ríos y lagunas, que representan la menor cantidad de agua disponible en el mundo. Desafortunadamente, las aguas superficiales son las más contaminadas debido al vertido de diversas aguas residuales debido a actividades antropogénicas y naturales, perturbando y dañando el uso beneficioso de este recurso.

##### 2.1.2. CALIDAD DEL AGUA

Es un recurso natural renovable que está en gran medida degradado por la contaminación causada por el hombre y la degradación ambiental. Se ve afectado por la falta de uso por parte de la gente y una conservación inadecuada. Este recurso puede ser escaso durante determinadas épocas del año y en determinadas zonas geográficas; pero también puede ser excesivo y destructivo para los demás. (Egg & Mendiola, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (2006), define la calidad del agua: “Conjunto de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas variables así como sus valores de

aceptación o rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden ser nocivas para la salud tras una exposición a corto o largo plazo. "La evaluación de la calidad del agua es un proceso con múltiples enfoques relacionados con la calidad natural".

### **2.1.3. LAGOS**

El lago es una masa de agua permanente y relativamente extensa, más o menos profunda y depositada en una depresión del terreno y no tiene conexión con el agua del mar.<sup>13</sup> Los lagos, al igual que los ríos, han sido de gran importancia para la humanidad. Estas grandes masas de agua se almacenan en depresiones de la corteza terrestre, alimentadas principalmente por precipitaciones y corrientes superficiales. La mayoría de los lagos son lagos de agua dulce, pero también los hay salados porque son mares.

#### **2.1.3.1. Importancia de los lagos**

Los lagos son de gran importancia en la región, gracias a ellos se regula el clima de las localidades vecinas, además son fuente de alimento para la fauna de la región y fuente de reservas de agua para el riego de las plantas como también para el ser humano. Los ecologistas clasifican los lagos según el contenido de nutrientes y la productividad primaria. Las especies con bajas reservas de nutrientes vegetales se denominan oligotróficas u oligotróficas (desnutridas). Estos lagos suelen ser profundos y tener orillas empinadas. Generalmente cuentan con aguas cristalinas y pequeñas poblaciones de fitoplancton y peces. Debido a su contenido limitado de nutrientes, su productividad primaria neta es muy baja. Con el tiempo, casi todos los sedimentos y el material orgánico e inorgánico ingresan a los lagos oligotróficos, y las plantas crecen y se descomponen para formar sedimentos lacustres. Los lagos que contienen grandes cantidades de nutrientes necesarios para los productores se denominan eutróficos o eutróficos (bien alimentados). Generalmente son poco profundos y su agua es muy turbia, de color marrón o verde. Debido a su alto contenido en nutrientes, su productividad primaria neta es muy alta. La afluencia de nutrientes desde la atmósfera y las áreas urbanas y agrícolas cercanas causada por las actividades humanas acelera la

eutrofización de los lagos en un proceso llamado eutrofización cultural, introduciendo a menudo cantidades excesivas de nutrientes en los lagos, lo que se denomina hipereutrofización.

**a: Eutrofización**

El agua está enriquecida con nutrientes. Provoca un crecimiento excesivo de algas que, tras morir, se acumulan en el fondo de ríos o lagos, produciendo residuos orgánicos que al descomponerse absorben un gran porcentaje del oxígeno disuelto y por tanto pueden afectar la vida acuática y provocar la muerte. la asfixia de la fauna y la flora o incluso la destrucción total de un río o lago. Las algas se desarrollan cuando encuentran condiciones favorables: temperatura, sol y nutrientes.

2.1.3.2. Propiedades del lago

**a: Estratificación.**

Las capas de los lagos: El agua de los lagos tiende a formar capas dependiendo de la temperatura y profundidad a la que se encuentra. En general, las aguas superficiales tienen una temperatura más alta que las profundas. Podemos decir que existen tres capas: superficial, media e inferior. A medida que el clima cambia y llega el invierno, el agua de la superficie se enfría y se hunde, lo que hace que el agua cálida del fondo suba. Cuando el agua se mezcla se produce una inversión térmica.

**b: Oxígeno.**

La presencia de oxígeno en el agua del lago, determina donde se pueden encontrar los peces y el plancton. Cuando el oxígeno está presente en todas las profundidades los seres vivos se encuentran distribuidos en todo el lago. Durante el verano, cuando los estratos están más marcados se encuentran poco o nada de oxígeno en la capa del fondo, y los seres vivos deben subir para poder sobrevivir. Cuando ocurre la inversión térmica el recambio de agua hace que se vuelva a oxigenar el agua del fondo. Cuando los niveles de oxígeno son muy bajos. Los peces y los otros organismos acuáticos, morirán. Cada lago tiene su demanda bioquímica de oxígeno que, sin quererlo, puede causar que los peces se vuelven vulnerables a enfermedades y se mueran, la demanda

bioquímica de oxígeno cambia como consecuencia de: contaminación; sobreabundancia de alga, que limita el paso de la luz a través del agua; desechos orgánicos de algas, plantas y peces muertos; Crecimiento de bacterias anaeróbicas que liberan gases tóxicos.

### **c: Nutrientes**

Los nutrientes necesarios para el crecimiento de algas y otros microorganismos vivos son el nitrógeno y el fósforo. El suministro artificial de estos nutrientes a los lagos es el resultado de actividades agrícolas, urbanas e industriales. El aumento del nitrógeno total se debe a la consideración de las emisiones de proteínas animales y vegetales, el aumento de las emisiones de fósforo se debe al rápido crecimiento demográfico (residuos, pérdida de bosques y tierras), industrialización (procesos alimentarios y producción de ácido fosfórico) e intensificación de la agricultura. Las plantas y las algas necesitan fósforo y nitrógeno para crecer. La concentración de estas sustancias en el agua y los sedimentos regula la cantidad total de plantas y algas que pueden crecer. El fósforo es deficiente en la mayoría de los lagos y, cuando está presente en grandes cantidades, acelera el crecimiento de algas. El exceso de fósforo proviene de otras fuentes. Bajo ciertas condiciones, particularmente cuando los niveles de oxígeno son bajos en el agua río abajo, los sedimentos liberan fósforo hacia el agua superior. Esto da como resultado una abundancia de algas, lo que reduce la claridad del agua y la transmisión de luz.

### **d: Algas.**

Las algas son pequeños organismos parecidos a bacterias, autótrofos y que contienen clorofila. Si son demasiados, el agua tendrá un color, olor y sabor desagradables. Las microalgas se encuentran en aguas muy poco profundas, dominadas por plancton y, a menudo, se encuentran en grandes cantidades, lo que le da al agua una apariencia verdosa. Son una fuente de alimento y energía para los peces y otras criaturas del lago. Sin embargo, pueden inhibir el crecimiento de otras plantas, cubrir cuerpos de agua, bloquear la luz solar, promover la hipoxia, matar peces y causar problemas de sabor y



olor en el agua y los peces. Las algas verdiazules son una de las principales causas del sabor desagradable. Olor fétido, olor a agua. Esto se puede reducir reduciendo la cantidad de nutrientes beneficiosos para las algas mediante sulfato de aluminio y aireación, que cambia las capas de agua y empuja las algas verdeazules al fondo del lago, donde dejan de recibir luz y mueren. El exceso de algas genera una gran cantidad de residuos verdes desagradables que flotan en la superficie y provocan olores desagradables. Las invasiones de algas frecuentemente muestran niveles muy altos de nutrientes, especialmente fósforo.

**e: Sedimentación.**

El aire y el agua mueven el suelo desde la cuenca hacia el lago. A medida que el lago se llena naturalmente, el suelo se hunde hasta el fondo, se asienta y disminuye. Sin embargo, las actividades humanas aceleran significativamente la sedimentación, lo que hace que la tierra permanezca desprovista de vegetación durante largos períodos de tiempo. Cuando las laderas deforestadas quedan desatendidas como resultado del desarrollo urbano o de actividades agrícolas cerca de lagos y ríos en áreas de cuencas hidrográficas, la tierra se vuelve susceptible a la erosión. La sedimentación está estrechamente relacionada con la eutrofización.

**2.1.4. LAGO TITICACA**

Se encuentra ubicado en la cuenca del Lago Altiplano, cuenca compartida por Perú y Bolivia. Al norte, la cuenca está limitada por las montañas de Vilcanota, que se elevan a una altitud de 5480 m y forman la conexión entre las Cordilleras Occidental y Oriental que delimitan el Altiplano. La altitud media es de 3810 metros sobre el nivel del mar. Se cree que es el lago navegable más alto del mundo. Ocupa una superficie total de 8.562 km<sup>2</sup> (el área del lado peruano es de 4.772 km<sup>2</sup> y la del lado boliviano es de 3.790 km<sup>2</sup>), y tiene 204 km de largo, 65 km de ancho y 283 m de profundidad cerca de la isla. Se estima que el río Sotho contiene 883 millones de metros cúbicos de agua. Se pueden identificar tres áreas señalizadas: Lago Menor 2112 km<sup>2</sup>; El Lago Mayor o Lago Chucuito tiene 6.450 km<sup>2</sup>, y la región comprende el Golfo de Puno, 564 km<sup>2</sup>

#### 2.1.4.1. Bahía de Puno

Está comprendida en un estrecho, formado por las penínsulas de Capachica, Chucuito y la microcuenca de Puno, esta área tiene 25 km de largo por 20 km de ancho, haciendo un área de 50,000 Has. Formando un ecosistema peculiar morfológico y biogenético. La bahía de Puno tiene una extensión de 589 Km<sup>2</sup>, con un volumen aproximado de agua de 5 millones de m<sup>3</sup>, se comunica con el Lago Grande por un estrecho de 6,5 km, entre las penínsulas de Chucuito y Capachica. Tiene una profundidad promedio de 10 m, con una profundidad máxima de 30 m. En el Ecosistema Insular se distinguen tres subunidades: islas Esteves, Espinar y del Diablo. Estos están en proceso de cambio a montes isla, por la colmatación y retroceso lacustre. Constituyen conflictos de bloques fallados levantados sometidos a la fuerte erosión. Son unidades morfológicas rocosas, firmes, con aptitudes paisajísticas y turísticas.

#### 2.1.4.2. Bahía interior de Puno

La bahía interior de Puno es una pequeña sección de la bahía o golfo de Puno, que a su vez forma parte del lago Titicaca.<sup>1</sup> Está ubicada frente a la ciudad de Puno, en el departamento del mismo nombre, al sureste del Perú. Se extiende entre los promontorios de Chulluni, al norte, y Chimú, al sur. Tiene una superficie de unos 16 km<sup>2</sup>, con un volumen aproximado de agua de 43 000 m<sup>3</sup>. En la bahía se encuentran las islas de Esteves y Espinar, que son unidades morfológicas rocosas y firmes, con un paisaje atractivo para la recreación y turismo.(Ortega, 2014)

En esta zona se está presentando un fuerte proceso de eutrofización, provocado principalmente por las aguas residuales vertidas por la ciudad de Puno. En diferentes puntos de esta zona se llevan a cabo las actividades de seguimiento de la calidad del agua realizadas por diversas organizaciones. En la bahía interior de Puno, la profundidad máxima observada es de 8 m y la profundidad media es de unos 2,4 m. El área con una profundidad menor a 2 m corresponde al 50% del área total de la bahía dentro de Puno. (Beltrán Farfán et al, 2015)

En el lado este de la bahía interior se disponen canales de gran escala que limitan el movimiento del agua entre el interior y el exterior de la bahía, creando condiciones para la acumulación de contaminantes y sedimentos, principalmente provenientes de la ciudad. En el extremo sureste de la bahía, cerca de Chimú, sólo queda abierto un canal de unos 300 m de ancho; este canal tiene una profundidad que varía de 6 a 7 m. Asimismo, existe otro canal de navegación que conduce a las islas flotantes de Los Uros, parte de la Reserva Nacional Titicaca, ubicado en un tramo general ubicado en la parte noreste de la bahía, cerca de la isla Esteves. (Municipalidad Provincial de Puno, 2007)

#### **2.1.5. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Se define como la presencia de sustancias, energía u organismos extraños dentro de un ambiente determinado en cantidades, tiempos y condiciones que causan un desequilibrio ecológico. Ejemplos de contaminación incluyen la presencia de diversas sustancias líquidas que ingresan a lagos, ríos, océanos, etc. Alternativamente, los residuos sólidos de las ciudades son vertidos en diferentes zonas, provocando graves daños al suelo y al agua de la zona. (Ingeniería ambiental, 2009)

#### **2.1.6. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.**

La contaminación del agua es la adición de sustancias extrañas que degradan la calidad del agua. Es la presencia de un elemento, sustancia o energía en una concentración o cantidad indeseable. La calidad es la propiedad del agua y sus usos actuales y/o potenciales para garantizar que siga siendo útil, proporcione agua para los humanos y los animales, sostenga toda la vida marina, el riego de la tierra y cualquier oportunidad recreativa. La contaminación del agua es causada por desechos industriales y aguas residuales municipales vertidas a ríos, lagos y mares, así como por productos de limpieza utilizados en diversas tareas domésticas e industriales, que contienen sustancias químicas, lo que conduce a la extinción de la vida acuática. (Beltrán Farfán et al, 2015)

#### **2.1.7. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN BAHÍA INTERIOR DE PUNO**

La bahía interior de Puno es un ecosistema relativamente complejo con una estructura ambiental específica, ya que interactúa con diversos elementos endógenos y exógenos,

especialmente los de la ciudad de Puno que ejercen fuertes presiones ambientales. Por un lado, el inadecuado manejo de las aguas residuales y residuos sólidos, las aguas pluviales superficiales generadas por las altas precipitaciones de la región, así como los continuos procesos erosivos que se presentan en las microcuencas aledañas. Factores que provocaron la contaminación de la bahía interior de Puno a lo largo del tiempo. (Espinoza, 2012)

#### 2.1.7.1. Aguas servidas

Actualmente la planta de tratamiento no ha alcanzado el nivel de vertido adecuado por falta de mantenimiento y la cantidad de aguas residuales tratadas ha superado su capacidad de diseño. A esto se suma el hecho de que una porción de la población conectada a la red de drenaje es susceptible a rupturas y obstrucciones por el ingreso de sedimentos y otros contaminantes, afectando la calidad natural del agua del ecosistema receptor. (Espinoza, 2012)

Como parte de su trabajo para abordar el problema de contaminación de la bahía, el exclusivo Proyecto Binacional del Lago Titicaca (PELT) llevó a cabo estudios básicos de campo para identificar fuentes de contaminación. De esta actividad se obtuvieron resultados del monitoreo de la calidad del agua de la bahía, demostrando que existen corrientes de aguas residuales sin tratamiento que causan contaminación al interior de la bahía de Puno. La principal fuente de contaminación en la bahía es la planta de tratamiento de aguas residuales de El Espinar, por ser la mayor fuente de  $DBO_5$  y nutrientes como el nitrógeno total y el fósforo total.

La Laguna de El Espinar en época de lluvias tiene el doble de caudal respecto a la época seca; mientras que para el sistema de alcantarillado la carga contaminante es menor durante la época de lluvias, lo que indica que los contaminantes se diluyen con un mayor aporte de aguas pluviales. (Espinoza, 2012)

Los contaminantes que llegan al órgano receptor tienen una distribución espacial heterogénea, por lo que el nivel de contaminación es mayor o menor dependiendo del número de fuentes y de la tasa de descarga.

#### 2.1.7.2. Descarga clandestina de aguas servidas

En este contexto, el abastecimiento de aguas residuales de la ciudad de Puno cubre al 73% de la población, lo que significa que alrededor del 27% de las aguas residuales domésticas tiene destino desconocido. El tema del drenaje clandestino está directamente relacionado con la expansión urbana y las proyecciones de abastecimiento de agua potable, aguas residuales y lluvia. El crecimiento urbano de la ciudad de Puno ha llevado a que existan partes de la ciudad que no están conectadas al sistema de alcantarillado, dando como resultado que los nuevos desarrollos y edificaciones no cuenten con los permisos adecuados para el alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. El sistema conduce a la descarga directa a la bahía interior de Puno. (Urrunaga y Vergara, 2006)

#### 2.1.7.3. Aguas pluviales

Las operaciones críticas relacionadas con los sistemas de recolección de agua de lluvia son importantes porque los sistemas de recolección de agua de lluvia están conectados a la red de alcantarillado en varios puntos y la descarga de desechos sólidos a la red de agua de lluvia obstruye la red de alcantarillado y causa inundaciones de aguas residuales durante la temporada de lluvias. . . Por otro lado, cabe señalar que los graves problemas en esta temporada de lluvias están relacionados con el comportamiento de los usuarios que utilizan los sistemas de alcantarillado domiciliario para eliminar los residuos domiciliarios. Esto provoca obstrucciones en el sistema y la consiguiente inundación de aguas residuales. Contaminación de los caminos de diversos tramos y por ende de las aguas de la bahía interior de Puno. (Urrunaga y Vergara, 2006)

#### 2.1.7.4. Aportes de las quebradas de la microcuenca de Puno.

La microcuenca de Puno cuenta con varios ríos que recogen el agua de lluvia, la cual atraviesa la ciudad y eventualmente desemboca en la bahía interior. Estos cañones arrastran naturalmente material producido por la acción erosiva del agua a través del suelo, donde eventualmente es transportado a bahías internas. Debido a la expansión urbana de la ciudad, estos ríos quedan confinados en áreas urbanas y son utilizados para el vertido de residuos sólidos, refugiándose en bahías interiores durante la temporada de

lluvias y contribuyendo a la contaminación. Hasta la fecha se han intervenido 28 ríos mediante la construcción de presas de almacenamiento para evitar el arrastre de sedimentos y otros desechos. Han llegado al final de su vida útil y todavía se encuentran obstruidos y, en algunos casos, con riesgo de erosión lateral. En las casas alrededor del arroyo. (Espinoza, 2012)

#### 2.1.7.5. Residuos sólidos

En la región de Puno, las ciudad de Juliaca y Puno son las que más generan residuos sólidos, luego están las ciudades de Azángaro, Ayaviri, Ilave Juli, Yunguyo y Desaguadero y todas las ciudades que pertenecen a región de Puno respectivamente. Todos los residuos sólidos de estas ciudades son liberados al medio ambiente, ya que ninguna de estas ciudades realiza una adecuada disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios, en su mayoría, a excepción de la ciudad de Puno, otras ciudades envían los residuos a simples rellenos municipales. o áreas degradadas como ahora se les llama. Según la Subcomisión de Gestión y Servicios Ambientales del Ayuntamiento de Puno, en la ciudad se generan diariamente 100 toneladas de residuos sólidos, de las cuales 80 toneladas son recolectadas, siendo su destino final el relleno sanitario de Puno. Por lo tanto, se puede suponer que parte de estos desechos podrían llegar hasta la bahía interior de Puno.

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

Establecer un método para determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), contribuyendo a evaluar el estado actual de la calidad de los cuerpos de agua naturales determinando la calidad de una manera sencilla y fácil de entender. Este estudio fue aprobado mediante R. J. N° 084-2020-ANA de la Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.

Los cálculos del ICARHS se pueden desarrollar en corrientes de agua superficial utilizando información del punto de muestreo, el cual debe contar con información histórica de observaciones anteriores (al menos 4 observaciones por punto de muestreo).

Su determinación forma parte del desarrollo del Diagnóstico de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales presentado a la unidad hidrológica interesada.

#### 2.1.8.1. Resultados de los monitoreos de calidad de agua

Los resultados provienen de la evaluación del estado actual de la calidad del agua de la cuenca (o parte de la fuente de agua) en comparación con los estándares ambientales actuales de calidad del agua (ECA por 'agua'). Para desarrollar este método se requiere uno (1) o más puntos de muestreo ubicados a lo largo de aguas naturales, de acuerdo con el Protocolo Nacional de Monitoreo aplicable. Se debe racionalizar toda la información histórica recopilada durante el monitoreo de la calidad del agua realizado en el punto de muestreo. Cabe señalar que se necesitan al menos 4 tiempos de monitoreo para 1 punto de muestreo (se deben tomar 2 muestras en la temporada de inundaciones y 2 muestras en la temporada seca).

#### 2.1.8.2. Parámetros

Este método considera veinte (20) parámetros, agrupados según sus propiedades (orgánicos y metales físico químicos), según las categorías atribuidas a las masas de agua naturales, con base en la clasificación de masas de agua superficiales del continente 4. En la Tabla 1 se presentan los parámetros necesarios para determinar ICARHS basado en información histórica, necesidades y condiciones específicas. El cálculo se realizará con la información existente, sin embargo, luego de la aprobación del método, se deben tener en cuenta al menos todos los parámetros especificados en la figura 01.

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

**Figura 01:** Parámetros a evaluar en el ICARHS

**Fuente:** R. J. N° 084-2020-ANA

### 2.1.9. CALIDAD AMBIENTAL URBANA

#### a: Calidad ambiental.

La calidad ambiental son las cualidades cuantitativas y cualitativas de los componentes y procesos ecológicos, naturales y sociales del medio ambiente en su conjunto, que posibilitan el progreso y el bienestar colectivo e individual de las personas, así como la protección de la biodiversidad que pueden alcanzar. Puede ser modificado y destruido. (Berto, 2001)

La calidad ambiental es el conjunto de características culturales, sociales, ambientales y económicas que inciden en el estado, disposición y accesibilidad de los elementos naturales y en la presencia de posibles cambios que se produzcan en el medio ambiente, vulnerando potencialmente sus derechos, perjudicando potencialmente sus circunstancias y aquellas características. del medio ambiente. población de determinadas zonas o regiones.



Es la acumulación de cualidades sociales, ambientales, económicas y culturales que influyen en el estado, disposición y accesibilidad de los elementos del medio natural, así como la existencia de impactos que pueden producirse al medio ambiente, afectar derechos o lograr modificar el medio ambiente. ambiente. condiciones de las personas para encontrar su felicidad, llevar a cabo el control de la calidad del aire, clima, agua y suelo, para que sean productivos y saludables, en este sentido, es necesario trabajar desde un enfoque de control, controlar y prevenir la degradación. de los sistemas naturales mediante la aplicación de una gestión ambiental descentralizada, descentralizada y participativa. (Alexander, 2016)

Según el Observatorio Ambiental de la Unión Europea (2010), la calidad ambiental es un conjunto de factores que aseguran que el sistema ambiental tiene el valor suficiente para ser preservado. En otras palabras, las cualidades innatas del medio ambiente, a través de las actividades naturales y humanas, mantienen sus condiciones en niveles óptimos que promueven una vida equilibrada entre humanos y animales, por lo que deben ser considerados elementos esenciales para su conservación. beneficio de la humanidad.

#### **2.1.10. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

En el ámbito de la calidad del agua y de las aguas residuales, esta agencia es responsable de desarrollar estándares de calidad ambiental para el agua y límites máximos permisibles para las aguas residuales de diversas actividades industriales, como resultado de la cooperación entre sectores. Estas herramientas de gestión contribuyen al cuidado y conservación de los recursos hídricos así como a la protección de la salud humana.

Este sector también orienta y coordina con otros sectores del Ministerio de Ambiente y autoridades regionales para determinar criterios para desarrollar planes participativos para restaurar la calidad ambiental del agua en cuencas prioritarias en el Plan Nacional de Acción Ambiental.

### **2.1.11. MARCO LEGAL**

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

Esta ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Incluye las aguas superficiales, subterráneas y continentales, así como los activos asociados a ellas. Se extiende al océano y a la atmósfera donde está presente.

#### **Ley N° 28611 .- Ley General del Ambiente.**

Establecer principios y normas básicos para asegurar la efectiva implementación del derecho a un medio ambiente sano, equilibrado y adecuado para el desarrollo integral de la vida, así como respetar la obligación de contribuir eficazmente a la gestión ambiental efectiva y proteger el medio ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas y lograr el desarrollo sostenible del país.

#### **Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA, aprobar la metodología: “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”.**

Establecer un método para la determinación del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), que contribuya a evaluar el estado actual de la calidad de los cuerpos de agua naturales describiendo sus características de forma sencilla y comprensible.

#### **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.**

Los ECA son indicadores de la calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otras sustancias en el aire, el agua o el suelo. Su objetivo es establecer objetivos que demuestren en qué medida el medio ambiente y la salud humana podrían verse afectados significativamente.

### **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

**Lago:** Donde se acumula agua superficial (y posiblemente subterránea) debido a la pendiente del terreno.

**Lago Titicaca:** Ubicado en el altiplano andino de los Andes centrales, el Titicaca es el lago navegable más alto del mundo, con una elevación promedio de 3.812 metros sobre el nivel del mar, y también es el lago de agua dulce más grande de América del Sur.

**La bahía interior de Puno:** es una pequeña sección de la bahía o golfo de Puno, que a su vez forma parte del lago Titicaca. Está ubicada frente a la ciudad de Puno, en el departamento del mismo nombre, al sureste del Perú. Se extiende entre los promontorios de Chulluni, al norte, y Chimú, al sur. Tiene una superficie de unos 16 km<sup>2</sup>, con un volumen aproximado de agua de 43 000 m<sup>3</sup>. En la bahía se encuentran las islas de Esteves y Espinar, que son unidades morfológicas rocosas y firmes, con un paisaje atractivo para la recreación y turismo.

**Contaminación del agua:** La acumulación de una o más sustancias extrañas en el agua puede tener muchas consecuencias, incluido el desequilibrio en la vida de los organismos vivos (animales, plantas y humanos).

**Contaminación de la bahía interior de Puno:** Los problemas de la contaminación, particularmente de la bahía interior de Puno se han originado por la evacuación de aguas residuales producidas por la ciudad de Puno, cuyo volumen diario estimado es de 17,500 m<sup>3</sup>/día, de los cuales el 20% son evacuados a través de 09 emisores distribuidos en las orillas de la bahía.

**ICARHS:** Al ser una herramienta matemática que integra un conjunto de parámetros, su análisis permite convertir estos datos en valores que evalúan el estado de la calidad del agua en el punto de muestreo.

**Percepción:** Es la forma en que el cerebro interpreta las sensaciones que recibe a través de los sentidos para formar impresiones conscientes o inconscientes. Es decir, si se puede aplicar la capacidad de discernir la realidad física de su entorno.

**Gestión de calidad de agua:** La gestión del agua o gestión de los recursos hídricos es la actividad de planificar, desarrollar, distribuir y controlar el uso óptimo de los recursos hídricos. Es una subárea de gestión del ciclo del agua.

## **2.3. HIPÓTESIS**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), incide significativamente en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno-2013 al 2021, es regular.

Existe una percepción deficiente de la población sobre la gestión de la calidad de agua de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno - 2023.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El área específica de estudio abarca un área de 53 kilómetros cuadrados ubicados en la ciudad de Puno, incluyendo las montañas circundantes y la bahía interior del Lago Titicaca. La ciudad de Puno está construida principalmente alrededor de las costas de la Bahía interior de Puno de 17 km<sup>2</sup>, que formaba parte de la Bahía de Puno de 550 km<sup>2</sup> incorporada a un gran sitio de bahía de Puno, en la esquina noroeste del Lago Titicaca de 8.167 km<sup>2</sup>.

El lago Titicaca se encuentra a una altitud de 3.810 m y la ciudad se extiende en las laderas de las montañas circundantes hasta unos 4.200 m. Por lo tanto, el área de estudio forma una unidad de cuenca cerrada dentro del área de la cuenca del Lago Titicaca.

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 3.2.1. POBLACIÓN

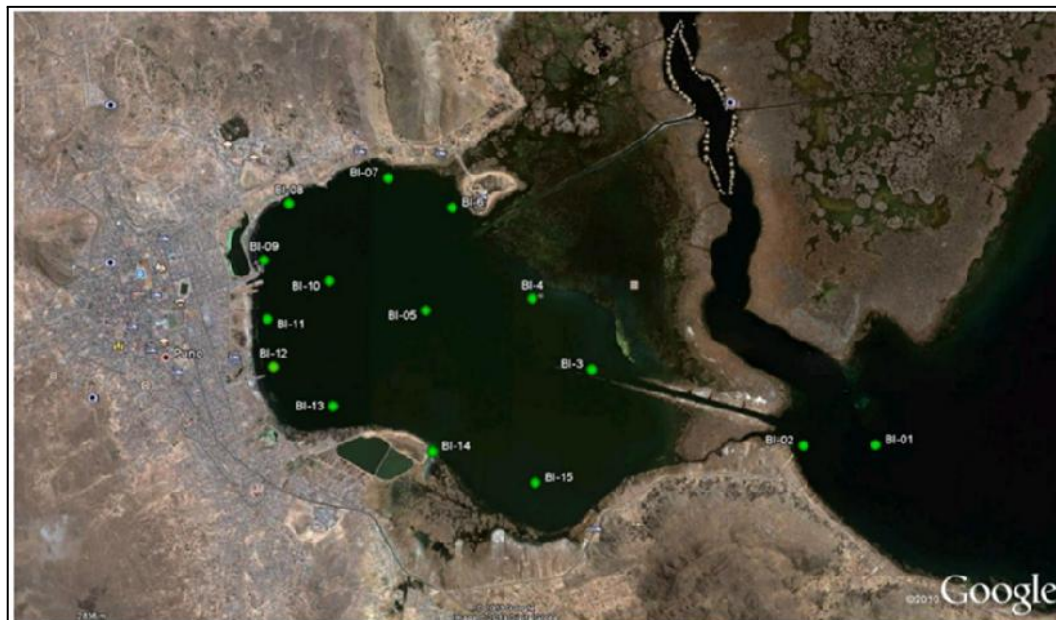
###### 3.2.1.1. Población para la aplicación de ICARHS

Según Sanches et al. (2018), se refiere a todos los casos y elementos que tienen muchas características comunes. En este estudio, se determinó la abundancia en nueve sitios de muestreo en la bahía interior del lago Titicaca. Esto es parte de los datos recopilados como parte del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial durante el período 2013-2021 por la Autoridad Nacional del Agua.

**Criterios de uniformización:** De la información proporcionada por la Autoridad Nacional se observara que los puntos de monitoreo ubicados en la bahía interior de lago Titicaca, a

lo largo del período histórico de las actividades investigadas se han utilizado diferentes codificaciones, las cuales fueron estandarizadas por esta entidad en el año 2021, tomando en cuenta ubicaciones históricas georeferenciadas y estándares de codificación establecidos. en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” aprobado a través del D.S. N° 010-2016-ANA, la misma que fue empleada en la presente investigación.

Por esta razón, la población también incluye informes que contienen los resultados de las evaluaciones de la calidad del agua de la Bahía Interior de Puno para los años 2013 al 2021, incluyendo el marco legal para la protección, conservación y restauración de la bahía, tierra adentro de Puno.



**Figura 02:** Ubicación de puntos de monitoreo del lago Titicaca de la bahía interior de Puno.

**Fuente:** Google Earth.

3.2.1.2. Población para la determinación de la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno.

Una población es un grupo de personas directamente relacionadas con un problema de investigación o incluidas en el alcance del trabajo de investigación. Se conoce la ubicación espacial del proyecto de investigación está dada en la región Puno,

Departamento de Puno, Provincia de Puno y Distrito de Puno, se tiene en la figura 03 la evolución intercensal en la INEI del 2017.

DEPARTAMENTO DE PUNO									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
21	DEPARTAMENTO PUNO			1 172 697	578 383	594 314	605 503	552 496	53 007
2101	PROVINCIA PUNO			219 494	107 036	112 458	108 490	98 323	10 167
210101	DISTRITO PUNO			135 288	66 341	68 947	52 334	47 206	5 128
0001	PUNO	Suni	3 848	125 018	61 317	63 701	44 580	41 081	3 499

**Figura 03: Población del Distrito de Puno**

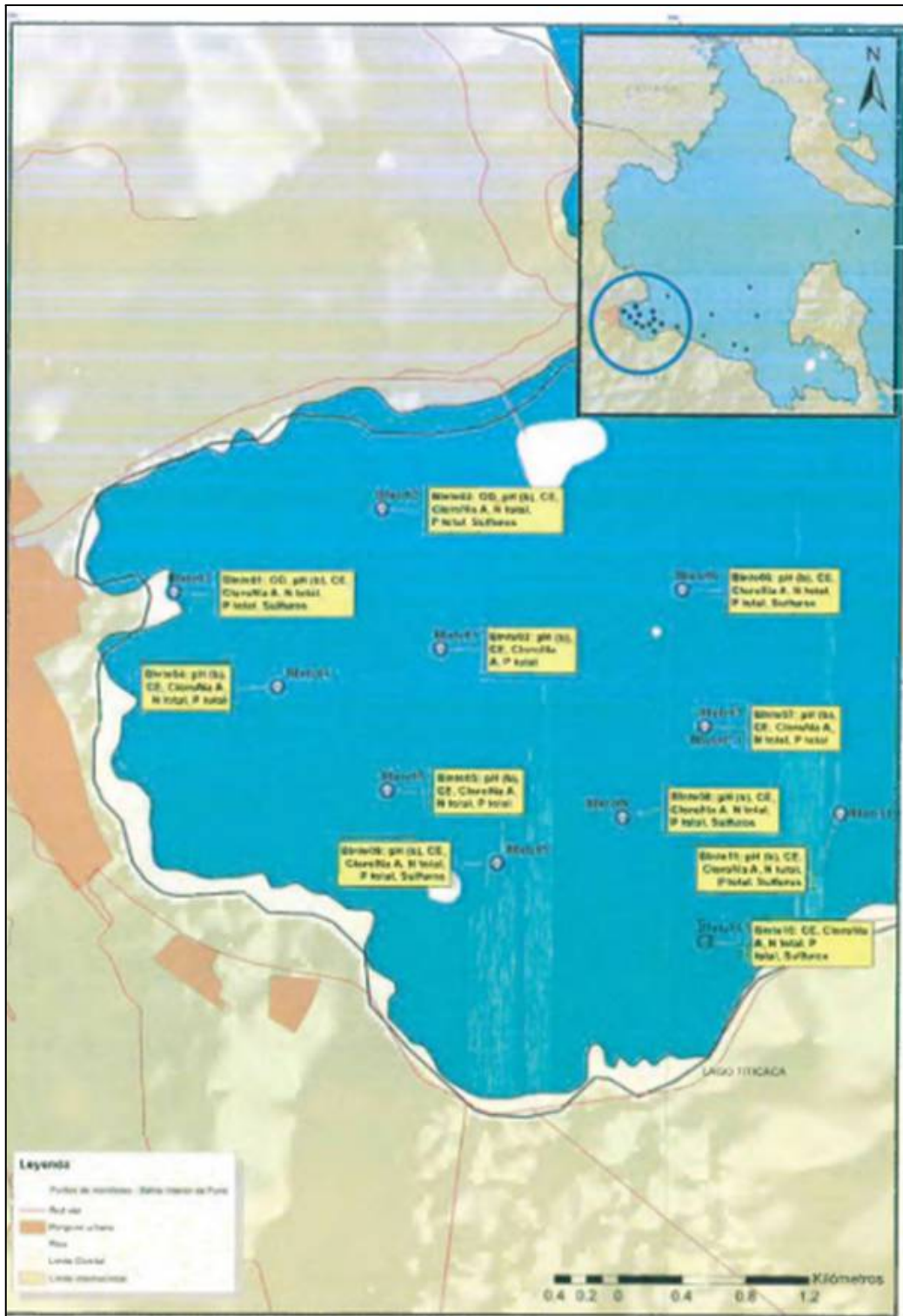
**Fuente:** INEI.

### 3.2.2. MUESTRA

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

La muestra es una porción de la población elegida a partir de un criterio de representatividad. (Fuentes et al. 2020, p. 63). De acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión descritos en el apartado anterior y establecidos en la metodología ICARHS avalada por la Agencia Nacional del Agua, en la presente investigación la muestra está representada por once (11) sitios, la vigilancia se ubica en la bahía interior del lago Titicaca.

La bahía interior de Puno, una parte del lago Titicaca que se extiende desde el distrito de Huaje (Hotel Esteves), hasta el otro extremo está el densamente poblado centro de Salcedo (Hotel José Antonio). La Bahía de Puno se encuentra a una altitud de 3810 metros sobre el nivel del mar, se ubica en las coordenadas 15°50'34" S 69°59'43" W, UTM, con una superficie de 16,1 km<sup>2</sup>, profundidad promedio de 2,7 m.(MINAM, 2013)



**Figura 04:** Ubicación de puntos de monitoreo en el lago Titicaca de la bahía interior de Puno.

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.

### 3.2.2.2. Muestra para la aplicación de encuesta



La cantidad de la muestra para la encuesta estuvo constituida por 150 pobladores de la ciudad de Puno, en relación a la población, donde la muestra es un segmento de la población del cual vamos adquirir la información necesaria para la investigación.

#### 3.2.2.2.1. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, basándose en los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014), el muestreo no probabilístico se centra en los intereses de los investigadores, por lo que establece que selecciona a aquellos que proporcionarán la mayor aportación a la recopilación y análisis de datos de investigación.

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### **Tipo de investigación: Básica.**

El tipo de investigación es básica busca ampliar la información y la comprensión del objeto de estudio, el objetivo es incrementar los conocimientos científicos pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico; en esta tipología se encuentra representada por la estimación del ICARHS a una base documental de información referente a la calidad del agua en la cuenca sistema endorreico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa, a fin de ser integrada en un valor único que permita su fácil entendimiento y comunicación. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

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

Igualmente, también es descriptivo, debido a que pretende retratar las características del objeto estudiado, exponiendo con precisión los hechos o fenómenos, para establecer la naturaleza de las relaciones entre las variables delimitadas en el tema. (Rodríguez, 2005, p, 25).

#### **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)

### **3.3.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA, DISTRITO DE PUNO-2023.**

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

El análisis documental, a través de la recolección y organización de datos proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua, con la finalidad de proveer una estructura ordenada de datos por cada punto de monitoreo evaluado, fue el método de recolección de datos utilizado para el cálculo del ICARHS.

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

Teniendo en cuenta el enfoque cuantitativo del método de cálculo y investigación del ICARHS, se diseñó junto con el programa establecido la “Matriz para la sistematización y cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos - ICARHS”, establecida como herramienta de recolección de datos para esta variable. Microsoft Excel sigue el método validado por ANA, mediante el cual se pueden obtener los resultados numéricos y en color del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos para cada punto evaluado.

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

Se evaluó el cálculo del ICARHS en los puntos de monitoreo de la calidad del agua establecidos en la cuenca sistema endorreico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa, desarrollado de conformidad con lo establecido en la Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA, aprobando la metodología de dicha herramienta, mismo cálculo que se realizó utilizado en la presente investigación de acuerdo con los siguientes criterios:



**Figura 05:** Etapas del ICARHS

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.

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

Los cálculos del ICARHS se pueden desarrollar en corrientes de agua superficial utilizando información del punto de muestreo, el cual debe contar con información histórica de observaciones anteriores (al menos 4 observaciones por punto de muestreo). Su decisión forma parte del proceso de elaboración de un diagnóstico cualitativo de los recursos hídricos superficiales por parte de la unidad hidrológica de interés.

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

Se requieren varias condiciones según la designación de ICARHS, que se explican a continuación

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

Este resultado proviene de una evaluación del estado actual de la calidad del agua de la cuenca (o parte del agua) en relación con los estándares actuales de calidad ambiental (ECA para el Agua). El desarrollo de este método requiere uno (1) o más sitios de muestreo ubicados a lo largo de aguas naturales de acuerdo con los procedimientos de monitoreo nacionales aplicables. Todos los datos históricos recopilados mediante el monitoreo de la calidad del agua en el sitio de muestreo deben ubicarse juntos. Cabe señalar que cada lugar de muestreo requiere al menos 4 tiempos de monitoreo (se deben tomar 2 muestras en la temporada de inundaciones y 2 muestras en la temporada seca).

### **c: Parámetros**

Este método considera veinte (20) parámetros, agrupados según sus propiedades (materia orgánica y metales fisicoquímicos), según las categorías atribuidas a las masas

de agua naturales, con base en la clasificación de las masas de agua superficiales continentales. La figura 06 muestra los parámetros necesarios para determinar el ICARHS con base en información histórica, necesidades y condiciones específicas. El cálculo se realizará con la información actualmente disponible, no obstante, una vez aprobado el método, se deberán cumplir al menos todos los parámetros establecidos en la figura 06.

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

**Figura 06:** Parámetros a evaluar en el ICARHS

**Fuente:** R. J. N° 084-2020-ANA

#### **d: CÁLCULO DEL ICARHS**

##### **Fórmula base del ICARHS**

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

**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, 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).

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

*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:

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

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

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

Una vez obtenido el valor de los factores ( $F_1$ ,  $F_2$ , y  $F_3$ ) se procede a realizar el Cálculo de cada subíndice.

**Figura 07:** Factores para el cálculo del ICARHS. Adaptado de (ANA, 2020, p. 8).

**Fuente:** R. J. N° 084-2020-ANA

Luego de determinar los factores descritos, se calcula el ICARHS, determinando los subíndices S1 (materia orgánica) y S2 (metales físico químicos) mediante la fórmula descrita en la Figura 08.

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

**Figura 08:** Fórmula para el cálculo del ICARHS. Tomado de (ANA, 2020, p. 7)

Para interpretar el estado de la calidad del agua de los puntos evaluados, los valores obtenidos fueron coloreados según la escala numérica adimensional en la que se ubican los valores del ICARHS.

#### e: Escalas de valoración

Los resultados del ICARHS se presentan como un número adimensional de 0 a 100, lo que permite establecer la escala en 5 rangos, lo que califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente, (Ver figura 09).

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

**Nota:** Para la visualización gráfica usar los colores RGB "Modelo Cromático establecido para rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue)". **Fuente:** Metodología Canadiense (CCME\_WQI).

**Figura 09:** Valoración del ICARHS. Tomado de (ANA, 2020, p. 9)

**Fuente:** R. J. N° 084-2020-ANA.

### Determinación de subíndices

El cálculo del ICARHS se basa en dos subíndices asignados como S1 y S2. Estos se calculan en base a ciertos parámetros interrelacionados y la calificación final está determinada por el valor mínimo y los resultados de la calificación crítica..

$$ICARHS = \text{mín.}(S_1, S_2)$$

Ecuación (2)

mín.:

mínimo

S1: Subíndice 1

S2: Subíndice 2

#### 3.3.1.4. Método o diseño estadístico

Para el estudio de los datos extraídos del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales se realizarán pruebas estadísticas descriptivas como la tendencia central (moda y media), así como el programa estadístico SPSS 25 utilizado en su procesamiento. La estimación parece ser la frecuencia absoluta más alta, representando el modo como "Mo", teniendo los intervalos sus propias amplitudes.

Donde:

Li: Es el extremo inferior del intervalo modal (intervalo con mayor frecuencia absoluta).

fi: Es la frecuencia absoluta del intervalo modal.

fi-1: Es la frecuencia absoluta del intervalo anterior al modal.

fi+1: Es la frecuencia absoluta del intervalo posterior al modal. fi: Es la amplitud de los intervalos.

MEDIA: Se calculará sumando todos los resultados de costurón enseñanza con la frecuencia absoluta respectiva y su recepción dividirlo por el guardián aplastante de antecedentes (Russo, 2003). La costurón enseñanza de una balda para datos unidos en intervalos se refiere al promedio de los extremos de cada intervalo.

### **3.3.2. LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO-2023.**

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

La encuesta, aplicada a los habitantes que viven aledaños a la bahía interior del lago Titicaca, es una técnica de investigación utilizada con el objetivo de recolectar información sobre el nivel de gestión de la calidad del agua en la unidad acuática.

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

El cuestionario, como instrumento de investigación que incluye una serie de preguntas utilizadas para recoger información útil de los encuestados. (Baena, 2017, p. 82), fue empleado para conocer el nivel de percepción de ciudadanos sobre gestión de la Calidad del agua en la bahía interior de lago Titicaca, estuvo integrado por 15 preguntas distribuidas en cada una de las dimensiones consideradas (vigilancia y control, difusión y socialización, preservación de las fuentes naturales) evaluados mediante la una escala de Likert con las siguientes valoraciones: 1=Muy deficiente 2= Deficiente 3= Regular 4= Eficiente 5= Muy deficiente. Ver Anexo 02 (Encuesta – Percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua), se validó mediante la ficha de validación de Instrumento (Anexo 04).

#### 3.3.2.3. Diseño estadístico para la prueba de hipótesis.

Se empleó la prueba estadística coeficiente de correlación de Spearman, se aplicó para contrastar la hipótesis de normalidad de la población con un nivel de confianza del 95% en el cálculo, utilizando el programa SPSS versión 25. Para aplicar esta prueba estadística, el coeficiente de correlación de Spearman es una medida no paramétrica de la correlación de rango (dependencia estadística del ranking entre dos variables). Se utilizó principalmente para el análisis de datos.

a.- Hipótesis.

H0:  $F(X) = F_s(X)$

H1:  $F(X) \neq F_s(X)$



### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 01:** Operacionalización de variables de la investigación

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)	Estado de calidad de agua.	Calificación (ICARHS):  Excelente Buena Regular Mala Muy mala.	La 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 del lago Titicaca entre periodo 2013 al 2021.	
	Materia Orgánica Físico - Químico (Metal)		
Variable dependiente: Percepción de la población sobre la gestión de la calidad del agua.	Vigilancia y control	Monitoreos de calidad de agua superficial. Identificación de fuentes contaminantes.	Cuestionario Escala Likert 1=Muy deficiente 2= Deficiente

Atención de denuncias.

3= Regular

4= Eficiente

5= Muy deficiente.

Difusion y socializacion

Talleres de difusión de resultados.

Creación de espacios de diálogo y articulación.

Preservación de fuentes naturales.

Formación de comités participativos de monitoreo de calidad del agua superficial.

Formulación de planes de gestión para el aseguramiento y conservación de la calidad de los recursos hídricos.

---

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

#### PRUEBA DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN

El coeficiente de correlación de Spearman es una prueba no paramétrica cuando se desea medir la relación entre dos variables y no se cumple el supuesto de normalidad en la distribución de tales valores. El coeficiente de correlación de Spearman se designa por  $r_s$ .

**Correlación de rango de Spearman:** Es una prueba no paramétrica que se utiliza para medir el grado de asociación entre dos variables. La prueba de correlación de rango de Spearman no tiene ninguna suposición sobre la distribución de los datos.

**La siguiente fórmula se utiliza para calcular la correlación de rango de Spearman:**

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$$

$r_s$  = Correlación de rango de Spearman

D = la diferencia entre los rangos de las variables correspondientes

n = número de observaciones

Valor p de significancia del coeficiente de correlación de Spearman  $r_s$  Es necesario tener en consideración la significancia del valor de  $r_s$  dada por el valor p obtenido mediante un software estadístico. Cuando el valor p es menor que 0.05, se puede concluir que la relación es significativa cuando el nivel de significancia es 0.05.

-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

-0.001 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

+0.51 a +0.75 correlación positiva considerable

+0.75 a +0.90 correlación positiva muy fuerte

+0.91 a + 1.00 correlación positiva perfecta

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### **4.1. DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) EN LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2023.**

En la tabla 02, se tiene el monitoreo de calidad del agua en el lago Titicaca (sector peruano) se realizó a través de una red conformada por cuarenta (42) puntos, de los cuales once (11) pertenecen a la bahía Interior del lago Titicaca, del Distrito de Puno.

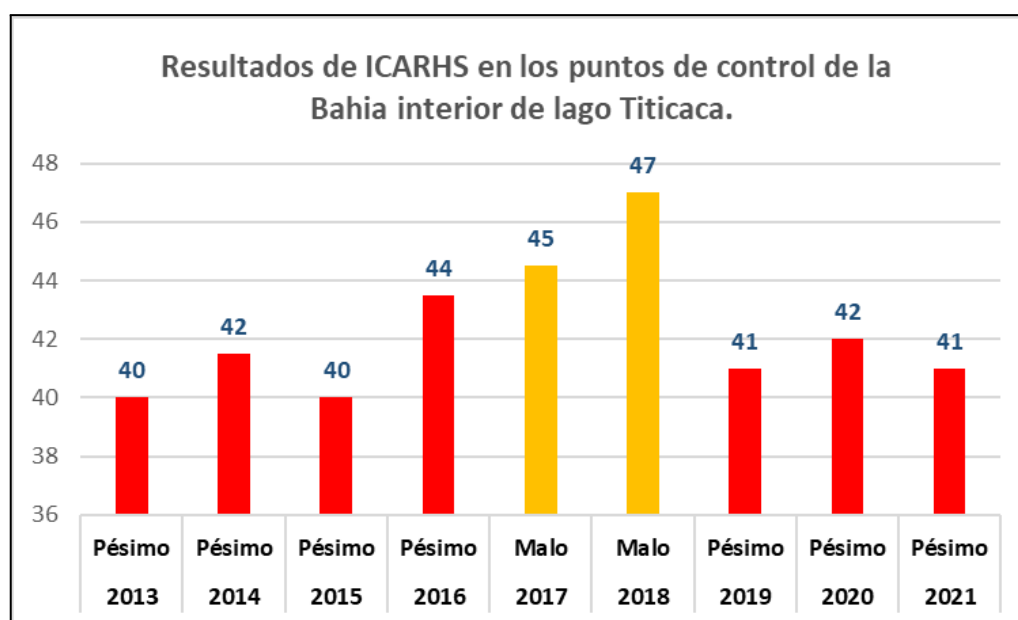
**Tabla 02:** Puntos de monitoreo de calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.

N°	Codigo	Descripción	Zona	E	N
1	Blnte01	B.Interior de Puno	19	391402	8249013
2	Blnte02	B.Interior de Puno	19	392656	8249544
3	Blnte03	B.Interior de Puno	19	393018	8248669
4	Blnte04	B.Interior de Puno	19	392040	8248425
5	Blnte05	B.Interior de Puno	19	392710	8247780
6	Blnte06	B.Interior de Puno	19	394477	8249053
7	Blnte07	B.Interior de Puno	19	394623	8248197
8	Blnte08	B.Interior de Puno	19	394132	8247621
9	Blnte09	B.Interior de Puno	19	393377	8247327
10	Blnte10	B. Interior de Puno zona Achalani	19	394641	8246844
11	Blnte11	B. Interior de Puno, zona Achalani	19	395452	8247654

**Fuente:** Autoridad Nacional del Agua.

**Tabla 03:** Resultados de ICARHS de la bahía interior del lago Titicaca.

VALOR ICARHS				
Año	Epoca de Estiaje	Epoca de avenida	Promedio Final ICARHS	Calificación de ICARHS
2013	44	36	40	Pésimo
2014	42	41	42	Pésimo
2015	41	39	40	Pésimo
2016	45	42	44	Pésimo
2017	47	42	45	Malo
2018	48	46	47	Malo
2019	42	40	41	Pésimo
2020	43	41	42	Pésimo
2021	42	40	41	Pésimo



**Figura 10:** Resultados de ICARHS en los puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca .



A continuación, en la tabla 03 y la figura 10, se muestra el resumen de los resultados de los valores de ICARHS, en los once (11) puntos en estudio, de la bahía Interior del lago Titicaca, se observa que su calificación de ICARHS es pésimo fluctúan entre 40 a 44, en los años (2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020 y 2021), también se tiene una calificación de ICARHS de malo siendo 45 y 47 en los años (2017 y 2018), para la época de estiaje y para la época de avenidas. Dichos valores alcanzados nos permiten inferir que la calidad del agua está entre el pésimo a malo.

#### 4.1.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

En relación al objetivo general que fue; determinar si el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales influye en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.

##### Se contrastaron las hipótesis:

H1: El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) influye en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.

H0: El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) no influye en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.

**Tabla 04:** Valor de ICARHS y la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.

Calificación ICARHS		%	Percepcion de la poblacion		%
Pésimo	41	48	Deficiente	26	17
Malo	46	52	Regular	101	67
Regular	0		Eficiente	23	16
		100			100

Correlaciones			ICARHS	Percepción de la población
Rho de Spearman	ICARHS	Coefficiente de correlación	1,000	,603**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	3	3
	Percepción de la población	Coefficiente de correlación	,603**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	3	3

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

**Figura 11:** Prueba de estadística no paramétrica de correlación de Spearman

En la figura 11, se observa que existe un p-valor que es 0.00 el cual es menor a 0.05, lo que corresponde rechazar la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa, por lo que podemos afirmar que existe una relación significativa entre el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) influye en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023. Es decir hay una dependencia o correlación entre las variables de nivel positiva considerable de 0,603.

Hecho que Fuentes (2021), tuvo en sus resultados se muestra la prueba de estadística no paramétrica de correlación de Spearman, presentándose una correlación positiva alta entre el ICARHS y el nivel de la gestión de la calidad del agua de la subcuenca de Cotahuasi evidenciado por un coeficiente de correlación de Spearman,  $r_s = 0.929$ , interpretándose que a mejor ICARHS se presentará una mejor gestión de la calidad del agua de los puntos de monitoreo evaluados en la subcuenca del río Cotahuasi.

#### **4.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2021.**

Para evaluar el estado actual de la calidad del agua, se aplicó el ICARHS a catorce (14) puntos de monitoreo realizados en el interior de la bahía del lago Titicaca, cuyos resultados se presentaron.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE												
Parámetros a Evaluar	ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total	
Físico Químicos	pH	6.5-9	7.69	8.60	8.22	8.31	8.02	7.47	7.83	8.78	8.10	7.57	8.03	0
	Conductividad	1000	1574.00	1580.00	1574.00	1550.00	1578.00	1560.00	1567.00	1540.00	1560.00	1550.00	1480.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	3.69	7.97	4.62	7.08	4.92	7.22	1.24	6.77	4.93	6.01	3.50	8
	Demanda Biológica de oxígeno	5	4.2	4.3	4.1	5.2	4.7	4.1	2.7	3.7	4.2	3.4	3.3	1
	Sólidos suspendidos Totales	<25	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	0
	Aceites y grasas	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.0121	0.0101	0.0104	0.01	0.0104	0.0101	0.0086	0.0112	0.0109	0.0084	0.0091	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0
	Níquel (Ni)	0.052	0.0024	0.002	0.0024	0.0022	0.0026	0.0023	0.0025	0.0023	0.0024	0.0024	0.0023	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.0019	0.0027	0.0015	0.0027	0.0021	0.001	0.0014	0.0024	0.0017	0.0014	0.0019	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0003	<0.0002	0.0176	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0068	<0.0002	<0.0002	0.003	3
	Zinc (Zn)	0.12	0.0153	0.013	0.0107	0.0083	0.0115	0.0021	0.0097	0.0061	0.0061	0.0084	0.0079	0
Microbiológicos	Coliformes Temotolerantes	1000	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0
	Número de parametros que NO cumplen												4	
Datos	NúmeroTotal de parámetros a Evalua												14	
	Número de datos que NO cumplen el ECA												21	
	Número Total de Datos												132	
	F1												28.57	
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F2												15.91	
	pH	Unidad de pH												
	Conductividad	µS/cm	0.574	0.580	0.574	0.550	0.578	0.560	0.567	0.540	0.560	0.550	0.480	
	Oxígeno Disuelto	mg/L	0.36		0.08		0.02		3.03		0.01		0.43	
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L				0.04								
	Sólidos suspendidos T	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L			6.04					1.72			0.2	
	Zinc (Zn)	mg/L												
Coliformes Temotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes												17.84		
F3												94.69		
ICARHS												42	PESIMO	

**Figura 12:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía Interior del lago Titicaca del 2013.

De acuerdo a las figuras 12 se observa el procedimiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtiene los datos de los 14 parámetros, obtenido en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2013, luego se procedió de realizar la comparación con los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después de realizar dicha comparación se obtienen los datos de los parámetros que sobrepasan a los valores establecidos en el ECA-Agua y se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (Conductividad, Oxígeno Disuelto, Demanda Biológica de oxígeno, Plomo (Pb)), número total de parámetros a evaluar (14 parámetros), número de datos que no cumplen el ECA-Agua (21), número total de datos, excedente (existen 2 casos el primero

es cuando el valor supera al valor establecido en el ECA-Agua se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua respecto al valor establecido del parámetro en los ECA Agua todo esto menos uno) este caso solo se utilizo para los parámetros de Conductividad, Plomo (Pb) Demanda Biologica de oxígeno y el segundo es cuando el valor es menor al valor establecido en el ECA-Agua se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua respecto al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua todo esto menos uno) en este caso se utilizo el parametro Oxígeno Disuelto y suma normalizada de excedentes (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes respecto al total de datos) después de obtener todos los datos anteriores se procede a calcular F1-Alcance, F2-Frecuencia y F3 Amplitud, al obtener los datos de F1, F2 y F3 se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a cien menos raíz cuadrada de F1 al cuadrado más F2 al cuadrado más F3 al cuadrado respecto a 1.732) y la valorización del ICARHS para así poder calcular los subíndices y se realizo la representación en figura 12.

Sin embargo al comparar los resultados de la investigación, existe una desigualdad con los resultados obtenidos por Flores y Vela (2021), determinó que la calificación para la calidad de agua de la U.H. Bajo Marañón que tiene mayor influencia son las de “Malo” y “Regular”, debido principalmente a los valores de los parámetros que corresponden al subíndice 1 (materia orgánica).

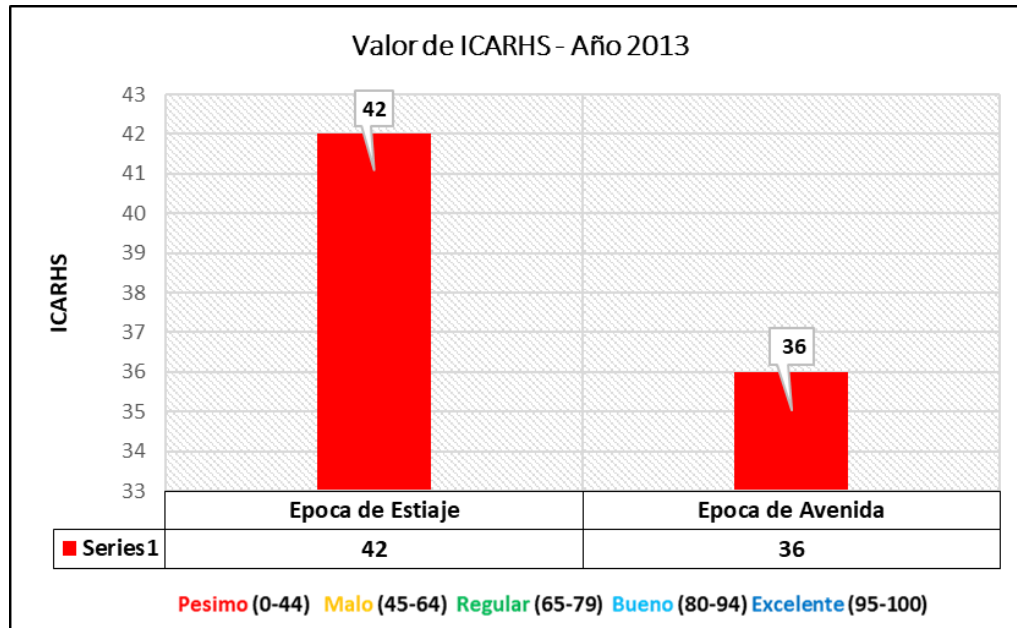
PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.81	9.93	9.81	9.87	10.01	9.90	9.48	9.82	9.88	10.07	9.98	0
	Conductividad	1000	1782	1796	1776	1831	1829	1811	1718	1781	1781	1818	1760	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	7.87	15.00	10.65	9.08	10.85	9.50	7.38	9.17	9.86	10.13	9.60	6
	Demanda Biológica de oxígeno	5	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	7.37	4.98	5.87	6.97	7.66	9.85	1
	Sólidos suspendidos Totales	<25	8.23	14.15	11.85	15.6	15.75	15.6	8.95	17.15	20	19.5	15.5	0
	Aceites y grasas	5	<1.00	<1.01	ND	<1.01	<1.01	<1.01	<1.01	<1.01	<1.01	<1.01	<1.01	0
	Arsénico (As)	0.15	0.010	0.008	0.009	0.008	0.007	0.008	0.008	0.009	0.007	0.008	0.007	0
Inorgánicos	Cadmio (Cd)	0.00025	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0
	Níquel (Ni)	0.052	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.0009	0.0007	0.0013	0.0014	0.0012	0.0014	0.0006	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0102	0.0126	0.0098	0.0118	0.0101	<0.0004	<0.0004	0.0111	<0.0004	0.0139	0.0037	3
	Zinc (Zn)	0.12	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
	Coliformes Termotolerantes	1000	<1.8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	<1.8	<1.8	<1.8	79	<1.8	<1.8	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen													5
	Número Total de parámetros a Evaluar													14
	Número de datos que NO cumplen el ECA													46
	Número Total de Datos													150
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F1													35.71
	F2													30.67
	pH	Unidad de pH	0.090	0.103	0.090	0.097	0.112	0.100	0.053	0.091	0.098	0.119	0.109	
	Conductividad	µS/cm	0.782	0.796	0.776	0.831	0.829	0.811	0.718	0.781	0.781	0.818	0.780	
	Oxígeno Disuelto	mg/L							0.47		0.17	0.39	0.53	0.97
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L												
	Sólidos suspendidos	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L		3.08	4.04	2.92	3.72	3.04			3.44		4.56	0.48
	Zinc (Zn)	mg/L												
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes													202	
F3													100	
ICARHS													36	
													PE SIMO	

**Figura 13:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2013.

De acuerdo a las figuras 13, se observa el procedimiento del cálculo del ICARHS en época de avenidas. Primero se obtiene los datos de los 14 parámetros obtenido en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2013, luego se procedió de realizar la comparación con los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después de realizar dicha comparación se obtienen los datos de los parámetros que sobrepasan a los valores establecidos en el ECA-Agua y se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Demanda Biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb)), número total de parámetros a evaluar (14 parámetros), número de datos que no cumplen el ECA-Agua (46), número total de datos, excedente (existen 2 casos el primero es cuando el valor supera al valor establecido en el ECA-Agua

se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua respecto al valor establecido del parámetro en los ECA Agua todo esto menos uno) este caso solo se utilizo para los parámetros de Conductividad, Plomo (Pb), Demanda Biologica de oxigeno ( ) y el segundo es cuando el valor es menor al valor establecido en el ECA-Agua se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua respecto al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua todo esto menos uno) en este caso se utilizo el parametro Oxigeno Disuelto y suma normalizada de excedentes (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes respecto al total de datos) después de obtener todos los datos anteriores se procede a calcular F1-Alcance, F2-Frecuencia y F3 Amplitud, al obtener los datos de F1, F2 y F3 se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a cien menos raíz cuadrada de F1 al cuadrado más F2 al cuadrado más F3 al cuadrado respecto a 1.732) y la valorización del ICARHS para así poder calcular los subíndices y se realizo la representación en figura 13.

Por otro lado, los datos que reportó Vargas (2021), Según la escala de valoración del ICARHS, en promedio el valor de los ICARHS tanto en la época seca como lluviosa, se encuentran como “buena”, esta valoración indica que la calidad del agua se aleja un poco de su calidad natural, mientras que en nuestro estudio de valoración del ICARHS en época avenida de la bahía Interior del lago Titicaca del 2013, es Pésimo, ambos estudió los resultados son diferentes.



**Figura 14:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2013.

Se puede observar en la figura 14, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 42 y 36 está en la escala Pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE												
Parámetros a Evaluar	ECA Cat 4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total	
Físico Químicos	pH	6.5-9	8.91	8.92	9.15	8.8	9.18	8.9	9.03	8.83	9.05	8.96	6.84	4
	Conductividad	1000	1725	1672	1674	1672	1673	1661	1657	1676	1665	1665	1668	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	5.85	9.2	7.90	9.06	7.89	5.02	8.07	5.33	8.15	5.14	5.48	0
	Demanda Biológica de oxígeno	5	5.64	<2.00	5.72	5.14	5.31	4.97	5.06	3.65	<2.00	4.48	6.96	6
	Sólidos suspendidos Totales	<25	5.15	11.24	5.47	7.01	5.82	5.18	5.95	3.36	5.43	3.63	3.93	0
	Aceites y grasas	5	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.011	0.012	0.010	0.010	0.011	0.01	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	11
	Níquel (Ni)	0.052	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.0009	0.0007	0.0015	<0.0004	0.0005	0.0004	0.0007	<0.0004	0.0007	0.0005	0.0009	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0020	0.0015	0.0019	0.0012	0.0015	0.0011	0.0018	0.0012	0.0008	0.0016	<0.0004	0
	Zinc (Zn)	0.12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	17	<1.8	<1.8	4.5	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	0	
	Número de parámetros que NO cumplen												4	
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar												14	
	Número de datos que NO cumplen el ECA												32	
	Número Total de Datos												154	
	F1												28.57	
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F2												20.78	
	pH	Unidad de pH			0.017		0.020		0.003		0.006			
	Conductividad	µS/cm	0.725	0.672	0.674	0.672	0.673	0.661	0.657	0.676	0.665	0.665	0.668	
	Oxígeno Disuelto	mg/L												
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L	0.13		0.14	0.03	0.06		0.01				0.39	
	Sólidos suspendidos	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L												
	Zinc (Zn)	mg/L												
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes												14.22		
F3												93.43		
ICARHS												42		
												PESIMO		

**Figura 15:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2014.

Según la figura 15, para las inundaciones se utiliza el método de cálculo del ICARHS. Primero, los datos para los 14 parámetros se obtuvieron del informe de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca de 2014. A continuación se realizó una comparación con los datos confirmados por ECA-Agua (Categoría 4: Protección medioambiental de las masas de agua). Tras la comparación se obtiene información sobre los parámetros que superan los valores establecidos en ECA Agua y el número de parámetros que no cumplen con estos valores (pH, conductividad, consumo biológico de oxígeno y cadmio (Cd)), así como el número total. Número de parámetros evaluados (14 parámetros), número de datos que no cumplen con ECA-Agua (32), cantidad total de datos excedidos (hay dos casos, el primero es que el valor excede el valor prescrito) Si el valor ECA se excede: para el agua, se utiliza la siguiente fórmula (el exceso corresponde

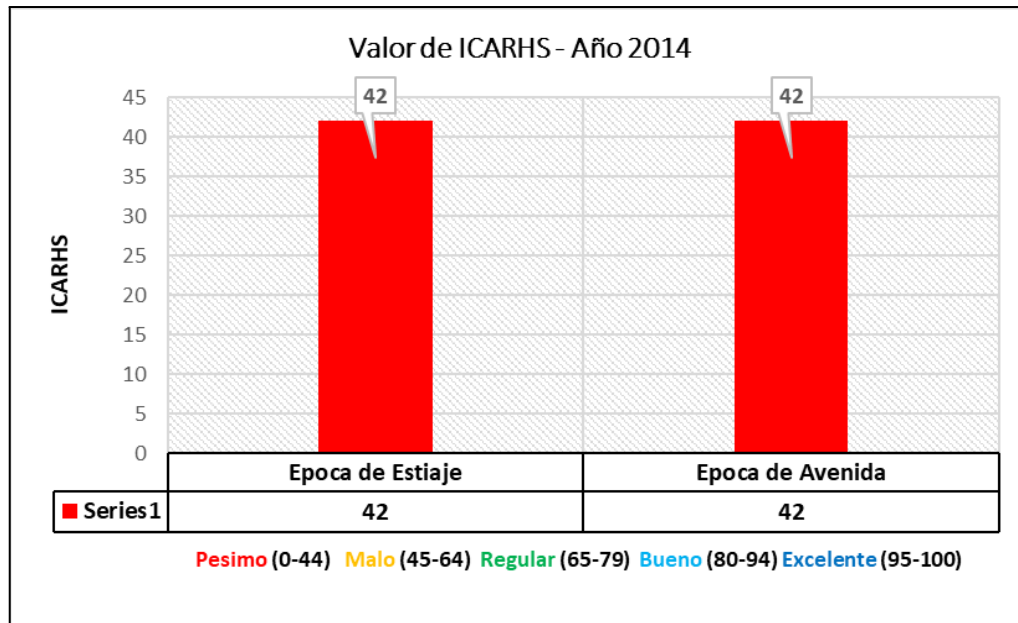


al valor del parámetro del agua que no pertenece a ECA en comparación con el valor del parámetro especificado para agua de ECA (todos menos uno). Si hay demanda de oxígeno para el pH, la conductividad y los parámetros biológicos, cadmio (Cd) y la suma normalizada de excesos (la suma normalizada de excesos es igual al exceso por la suma de todos los datos). Luego, tomando todo lo anterior, calcula las amplitudes de F1 (28.57), F2 (20.78) y F3 (93.43), y una vez obtenidos los datos de F1, F2 y F3, calcula el valor de ICARHS (ICARHS). es igual a  $1) 100$  menos la raíz cuadrada de F1 al cuadrado, F2 al cuadrado, F3 al cuadrado (la relación es 1732) y el valor de ICARHS (la asignación se calcula y se muestra en la figura 15).

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.21	9.28	9.28	9.21	9.2	8.50	9.29	7.56	9.11	8.97	9.21	8
	Conductividad	1000	1774	1744	1742	1733	1734	1726	1719	1735	1748	1747	1700	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	7.37	4.12	6.57	6.13	6.61	5.90	6.91	7.56	6.53	5.81	4.21	2
	Demanda Biológica de oxígeno	5	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	21.14	<2.00	<2.00	<2.00	4.97	<2.00	0
	Sólidos suspendidos Totales	<25	5.22	6.6	5.44	4.38	5.9	4.7	6.2	5.88	6.21	3.11	7.32	0
	Aceites y grasas	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.010	0.011	0.010	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	11
	Níquel (Ni)	0.052	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0
	Cobre (Cu)	0.1	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.00068	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
	Plomo (Pb)	0.0025	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0
	Zinc (Zn)	0.12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
Microbiológicos	Coliformes	1000	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	0
	Termotolerantes	1000	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen		4											
	Número Total de parámetros a Evaluar		14											
	Número de datos que NO cumplen el ECA		32											
	Número Total de Datos		143											
	F1		28.57											
	F2		22.38											
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	pH	Unidad de pH	0.023	0.031	0.031	0.023	0.022		0.032		0.012		0.023	
	Conductividad	µS/cm	0.774	0.744	0.742	0.733	0.734	0.726	0.719	0.735	0.748	0.747	0.700	
	Oxígeno Disuelto	mg/L		0.21									0.19	
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L												
	Sólidos suspendidos	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L												
	Zinc (Zn)	mg/L												
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL												
Sumatoria de los excedentes		14.71												
F3		93.63												
ICARHS		42												

Figura 16: Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2014.

De acuerdo a la figura 16, se observa el procedimiento del cálculo del ICARHS en época de avenidas. Primero se obtiene los datos de los 14 parámetros, obtenidos de los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2014, luego se procedió de realizar la comparación con los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después de realizar dicha comparación se obtienen los datos de los parámetros que sobrepasan a los valores establecidos en el ECA-Agua y se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (pH, Conductividad, Demanda Biológica de oxígeno, y Cadmio (Cd)), y el segundo es cuando el valor es menor al valor establecido en el ECA-Agua se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua respecto al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua todo esto menos uno) en este caso se utilizó el parámetro Oxígeno Disuelto número total de parámetros a evaluar (14 parámetros), número de datos que no cumplen el ECA-Agua (32), número total de datos, excedente (existen 2 casos el primero es cuando el valor supera al valor establecido en el ECA-Agua se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua respecto al valor establecido del parámetro en los ECA Agua todo esto menos uno) este caso solo se utilizó para los parámetros de pH, Conductividad, Demanda Biológica de oxígeno, Cadmio (Cd) y el segundo es cuando el valor es menor al valor establecido en el ECA-Agua se utiliza la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua respecto al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua todo esto menos uno) en este caso se utilizó el parámetro Oxígeno Disuelto y suma normalizada de excedentes (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes respecto al total de datos) después de obtener todos los datos anteriores se procede a calcular F1 (28.57) F2 (22.38) y F3 (93.63), Amplitud, al obtener los datos de F1, F2 y F3 se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a cien menos raíz cuadrada de F1 al cuadrado más F2 al cuadrado más F3 al cuadrado respecto a 1.732) y la valorización del ICARHS para así poder calcular los subíndices y se realizó la representación en figura 16.



**Figura 17:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2014.

Se puede observar en la figura 17, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 42 y 42 está en la escala Pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE												Total
Parámetros a Evaluar	ECA Cat 4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11		
Físico Químicos	pH	6.5-9	8.76	9.87	8.34	9.65	8.18	8.53	9.45	8.41	7.56	8.96	7.85	3
	Conductividad	1000	1567	1734	1562	1749	1345	1247	1573	1644	1543	1763	1642	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	5.85	4.5	7.32	3.01	6.89	2.56	8.45	4.33	8.16	6.34	7.88	4
	Demanda Biológica de oxígeno	5	6.45	6.34	3.42	5.67	5.31	6.45	3.02	4.02	4.45	4.25	2.45	5
	Sólidos suspendidos Totales	<25	5.82	5.18	5.34	4.36	5.43	12.40	7.45	8.23	5.38	6.76	5.68	0
	Aceites y grasas	5	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	0
	Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.011	0.012	0.010	0.010	0.011	0.01
Cadmio (Cd)		0.00025	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	11
Níquel (Ni)		0.052	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0
Cobre (Cu)		0.1	0.0008	0.0005	0.0011	<0.0004	0.0003	0.0006	0.0003	<0.0002	0.0005	0.0006	0.0006	0
Mercurio (Hg)		0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
Plomo (Pb)		0.0025	0.0020	0.0035	0.0019	0.0011	0.0005	0.0011	0.0006	0.0002	0.0003	0.0011	<0.0004	1
Zinc (Zn)		0.12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
Microbiológicos		Coliformes Termotolerantes	1000	17	<1.6	<1.9	6.5	<1.8	1.79	<1.8	1.79	<1.8	<1.8	23
	Número de parámetros que NO cumplen												6	
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar												14	
	Número de datos que NO cumplen el ECA												35	
	Número Total de Datos												154	
	F1												42.86	
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F2												22.73	
	pH	Unidad de pH		0.097		0.072			0.050					
	Conductividad	µS/cm	0.567	0.734	0.562	0.749	0.345	0.247	0.573	0.644	0.543	0.763	0.642	
	Oxígeno Disuelto	mg/L		0.11		0.66		0.95		0.15				
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L												
	Sólidos suspendidos	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L		0.4										
	Zinc (Zn)	mg/L												
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL												
Sumatoria de los excedentes												8.47		
F3												89.44		
ICARHS												41		
												PESIMO		

**Figura 18:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2015.

De acuerdo a la figura 18, se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros del monitoreo realizado en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2015, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (6), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (35), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Cadmio (Cd) y Plomo (Pb)) y el segundo es la

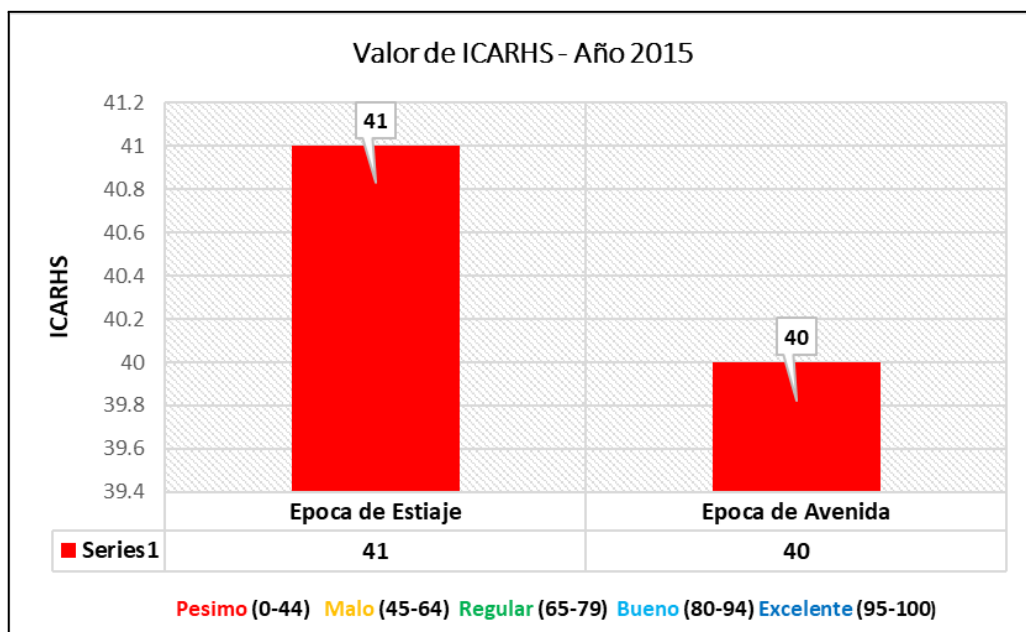
siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto) y (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes (8.47) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (42.86), F2 (22.73) y F3 (89.44) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS se representa en la figura 18.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.55	9.64	9.6	9.6	9.62	9.97	9.5	9.64	9.6	9.48	9.55	11
	Conductividad	1000	1741	1734	1720	1735	1738	1722	1666	1735	1745	1740	1741	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	7.3	8.3	7.86	7.2	7.7	9.74	7.36	9.2	8.1	5.2	7.3	0
	Demanda Biológica de oxígeno	5	5.67	7.76	6.41	8.38	7.29	11.83	6.04	8.87	9.98	10.1	10.35	11
	Sólidos suspendidos Totales	<25	8.6	6.78	5.36	6.62	5.71	12.58	4.23	7.04	8	7.66	5.8	0
Aceites y grasas	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.0119	0.0128	0.01	0.0108	0.011	0.0122	0.011	0.0103	0.0109	0.0117	0.0111	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	11
	Níquel (Ni)	0.052												
	Cobre (Cu)	0.1	0.0011	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0013	0.0004	0.0007	0.0006	0.0008	0.0004	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	9.00E-05	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0009	0.0006	0.0004	0.0004	0.0004	0.0023	0.0004	0.0004	0.0009	0.0004	0.0004	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0
	Coliformes Termotolerantes	1000	2	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	2	1.79	2	1.79	1.79	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen		4											
	Número Total de parámetros a E valua		14											
	Número de datos que NO cumplen el E CA		44											
	Número Total de Datos		143											
	F1		28.57											
F2		30.77												
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	pH	Unidad de pH	0.061	0.071	0.067	0.067	0.069	0.108	0.056	0.071	0.067	0.053	0.061	
	Conductividad	µS/cm	0.741	0.734	0.720	0.735	0.738	0.722	0.666	0.735	0.745	0.740	0.741	
	Oxígeno Disuelto	mg/L												
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L	0.13	0.55	0.28	0.68	0.46	1.37	0.21	0.77	1.00	1.02	1.07	
	Sólidos suspendidos	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L												
	Zinc (Zn)	mg/L												
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL												
Sumatoria de los excedentes		22.31												
F3		95.71												
ICARHS		40												
		PE SIMO												

**Figura 19:** Cálculo y Valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2015.

De acuerdo a la figura 19 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de avenidas. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2015, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos

establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (4), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (44), Número Total de Datos (143), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parametros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub> y Cadmio (Cd)) la (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes (22.31) sobre el total de datos(143)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (28.57), F2 (30.77) y F3 (22.31) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de (F1)<sup>2</sup>, (F2)<sup>2</sup> y (F3)<sup>2</sup> sobre 1.732) y la valorización del ICARHS se representa en la figura 19.



**Figura 20:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2015.

Se puede observar en la figura 19, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como

Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 41 y 40 está en la escala Pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	8.5-9	8.87	8.87	8.88	8.92	8.73	9.18	8.94	8.97	8.73	8.85	8.95	1
	Conductividad	1000	1792	1790	1794	1784	1784	1890	1749	1735	1763	1787	1773	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	5.8	5.91	4.66	5.54	3.11	7.00	6.73	7.17	4.03	6.12	6.79	3
	Demanda Biológica de oxígeno	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
	Sólidos suspendidos Totales	<25	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	4.00	8.00	8.00	9.00	7.00	6.00	0
	Aceites y grasas	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0
	Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.01313	0.01301	0.01288	0.01319	0.01337	0.01229	0.01366	0.01388	0.01383	0.01388	0.01448
Cadmio (Cd)		0.00025	0.000029	0.00005	0.00003	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0
Níquel (Ni)		0.052	0.0071	0.0076	0.0068	0.0072	0.0075	0.0067	0.0069	0.0062	0.006	0.0064	0.0063	0
Cobre (Cu)		0.1	0.0031	0.0032	0.0032	0.0035	0.0035	0.0032	0.0036	0.0029	0.0033	0.0032	0.0033	0
Mercurio (Hg)		0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0
Plomo (Pb)		0.0025	0.00034	0.00041	0.00034	0.00026	0.00031	0.00016	0.00027	0.00033	0.00008	0.00039	0.0003	0
Zinc (Zn)		0.12	0.0137	0.0155	0.0155	0.0126	0.0196	0.012	0.0133	0.0159	0.0067	0.0086	0.0241	0
Microbiológicos		Coliformes Termotolerantes	1000	94	1.8	13	14	26	11	6.8	7.8	54000	17	140
	Número de parámetros que NO cumplen		4											
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar		14											
	Número de datos que NO cumplen el ECA		16											
	Número Total de Datos		143											
	F1		28.57											
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F2		11.19											
	pH	Unidad de pH						0.020						
	Conductividad	µS/cm	0.792	0.790	0.794	0.784	0.784	0.890	0.749	0.735	0.763	0.787	0.773	
	Oxígeno Disuelto	mg/L			0.07			0.61			0.24			
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L												
	Sólidos suspendidos	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
	Níquel (Ni)	mg/L												
Cobre (Cu)	mg/L													
Mercurio (Hg)	mg/L													
Plomo (Pb)	mg/L													
Zinc (Zn)	mg/L													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL										53			
Sumatoria de los excedentes		8.74												
F3		89.73												
ICARHS		45												
		MALO												

**Figura 21:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2016.

De acuerdo a la figura 21 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros del monitoreo realizado en los informes de Monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2016, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (**Categoría 4:** Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (4), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (16), Número Total de Datos (143), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es

la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parametros son (pH, Conductividad, Coliformes Termotolerantes) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto) y (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes (9.13) sobre el total de datos(143)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (28.57), F2 (11.19) y F3 (89.73) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (45) se representa en la figura 21.

Por otro lado, los datos que reportó Vargas (2021), tuvo como resultado con un indicador regular en ambas épocas del año (estiaje y avenida) y RInam1 con calificación regular (época de avenida); con un valor de 76, resultados que indican que la calidad del agua ocasionalmente han sido amenazada o dañada, durante el periodo 2016-2020. Los demás puntos que tienen un indicador de bueno, indican que la calidad se aleja un poco de su calidad natural, en nuestro estudio de investigación el cálculo valorización del ICARHS es (45) siendo la calificación Malo en el cálculo del ICARHS en época de estiaje, en ambas investigaciones los resultados son distintos.

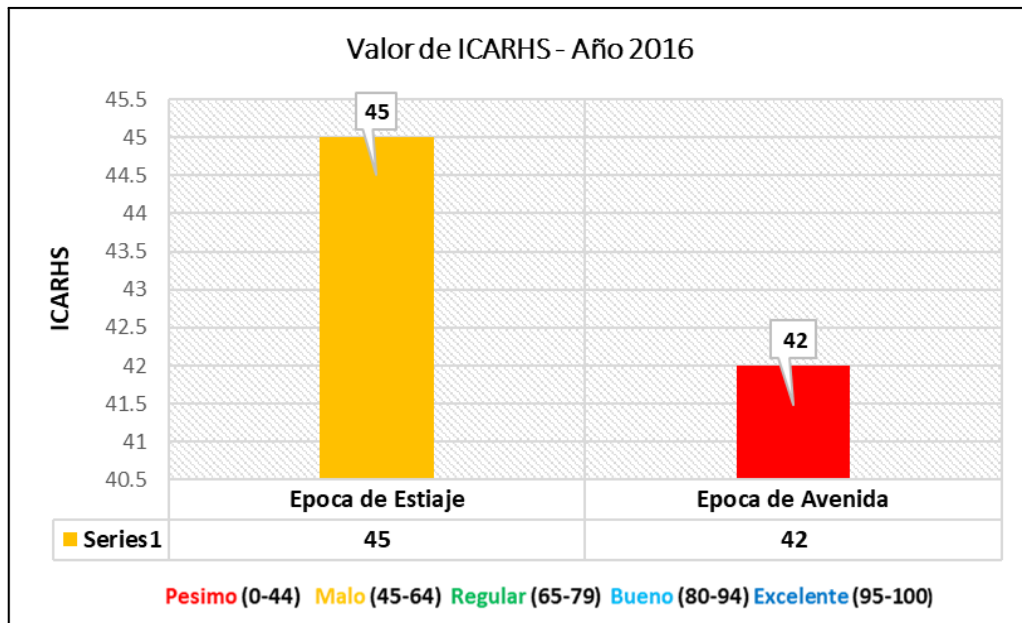


PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA													
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total	
Físico Químicos	pH	8.5-9	9.45	9.26	8.48	8.4	9.16	9.48	9.43	9.77	8.48	7.37	9.78	7	
	Conductividad	1000	1569	1763	1845	1456	1572	1732	1643	1573	1762	1782	1563	11	
	Oxígeno Disuelto	>=5	4.50	3.22	6.43	7.21	7.33	7.65	2.11	5.34	7.45	8.1	5.6	3	
	Demanda Biológica de oxígeno	5	4.00	2.50	3.5	4.0	3.0	4.00	6	7	4.5	8	3.3	3	
	Sólidos suspendidos Totales	<25	11.00	13.00	16.00	8.00	15.00	22.00	26	24	18	11	27	2	
Inorgánicos	Acéites y grasas	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	
	Arsénico (As)	0.15	0.0145800	0.0193400	0.0132800	0.0121100	0.0121000	0.0121000	0.0112100	0.0113300	0.0114100	0.0125100	0.0132000	0	
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0	
	Níquel (Ni)	0.052	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0	
	Cobalt (Cu)	0.1	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0	
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0	
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0004000	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0004000	0.0001900	0.0004000	0.0004000	0.0001900	0.0001900	0.0004000	0	
	Zinc (Zn)	0.12	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0145000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0	
	Microbiológicos	Coliformes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	14	12	34	1.79	3	0
		Termotolerantes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	14	12	34	1.79	3	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen													4	
	Número Total de parámetros a Evaluar													14	
	Número de datos que NO cumplen el ECA													44	
	Número Total de Datos													143	
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F1													28.57	
	F2													30.77	
	pH	Unidad de pH	0.050	0.029			0.018	0.053	0.048	0.088				0.087	
	Conductividad	µS/cm	0.589	0.783	0.845	0.456	0.572	0.732	0.843	0.573	0.762	0.782	0.583		
	Oxígeno Disuelto	mg/L	0.11	0.55					1.37						
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L							0.20	0.40		0.80			
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L							0.04				0.08		
	Acéites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L													
	Níquel (Ni)	mg/L													
	Cobalt (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
	Plomo (Pb)	mg/L													
Zinc (Zn)	mg/L														
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL														
Sumatoria de los excedentes							10.90								
F3							91.60								
ICARHS							42	PES.MO							

**Figura 22:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2016.

De acuerdo a la figura 22, se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de avenidas. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros del monitoreo realizado en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2016, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (5), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (44), Número Total de Datos (143), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos Totales) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA

Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto) y (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes (10.90) sobre el total de datos(143)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (28.57), F2 (30.77) y F3 (91.60) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a  $100 - \frac{(F1)^2 + (F2)^2 + (F3)^2}{1.732}$ ) y la valorización del ICARHS (42) se representa en la figura 12.



**Figura 23:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2016.

Se puede observar en la figura 23, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 45 y 42 está en la escala Pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.

Sin embargo al comparar los resultados de la presente investigación, existe una disparidad con los resultados obtenidos por Fuentes (2021), tuvo como resultado en el cálculo ICARHS para los 7 puntos de muestreo de la subcuenca del río Cotahuasi ubicados en los principales cursos de agua; Quebrada Redonda (QRedo1, QRedo2), Rio Aguas Calientes (RACal1), Rio Cushpa (RCush1), Rio Cotahuasi (RCota1, RCota3) y la Quebrada Chacaylla (QChac1). En los resultados se observa que: los puntos ubicados en la Quebrada Redonda (QRedo1 y QRedo2) con un valor de 99 y 100 respectivamente fueron calificados como EXCELENTE y en nuestro estudio se tuvo en el cálculo de (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 45 y 42 está en la escala de Malo (45-64) y Pésimo (0-44), se observa que los resultados de ambos estudios son diferentes.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE											Total		
Parámetros a Evaluar	ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11			
Físico Químicos	pH	8.5-9	8.12	8.62	9.24	8.85	6.81	9.16	7.56	8.13	9.89	8.93	8.24	3	
	Conductividad	1000	1374.00	1592.00	1450.00	1468.00	1810.00	1570.00	1645.00	1233.00	1568.00	1466.00	1326.00	11	
	Oxígeno Disuelto	>=5	7.90	7.90	6.60	6.56	6.20	7.12	7.45	4.32	4.78	8.40	6.45	2	
	Demanda Biológica de oxígeno	5	8	3.6	4		5	3.3	3.8	4.5	3.9	7	4.5	3.7	2
	Sólidos suspendidos Totales	<25	15.00	13.00	11.00	12.00	15.00	14.00	12	16.00	19.00	23.00	17.00	0	
	Aceites y grasas	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.13	0.15	0.19	0	
	Arsénico (As)	0.15	0.011532	0.012372	0.01442	0.01242	0.01161	0.01292	0.01352	0.01277	0.01332	0.01262	0.01165	0	
Cadmio (Cd)	0.00025	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0	
Níquel (Ni)	0.052	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0	
Cobre (Cu)	0.1	0.00031	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00021	0.00029	0.00032	0.00029	0.00025	0		
Mercurio (Hg)	0.0001	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000025	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0	
Piomo (Pb)	0.0025	0.00019	0.00019	0.0006	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00016	0.00011	0.00019	0.00019	0.00019	0	
Zinc (Zn)	0.12						0.0114	0.0133	0.0142	0.0142	0.0147	0.0134	0		
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	5	1.79	8	5	0		
	Termitolerantes														
Datos	Número de parámetros que NO cumplen												3		
	Número Total de parámetros a Evalua												14		
	Número de datos que NO cumplen el ECA												12		
	Número Total de Datos												154		
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F1												21.43		
	F2												7.79		
	pH	Unidad de			0.027				0.018		0.099				
	Conductividad	µS/cm	0.374	0.592	0.450	0.468	0.810	0.570	0.645	0.233	0.568	0.466	0.326		
	Oxígeno Disuelto	mg/L								0.16	0.05				
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L	0.60								0.40				
	Sólidos suspendidos	mg/L													
	Aceites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L													
	Níquel (Ni)	mg/L													
	Cobre (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
	Piomo (Pb)	mg/L													
Zinc (Zn)	mg/L														
Coliformes Termotoler	NMP/100mL														
Sumatoria de los excedentes								6.3							
F3								86.2							
ICA RHS								49					MALO		

**Figura 24:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2017.

De acuerdo a la figura 24 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los

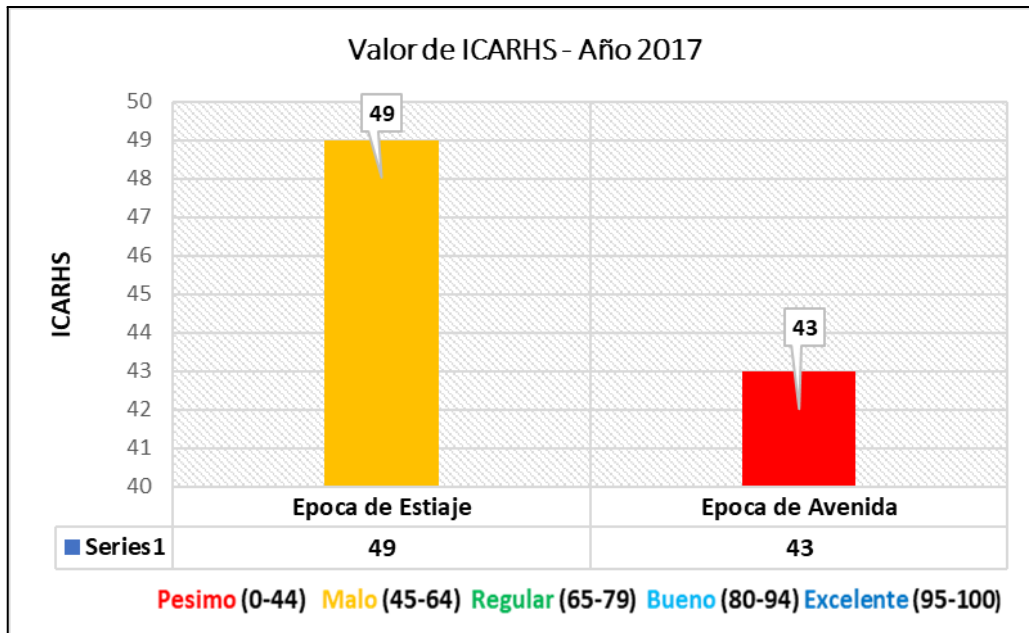
14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2017, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (3), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (12), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad,  $DBO_5$ ) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto) y (suma normalizada de excedentes es igual a la sumatoria de excedentes (6.3) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (21.43), F2 (7.79) y F3 (86.2) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (49) se representa en la figura 24.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA A VENIDA													
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total	
Físico Químicos	pH	6.5-9	10.00	10.00	10.00	10.20	10.10	10.00	10.00	8.7	9.9	9.5	9.8	10	
	Conductividad	1000	1839.00	1812.00	1839.00	1840.00	1830.00	1802.00	1789.00	1725.00	1789.00	1786.00	1719.00	11	
	Oxígeno Disuelto	>=5	9.00	8.30	9.30	9.90	9.20	9.20	9.20	9.80	9.50	8.20	7.00	0	
	Demanda Biológica de oxígeno	5	6	6	6	6	6	6	6	7	4	5	5	3	7
	Sólidos suspendidos Totales	<25	24	23	17	22	23	29	27	12	16	11	6	2	
	Aceites y grasas	5	0.9	0.9	0.9	6.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0	
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.01435	0.01509	0.01462	0.01415	0.01467	0.01422	0.1433	0.1409	0.01459	0.01482	0.01473	0	
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0	
	Níquel (Ni)	0.052	0.0005	0.0008	0.0012	0.0005	0.0008	0.0024	0.0005	0.0014	0.0006	0.0007	0.0006	0	
	Cobre (Cu)	0.1	0.00143	0.00184	0.00111	0.00076	0.00096	0.0000029	0.0000029	0.0000029	0.0000029	0.0000029	0.0000029	0	
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0	
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0019	0.0007	0.0019	0.0019	0.0003	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0	
	Zinc (Zn)	0.12	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0	
	Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	0
Número de parámetros que NO cumplen		4													
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar		14												
	Número de datos que NO cumplen el ECA		30												
	Número Total de Datos		154												
	F1		28.57												
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F2		19.48												
	pH	Unidad de pH	0.111	0.111	0.111	0.133	0.122	0.111	0.111			0.100	0.056	0.089	
	Conductividad	µS/cm	0.839	0.812	0.839	0.840	0.830	0.802	0.789	0.725	0.789	0.788	0.719		
	Oxígeno Disuelto	mg/L													
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.40						
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L							0.16	0.08					
	Aceites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L													
	Níquel (Ni)	mg/L													
	Cobre (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
	Plomo (Pb)	mg/L													
	Zinc (Zn)	mg/L													
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes		11.59													
F3		92.05													
ICA RHS		43													
		<b>PESMO</b>													

**Figura 25:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2017.

De acuerdo a la figura 25, se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de avenidas. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2017, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (4), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (30), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos Totales), luego se realiza la sumatoria de excedentes (11.59) sobre el total de datos (154), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (28.57), F2 (19.48) y F3 (92.05) se procede a calcular

el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (43) se representa en la figura 25.



**Figura 26:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2017.

Se puede observar en la figura 26, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 49 y 43 está en la escala Pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.

Según Carhuasuica y Gonzales (2022), en sus resultados tuvo en época de estiaje y en época de avenidas, dando como resultado en el primer monitoreo una valorización de REGULAR con un valor de 66.057 y en el segundo monitoreo una valorización de MALA con un valor de 60.631, en nuestro estudio en cálculo de ICARHS para la época de

estiaje se tiene una calificación malo,y época de avenida una calificación pésimo, los resultados en ambos estudios son diferentes

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE											Total	
Parámetros	Cat4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11		
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.43	8.62	10.20	8.85	7.81	10.26	7.34	6.8	8.3	7.6	8.2	3
	Conductividad	1000	1676.00	1693.00	1690.00	1667.00	1740.00	1670.00	1564.00	1342.00	1472.00	1349.00	1267.00	6
	Oxígeno Disuelto	>=5	6.90	6.90	5.60	6.71	5.00	6.16	7.34	6.22	6.48	6.82	5.90	0
	Demanda Biológica de oxígeno	5	5	5	5	5	6	4	3	3	4.2	3.8	4.3	3
	Sólidos suspendidos Totales	<25	14.00	15.00	14.00	16.00	14.00	12.00	12.00	13.00	14.00	12.00	14.00	0
	Aceites y grasas	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.01292	0.01352	0.01277	0.01332	0.01262	0.01165	0.01132	0.011451	0.01126	0.01355	0.01135	0
	Cadmio (Cd)	0.0025	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0
	Níquel (Ni)	0.062	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0
	Mercurio (Hg)	0.001	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00025	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.0138	0.0135	0.0156	0.0225	0.0247	0.0239	0.0131	0.0123	0.0115	0.0107	0.0099	0
	Coliformes Temotolerantes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen											3		
	Número Total de parámetros a Evalua											14		
	Número de datos que NO cumplen el ECA											12		
	Número Total de Datos											154		
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F1											21.43		
	F2											7.79		
	pH	Unidad de												
	Conductividad	µS/cm	0.048		0.133			0.140						
	Oxígeno Disuelto	mg/L	0.676	0.693	0.690	0.667	0.740	0.670	0.564	0.342	0.472	0.349	0.267	
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L		0.20		0.20		0.20						
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
Níquel (Ni)	mg/L													
Cobre (Cu)	mg/L													
Mercurio (Hg)	mg/L													
Plomo (Pb)	mg/L													
Zinc (Zn)	mg/L													
Coliformes Temotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes						6.79								
F3						87.16								
ICARHS						48						MALO		

**Figura 27:** Cálculo y Valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2018.

De acuerdo a la figura 27 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2018, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (3), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (12), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parametros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>), la sumatoria de excedentes (6.79) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (21.43),

F2 (7.79) y F3 (87.16) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (48) se representa en la figura 27.

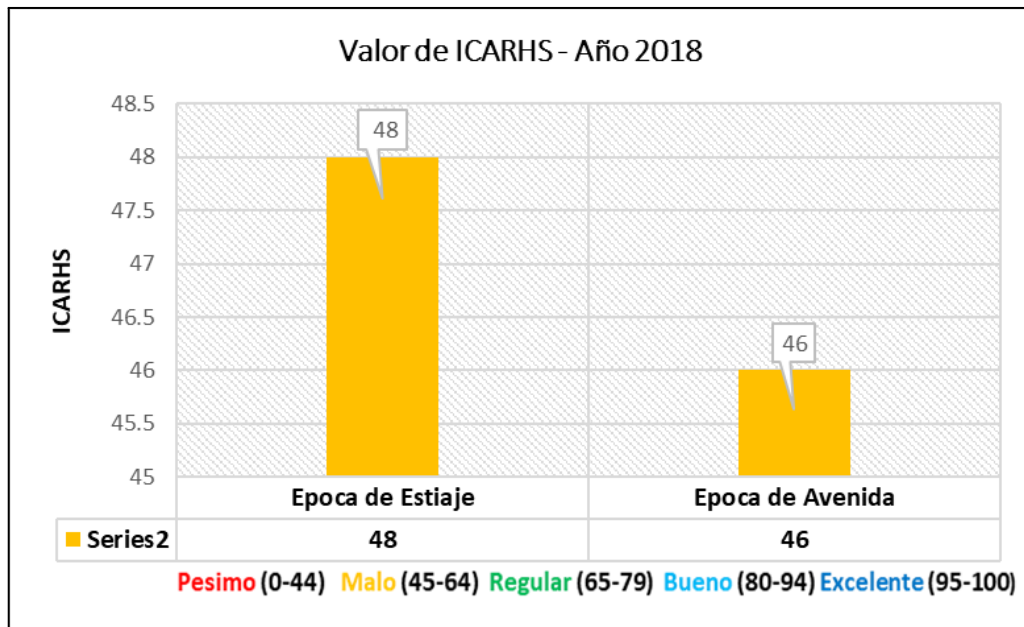
PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA												Total
Parámetros a Evaluar		ECA Cat4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.52	9.34	9.21	9.42	9.56	9.1	6.8	7.4	8.5	7.4	8.3	6
	Conductividad	1000	1492.00	1881.00	1864.00	1692.00	1648.00	1640.00	1543.00	1644.00	1274.00	1367.00	1245.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	3.20	4.30	7.15	3.29	7.95	3.54	8.23	4.45	7.63	8.11	7.37	5
	Demanda Biológica de oxígeno	5	3.00	3.00	1.9	1.9	1.9	4.00	1.8	1.6	1.7	1.3	1.2	0
	Sólidos suspendidos Totales	<25	10.00	8.00	16.00	11.00	13.00	22.00	13.00	15.00	13.00	12.00	14.00	0
Inorgánicos	Acetes y grasas	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0
	Arsénico (As)	0.15	0.0152700	0.0162600	0.0143700	0.0146900	0.0148000	0.0148000	0.0146067	0.0145617	0.0145167	0.0144717	0.0144267	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0
	Níquel (Ni)	0.052	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0.0004000	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0145000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen		3											
	Número Total de parámetros a Evaluar		14											
	Número de datos que NO cumplen el ECA		22											
	Número Total de Datos		154											
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F1		21.43											
	F2		14.29											
		Unidad de												
	pH	pH	0.038	0.038	0.023	0.047	0.062	0.011						
	Conductividad	µS/cm	0.492	0.881	0.884	0.892	0.843	0.840	0.543	0.644	0.274	0.367	0.245	
	Oxígeno Disuelto	mg/L	0.563	0.163		0.520		0.412		0.124				
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L												
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L												
	Acetes y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L												
Zinc (Zn)	mg/L													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes		8.46												
F3		89.43												
ICARHS		46												
		MALO												

**Figura 28:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2018.

De acuerdo a la figura 28 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2018, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (3), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (22), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad) y luego la sumatoria de excedentes (8.46) sobre el



total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (21.43), F2 (14.29) y F3 (89.43) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (46) se representa en la figura 28.



**Figura 29:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2018.

Se puede observar en la figura 29, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 48 y 46 está en la escala malo (45-64), la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazada o dañadas muchos de los usos necesitan tratamiento.

Sin embargo al comparar los resultados de la presente investigación, existe una disparidad con los resultados obtenidos por Sucapuca (2022), teniendo como resultado se evaluaron los valores del ICA-PE siguiendo la metodología establecida, para lo cual en

época de estiaje para el P1 y P2 se obtuvo una calificación “EXCELENTE”, con un valor de 95.37 y 94.88, sin embargo, en el P3 se calificó al agua como “MALO” con un valor de 42.28, en los puntos P4 y P5 se tuvo una calificación “REGULAR” con un valor de 58.64 y 58.45 respectivamente, en comparación con nuestro resultados tanto en época de estiaje y avenida tiene una calificación de ICARHS Malo, indicando que se tiene más contaminación en la bahía interior del lago Titicaca del año 2018.

PUNTOS DE MUESTREO		ÉPOCA DE ESTIAJE											Total		
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10		BILT11	
Físico	pH	6.5-9	9.08	9.06	8.86	8.99	8.95	9.54	9.34	9.52	9.44	9.56	9.83	8	
	Conductividad	1000	1905.00	1911.00	1933.00	1906.00	1917.00	1863.00	1809.00	1755.00	1701.00	1647.00	1593.00	11	
	Oxígeno Disuelto	>=5	8.06	7.64	6.43	5.79	7.98	12.16	3.22	1.68	3.25	4.22	3.87	5	
	Demanda Biológica de oxígeno	5	5.00	4.00	8	6.00	6.00	9.00	7.56	9.00	8.40	8.23	7.21	9	
	Sólidos suspendidos Totales	<25	8.00	10.00	25.00	18.00	7.00	15.00	27.00	24.00	17.00	38.00	15.00	1	
Químicos	Aceites y grasas	5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0	
	Arsénico (As)	0.15	0.01640	0.01650	0.01500	0.01500	0.01530	0.01550	0.01570	0.01590	0.01610	0.01620	0.01650	0	
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0	
	Níquel (Ni)	0.052	0.00019	0.00019	0.00100	0.00019	0.00019	0.00019	0.00022	0.000458	0.00007	0.00084	0.00117	0	
	Cobre (Cu)	0.1	0.00220	0.00070	0.00029	0.00029	0.00029	0.00040	0.00051	0.00062	0.00073	0.00084	0.00095	0	
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0	
	Plomo (Pb)	0.0025	0.00070	0.00080	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00070	0.00080	0.00090	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.01100	0.00290	0.00790	0.01200	0.01100	0.00790	0.00480	0.00170	0.00140	0.00450	0.00760	0	
	Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	110	130	1.79	1.79	1.79	1.79	125	12	34	1.79	1.79	0
		Número de parámetros que NO cumplen		5											
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar		14												
	Número de datos que NO cumplen el ECA		34												
	Número Total de Datos		154												
	F1		35.71												
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F2		22.08												
	pH	Unidad de pH	0.0088889	0.007				0.060	0.038	0.058	0.049	0.062	0.092		
	Conductividad	µS/cm	0.905	0.911	0.933	0.906	0.917	0.863	0.809	0.755	0.701	0.647	0.593		
	Oxígeno Disuelto	mg/L							0.55	1.98	0.54	0.18	0.29		
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L			0.6	0.2	0.2	0.8	0.512	0.8	0.88	0.646	0.442		
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L							0.08						
	Aceites y grasas	mg/L													
	Arsénico (As)	mg/L													
	Cadmio (Cd)	mg/L													
	Níquel (Ni)	mg/L													
	Cobre (Cu)	mg/L													
	Mercurio (Hg)	mg/L													
	Plomo (Pb)	mg/L													
	Zinc (Zn)	mg/L													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL														
Sumatoria de los excedentes		11.52													
F3		92.02													
ICARHS		42													
		PESIMO													

**Figura 30:** Cálculo y Valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía Interior del lago Titicaca del 2019.

De acuerdo a la figura 30 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2019, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (5), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (34), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la

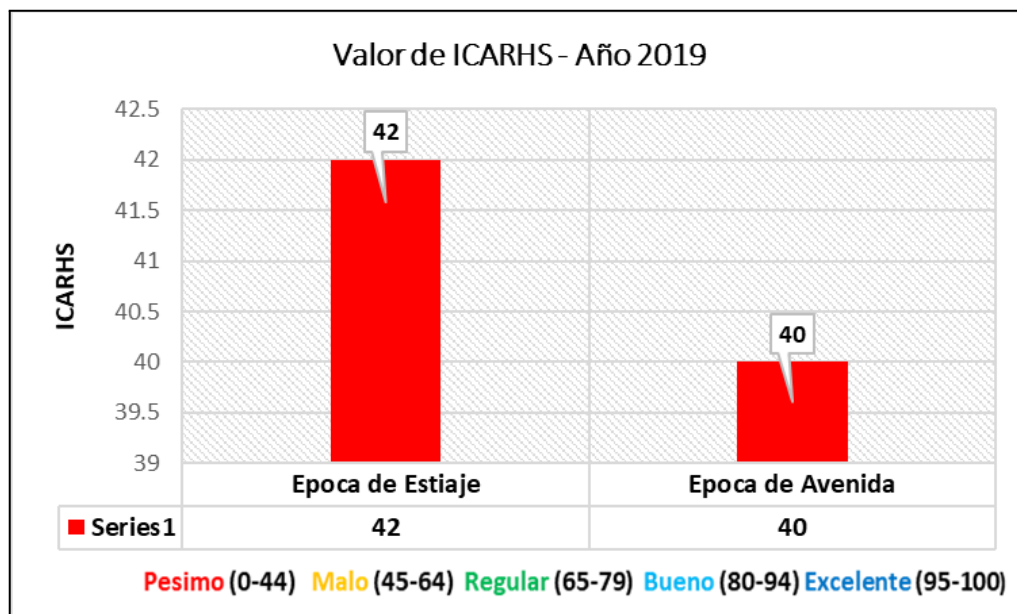
siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parametros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos Totales) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto, la sumatoria de excedentes (11.52) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (35.71), F2 (22.08) y F3 (92.02) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de (F1)<sup>2</sup>, (F2)<sup>2</sup> y (F3)<sup>2</sup> sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (42) se representa en la figura 30.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA A AVENIDA												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.52	9.34	9.21	9.42	9.56	9.1	6.8	7.4	8.5	7.4	8.3	6
	Conductividad	1000	1492.00	1881.00	1864.00	1892.00	1643.00	1840.00	1543.00	1644.00	1274.00	1367.00	1245.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	3.20	4.30	7.15	3.29	7.95	3.54	8.23	4.45	7.68	8.11	7.37	5
	Demanda Biologica de oxigeno	5	3.00	3.00	1.9	1.9	1.9	4.00	1.8	1.6	1.7	1.3	1.2	0
	Solidos suspendidos Totales	<25	10.00	8.00	16.00	11.00	13.00	22.00	13.00	15.00	13.00	12.00	14.00	0
	Aceites y grasas	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.0152700	0.0162600	0.0143700	0.0146900	0.0148000	0.0146000	0.0146067	0.0145617	0.0145167	0.0144717	0.0144267	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0.0000090	0
	Niquel (Ni)	0.052	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0.0000290	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0004000	0.0001900	0.0001900	0.0001900	0.0004000	0.0001900	0.0002000	0.0001900	0.0004000	0.0001900	0.0001900	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0145000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0.0090000	0
	Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
Datos	Número de parametros que NO cumplen													3
	Número Total de parámetros a Evalua													14
	Número de datos que NO cumplen el ECA													22
	Número Total de Datos													154
CÁLCULO DE FACTORES DE F1,F2,F3	F1													21.43
	F2													14.29
	pH	Unidad de												
	Conductividad	µS/cm	0.058	0.038	0.023	0.047	0.062	0.011		0.543	0.644	0.274	0.367	0.245
	Oxígeno Disuelto	mg/L	0.563	0.163		0.520		0.412			0.124			
	Demanda Biologica de oxigeno	mg/L												
	Solidos suspendidos Totales	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													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes													17.38	
F3													94.56	
ICARHS													40	
													PESMO	

**Figura 31:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2019.

De acuerdo a la figura 31 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de avenida. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de Monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2019, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos

establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (3), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (22), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parametros son (pH, Conductividad) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto, la sumatoria de excedentes (17.38) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (21.43), F2 (14.29) y F3 (94.56) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (40) se representa en la figura 31.



**Figura 32:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2019.

Se puede observar en la figura 32, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta

como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 42 y 40 está en la escala pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento. Según Salas y Segura (2022), tuvo en sus resultados la calificación porcentual del ICARHS que tiene mayor presencia en la calidad de agua de la U.H. Bajo Marañón son las de “malo” y “regular” con un valor de 42,86% para cada uno. En nuestro estudio el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 42 y 40 está en la escala pésimo (0-44), esto nos indica que está dañada todos los usos necesitan tratamiento.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA DE ESTIAJE												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	8.96	8.02	9.18	9.24	9.20	8.26	9.32	7.38	9.44	8.5	8.56	5
	Conductividad	1000	1570.00	1470.00	1570.00	1470.00	1370.00	1570.00	1770.00	1370.00	1170.00	1370.00	1570.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	3.43	5.64	8.44	3.24	4.04	3.84	2.64	2.44	5.24	8.04	3.84	7
	Demanda Biológica de oxígeno	5	3.80	3.00	4.20	4.40	4.60	3.80	6.00	7.20	5.40	6.60	3.80	3
	Sólidos suspendidos Totales	<25	21.00	19.00	17.00	15.00	13.00	11.00	9.00	7.00	5.00	3.00	1.00	0
	Aceites y grasas	5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.3	1.9	0.9	0.9	1.1	0.9	0.4	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.01347	0.01324	0.01301	0.01278	0.01255	0.01232	0.01209	0.01186	0.01163	0.0114	0.0112	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.00002	0.00003	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00004	0.00001	0.00003	0.00001	0.00001	0
	Níquel (Ni)	0.052	0.00040	0.0003	0.00019	0.00013	0.00019	0.00019	0.00012	0.00019	0.00011	0.00019	0.00019	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.00082	0.00003	0.00160	0.00003	0.00066	0.00129	0.00192	0.00255	0.00318	0.00381	0.00444	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.00003	0.00003	0.00004	0.00003	0.00002	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.00080	0.00030	0.00020	0.00070	0.00120	0.00170	0.00220	0.00170	0.00120	0.00070	0.00120	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.01180	0.00910	0.00520	0.00140	0.00240	0.00620	0.01000	0.00180	0.00160	0.00140	0.01520	0
	Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	25	14	43	40	37	34	31	28	25	22	19
Datos	Número de parámetros que NO cumplen		4											
	Número Total de parámetros a Evaluar		14											
	Número de datos que NO cumplen el ECA		26											
	Número Total de Datos		154											
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1		28.57											
	F2		16.88											
	pH	Unidad de pH		0.020	0.027	0.022			0.036		0.049			
	Conductividad	µS/cm	0.57	0.47	0.57	0.47	0.37	0.57	0.77	0.37	0.17	0.37	0.57	
	Oxígeno Disuelto	mg/L	0.46			0.54	0.24	0.30	0.89	1.05			0.30	
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L							0.2	0.44		0.32		
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L												
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L												
Zinc (Zn)	mg/L													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes		9.85												
F3		90.78												
ICARHS		44												
		PESIMO												

**Figura 33:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2020.

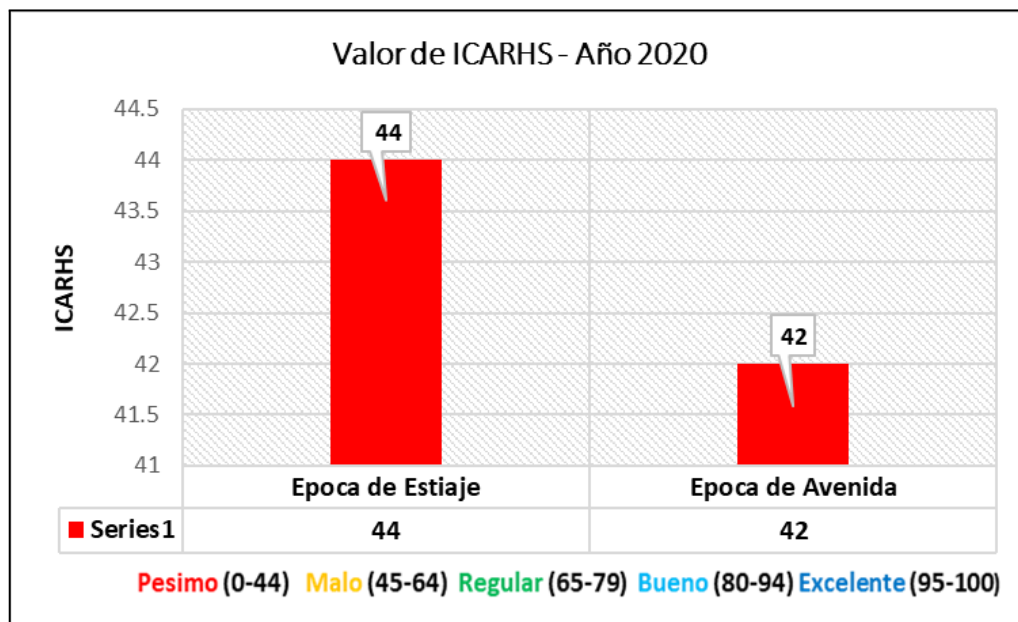
De acuerdo a la figura 33 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de Monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2020, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (4), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (26), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto, la sumatoria de excedentes (9,85) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (28.57), F2 (16.88) y F3 (90.78) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valoración del ICARHS (44) se representa en la figura 33.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA												Total
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	
Físico Químicos	pH	6.5-9	9.28	9.33	9.14	9.12	9.52	8.98	8.96	9.94	9.92	9.9	9.88	9
	Conductividad	1000	1405.00	1311.00	1517.00	1423.00	1329.00	1735.00	1641.00	1347.00	1453.00	1159.00	1465.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	7.06	6.64	8.22	6.90	7.38	3.96	4.54	3.12	2.70	4.28	3.86	6
	Demanda Biológica de oxígeno	5	6.00	8.00	9	3.00	8.65	8.12	4.34	4.72	3.8	3.60	4.2	5
	Sólidos suspendidos Totales	<25	8.00	10.00	5.00	14.00	27.00	29.00	25.30	26.00	15.00	13.00	15.00	4
Inorgánicos	Aceites y grasas	5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0
	Arsénico (As)	0.15	0.01140	0.01150	0.01660	0.01700	0.01110	0.01290	0.01200	0.01210	0.01120	0.01110	0.01740	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0
	Níquel (Ni)	0.052	0.00012	0.00015	0.00020	0.00019	0.00004	0.00011	0.00002	0.000151	0.00012	0.00011	0.00011	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.00020	0.00032	0.00018	0.00013	0.00014	0.00012	0.00011	0.00012	0.00012	0.00004	0.00005	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.00050	0.00070	0.00010	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00011	0.00020	0.00030	0.00040	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.01100	0.00290	0.00790	0.01200	0.01100	0.00790	0.00480	0.00170	0.00140	0.00450	0.00760	0
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	10	18.21	16.42	14.63	12.84	1.05	9.21	7.42	15.6	3.89	0
	Número de parámetros que NO cumplen		5											
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar		14											
	Número de datos que NO cumplen el ECA		35											
	Número Total de Datos		154											
	F1		35.71											
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F2		22.73											
	pH	Unidad de pH	0.031	0.037	0.016	0.013	0.058			0.104	0.102	0.100	0.098	
	Conductividad	µS/cm	0.405	0.311	0.517	0.423	0.329	0.735	0.641	0.347	0.453	0.159	0.465	
	Oxígeno Disuelto	mg/L						0.263	0.101	0.603	0.852	0.168	0.295	
	Demanda Biológica de oxígeno	mg/L	0.2	0.6	0.8		0.73	0.624						
	Sólidos suspendidos Totales	mg/L					0.08	0.16	0.012	0.04				
	Aceites y grasas	mg/L												
	Arsénico (As)	mg/L												
	Cadmio (Cd)	mg/L												
	Níquel (Ni)	mg/L												
	Cobre (Cu)	mg/L												
	Mercurio (Hg)	mg/L												
	Plomo (Pb)	mg/L												
	Zinc (Zn)	mg/L												
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes		10.83												
F3		91.55												
ICARHS		42												
		PESIMO												

**Figura 34:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2020.

De acuerdo a la figura 34, se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de avenida. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros, obtenidos en los informes de monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2020, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (5), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (35), Número Total de datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos Totales) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno)

este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto, la sumatoria de excedentes (10.83) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (35.71), F2 (22.73) y F3 (91.55) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (42) se representa en la figura 34.



**Figura 35:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2020.

Se puede observar en la figura 35, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 44 y 42 está en la escala pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.



PUNTOS DE MUESTREO		ÉPOCA DE ESTIAJE												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	7.96	8.02	8.08	9.24	8.21	9.21	9.37	9.68	8.44	8.5	8.56	4
	Conductividad	1000	1430.00	1232.73	1210.00	1400.00	1390.00	1480.00	1730.00	1260.00	1450.00	1450.00	1330.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	3.24	2.63	6.45	3.91	5.43	5.44	3.25	2.41	6.52	7.39	8.72	5
	Demanda Biológica de oxígeno	5	3.40	4.10	3.56	3.60	7.00	7.80	4.20	8.10	4.00	3.00	4	3
	Sólidos suspendidos Totales	<25	17.00	12.00	7.00	12.00	13.00	18.00	13.00	15.30	23.00	18.00	13.00	0
	Aceites y grasas	5	0.7	0.9	4	0.167	0.812	0.467	0.117	1.767	3.417	0.067	0.717	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.0113	0.0132	0.0152	0.0172	0.0192	0.0211	0.0231	0.0251	0.0270	0.0290	0.0309	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.00002	0.00005	0.00008	0.00011	0.00014	0.00017	0.0001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0
	Níquel (Ni)	0.052	0.00040	0.00019	0.00019	0.00019	0.00040	0.00019	0.00019	0.00040	0.00012	0.00019	0.00019	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.00012	0.00002	0.00010	0.00003	0.00016	0.00119	0.00112	0.00255	0.00318	0.00381	0.00444	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00001	0.00001	0.00003	0.00003	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.00010	0.00030	0.00030	0.00030	0.00360	0.00040	0.00020	0.00060	0.00010	0.00040	0.00060	1
	Zinc (Zn)	0.12	0.01130	0.00200	0.00100	0.00900	0.01180	0.01060	0.00110	0.00180	0.01300	0.01140	0.00510	0
	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	1.79	2.8	1.1	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen													5
	Número Total de parámetros a Evaluar													14
	Número de datos que NO cumplen el ECA													24
	Número Total de Datos													154
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1													35.71
	F2													15.58
	pH	Unidad de pH		0.454		0.526	0.408	0.440	0.403	0.494	0.443	0.438	0.514	
	Conductividad	µS/cm	0.312	0.413	0.311	0.417	0.519	0.533	0.421	0.315	0.411	0.309	0.302	
	Oxígeno Disuelto	mq/L	3.425	1.128	0.340	0.214							1.262	
	Demanda Biológica de oxígeno	mq/L							0.4	0.312	0.602	0.276	0.506	0.252
	Sólidos suspendidos Totales	mq/L									0.080			
	Aceites y grasas	mq/L												
	Arsénico (As)	mq/L												
	Cadmio (Cd)	mq/L												
	Níquel (Ni)	mq/L												
	Cobre (Cu)	mq/L												
	Mercurio (Hg)	mq/L												
	Plomo (Pb)	mq/L												
Zinc (Zn)	mq/L													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes													9.45	
F3													90.43	
ICARHS													43	
													PESIMO	

**Figura 36:** Cálculo y valoración del ICARHS en época estiaje de la bahía interior del lago Titicaca del 2021.

De acuerdo a la figura 36 se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de estiaje. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros del monitoreo realizado en los informes de Monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2021, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (5), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (24), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parámetros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Plomo (Pb)) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el

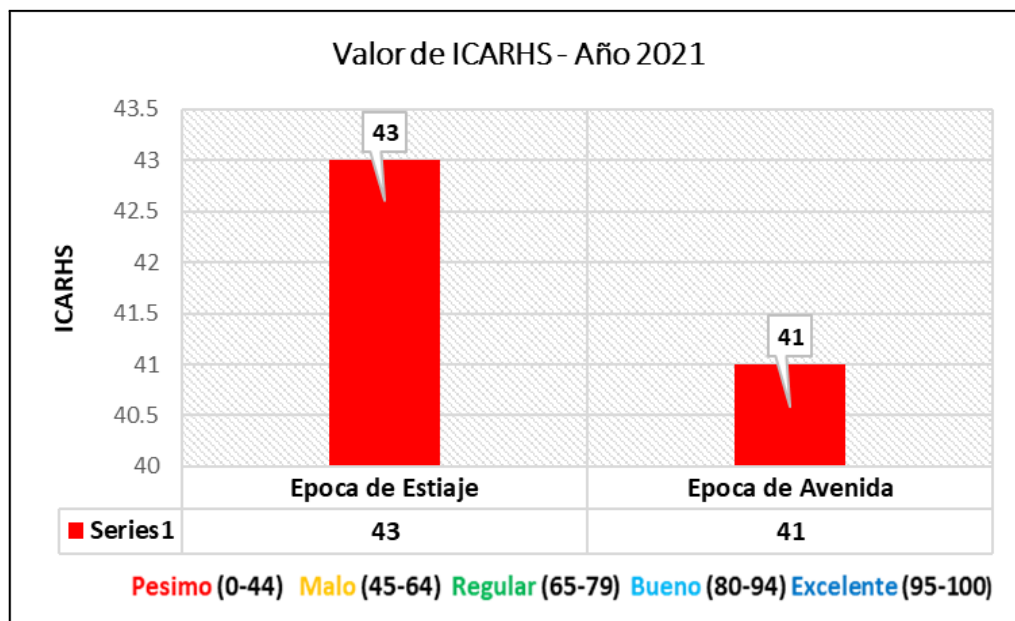
parámetro de Oxígeno Disuelto, la sumatoria de excedentes (9.45) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (35.71), F2 (15.58) y F3 (90.43) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de  $(F1)^2$ ,  $(F2)^2$  y  $(F3)^2$  sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (43) se representa en la figura 36.

PUNTOS DE MUESTREO		EPOCA AVENIDA												
Parámetros a Evaluar		ECA Cat.4	BILT1	BILT2	BILT3	BILT4	BILT5	BILT6	BILT7	BILT8	BILT9	BILT10	BILT11	Total
Físico Químicos	pH	6.5-9	7.03	9.45	7.83	9.92	9.15	9.36	9.12	9.71	9.38	9.35	9.84	9
	Conductividad	1000	1312.00	1413.00	1311.00	1417.00	1519.00	1533.00	1421.00	1315.00	1411.00	1309.00	1302.00	11
	Oxígeno Disuelto	>=5	1.13	2.35	3.73	4.12	5.98	6.16	7.34	9.32	8.01	9.24	2.21	5
	Demanda Biológica de oxígeno	5	3.56	2.11	3.54	3.26	4.29	7.00	6.56	8.01	6.38	7.53	6.26	6
	Sólidos suspendidos Totales	<25	6.45	7.01	13.20	12.40	15.23	15.00	17.00	22.00	27.01	25.30	23.30	1
	Aceites y grasas	5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0
Inorgánicos	Arsénico (As)	0.15	0.01400	0.01120	0.00500	0.00500	0.00330	0.00150	0.00570	0.00510	0.00610	0.00230	0.02350	0
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0
	Níquel (Ni)	0.052	0.00019	0.00019	0.00100	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0
	Cobre (Cu)	0.1	0.00220	0.00070	0.00029	0.00029	0.00019	0.00011	0.00029	0.00005	0.00029	0.00029	0.00029	0
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0
	Plomo (Pb)	0.0025	0.00070	0.00080	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00070	0.00080	0.00090	0
	Zinc (Zn)	0.12	0.01100	0.00290	0.00790	0.01200	0.01100	0.00790	0.00480	0.00170	0.00140	0.00450	0.00760	0
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	1000	1.79	1.67	1.55	1.43	1.11	1.12	1.17	0.95	1.83	0.21	3	0
Datos	Número de parámetros que NO cumplen													5
	Número Total de parámetros a Evaluar													14
	Número de datos que NO cumplen el ECA													32
	Número Total de Datos													154
CÁLCULO DE FACTORES DE F1, F2, F3	F1													35.71
	F2													20.78
	pH	Unidad de pH		0.050		0.102	0.017	0.040	0.013	0.079	0.042	0.039	0.093	
	Conductividad	µS/cm	0.312	0.413	0.311	0.417	0.519	0.533	0.421	0.315	0.411	0.309	0.302	
	Oxígeno Disuelto	mq/L	3.425	1.128	0.340	0.214							1.262	
	Demanda Biológica de oxígeno	mq/L						0.4	0.312	0.502	0.276	0.506	0.252	
	Sólidos suspendidos Totales	mq/L								0.080				
	Aceites y grasas	mq/L												
	Arsénico (As)	mq/L												
	Cadmio (Cd)	mq/L												
	Níquel (Ni)	mq/L												
	Cobre (Cu)	mq/L												
	Mercurio (Hg)	mq/L												
Plomo (Pb)	mq/L													
Zinc (Zn)	mq/L													
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL													
Sumatoria de los excedentes							13.46							
F3													93.08	
ICARHS													41	

**Figura 37:** Cálculo y valoración del ICARHS en época avenida de la bahía interior del lago Titicaca del 2021.

De acuerdo a la figura 37, se observa el procesamiento del cálculo del ICARHS en época de avenida. Primero se obtuvo de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), los datos de los 14 parámetros del monitoreo realizado en los informes de Monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Titicaca 2021, luego se procedió a hacer la comparación con todos los datos establecidos en el ECA-Agua (Categoría 4: Conservación del ambiente acuático), después se procede a calcular el número de parámetros que no cumplen (5), número total de parámetros a evaluar (14), número de datos que NO cumplen el ECA (32), Número Total de Datos (154), para hallar excedente (existen 2 casos el primero es

la siguiente ecuación (excedente es igual al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua sobre el valor dado del parámetro en los ECA Agua, todo esto menos uno) los parametros son (pH, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos Totales) y el segundo es la siguiente ecuación (excedente es igual al valor establecido del parámetro en los ECA Agua entre al valor del parámetro que no cumple los ECA Agua, todo esto menos uno) este caso el parámetro de Oxígeno Disuelto, la sumatoria de excedentes (13.46) sobre el total de datos(154)), después de obtener los datos se procede a calcular los F1 (35.71), F2 (20.78) y F3 (93.08) se procede a calcular el valor del ICARHS (ICARHS es igual a 100 menos la raíz cuadrada de (F1)<sup>2</sup>, (F2)<sup>2</sup> y (F3)<sup>2</sup> sobre 1.732) y la valorización del ICARHS (41) se representa en la figura 37.



**Figura 38:** Índice de la calidad del agua en puntos de control de la bahía interior del lago Titicaca del año 2021.

Se puede observar en la figura 38, muestra a través de barras, el resultado de los Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, este valor califica el estado de la calidad del agua, como Pésimo(0-44), Malo (45-64), Regular (65-79), Bueno (80-94) y Excelente (95-100), el (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, en época de estiaje y avenida son 43 y 41

está en la escala pésimo (0-44), indicando la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada y dañada todos los usos necesitan tratamiento.

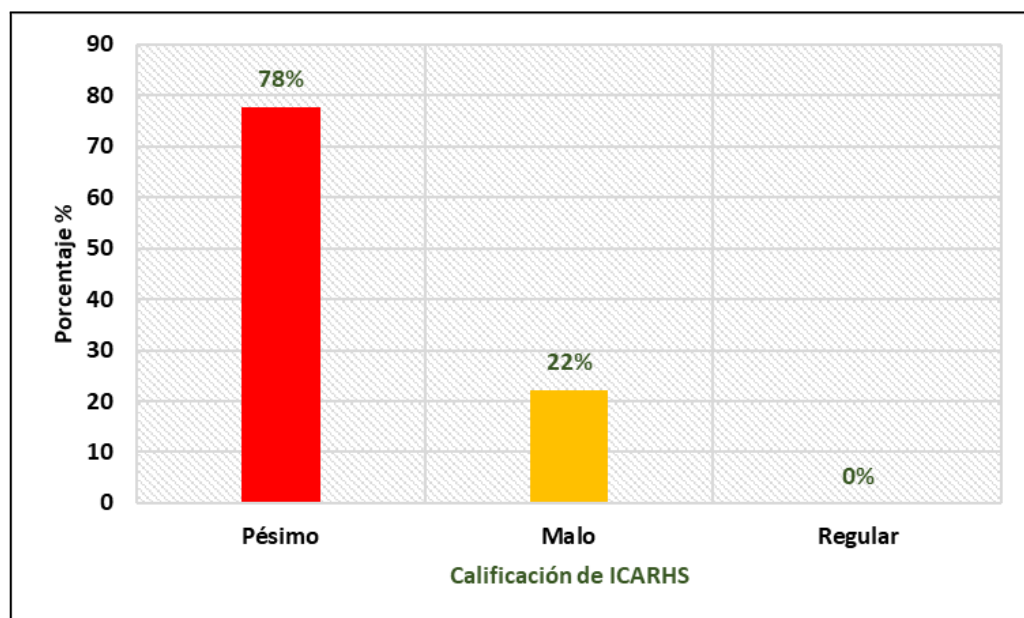
#### 4.2.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

Ho: La calificación (ICARHS) no es pésima de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.

H1: La calificación (ICARHS) es pésima de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.

**Tabla 05:** La calificación (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.

Frecuencia			Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Pésimo (0-44)	7	78	78	78
	Malo (45-64)	2	22	22	100
	Regular (65-79)	0	0	0	
	Total	9	100	100	

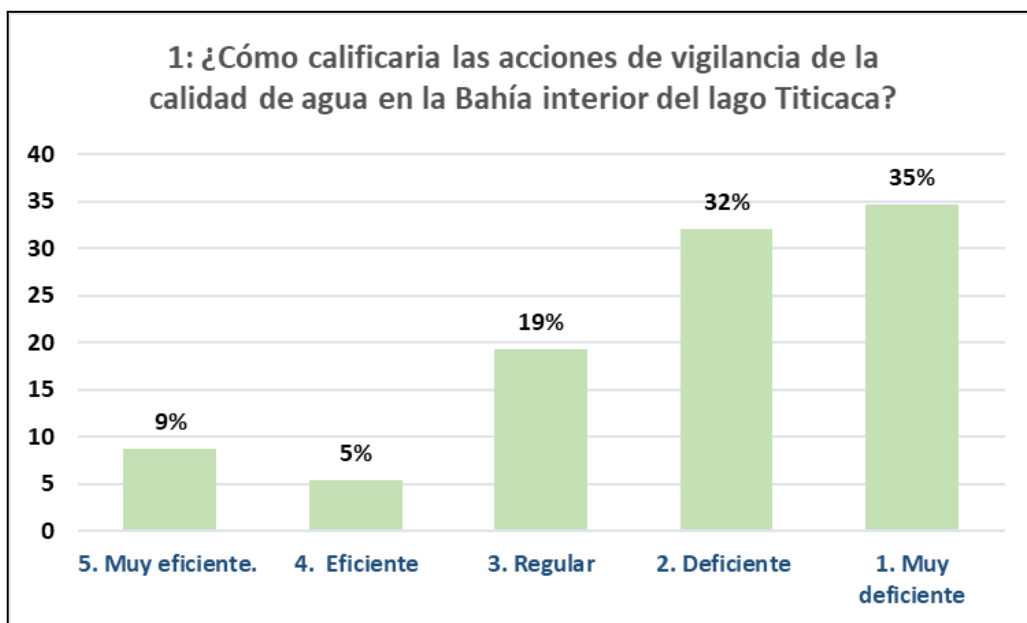


**Figura 39:** La calificación (ICARHS) de la bahía interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.

En la tabla 05 y figura 39, se observa del 100% el 78% presenta una calificación (ICARHS) es pésimo, mientras que el 22% presenta una calificación (ICARHS) de malo , es decir debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, por lo que podemos afirmar que existe una calificación (ICARHS) es pésima de la bahía Interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.

#### 4.3. DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO-2023.

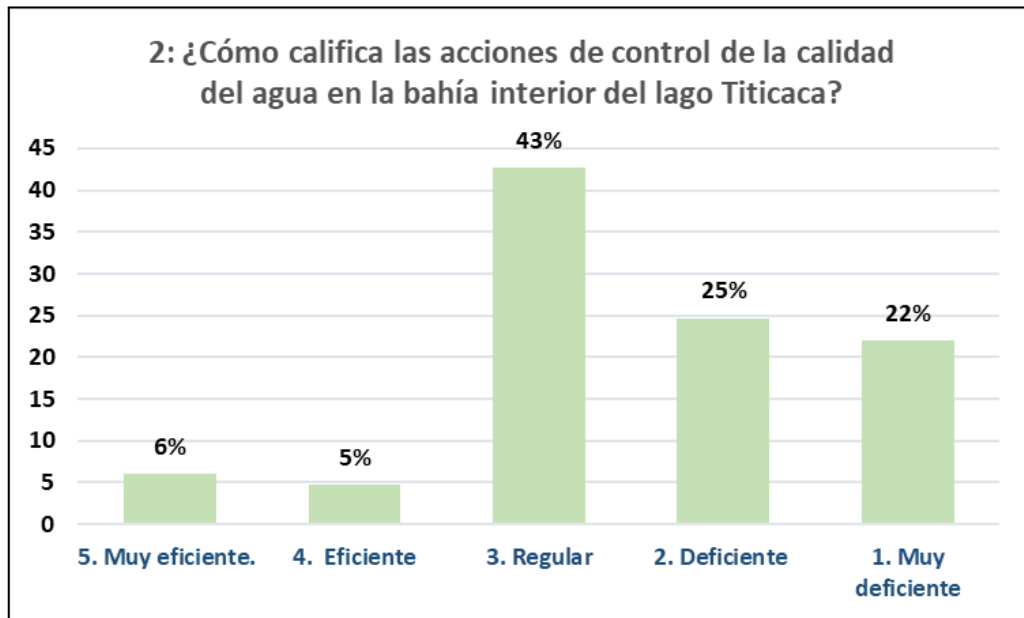
Los resultados analizados de la encuesta desarrollada por los habitantes de la ciudad de Puno se determinaron detalladamente utilizando el software SPSS V. 25 y Microsoft Excel.



**Figura 40:** Cómo calificaría las acciones de vigilancia de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.

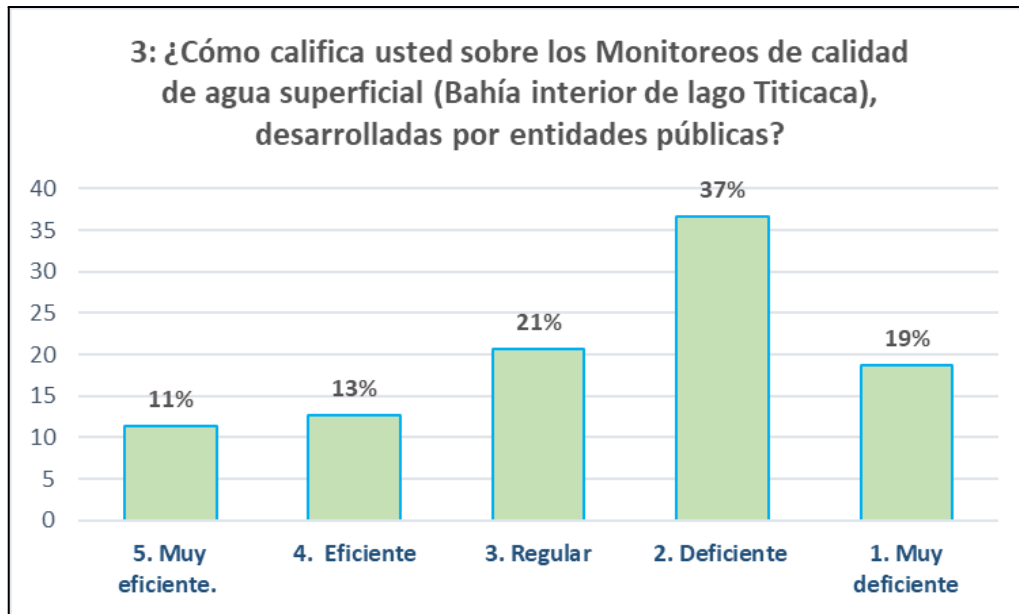
En la figura 40, del 100% el 35% de los encuestados mencionan que es muy deficiente las acciones de vigilancia de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca, mientras que sólo el 32% indica que es deficiente, seguido de 19% mencionan que es regular, el 9% indica que es muy eficiente y un 5% dice que es eficiente, siendo la

mayoría muy deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



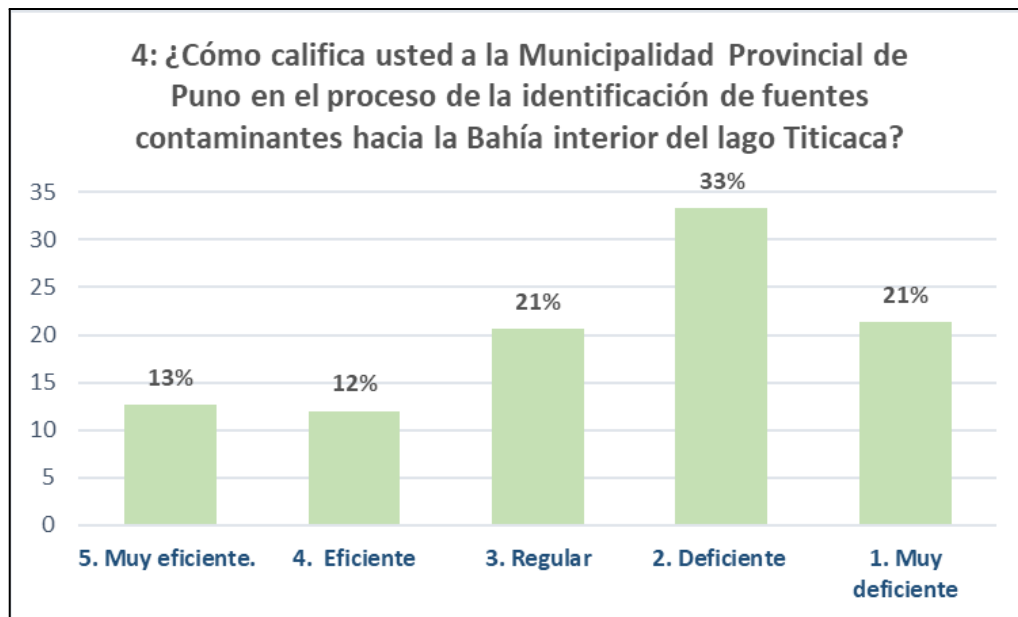
**Figura 41:** Cómo califica las acciones de control de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 41, del 100% del 43 % de los encuestados mencionan que es regular los Monitoreos de calidad de agua superficial (bahía interior de lago Titicaca), desarrolladas por entidades públicas, mientras que el 25% indica que es deficiente, seguido de 22% mencionan que es muy deficiente, el 6% indica que es muy eficiente y un 5% dice que es eficiente, siendo la mayoría regular este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 42:** Cómo califica usted sobre los monitoreos de calidad de agua superficial (bahía interior de lago Titicaca), desarrolladas por entidades públicas.

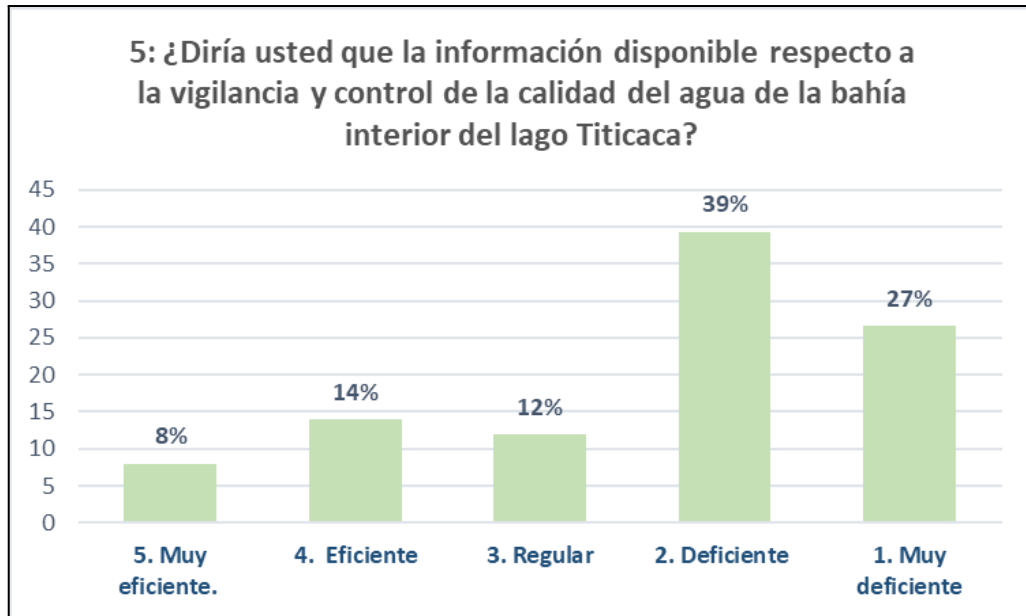
En la figura 42, del 100% el 37% de los encuestados mencionan que es deficiente Municipalidad Provincial de Puno en el proceso de la identificación de fuentes contaminantes hacia la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 21% indica que es regular, seguido de 19% mencionan que es muy deficiente, el 13% indica que es eficiente y un 11% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 43:** Cómo califica usted a la Municipalidad Provincial de Puno en el proceso de la identificación de fuentes contaminantes hacia la bahía interior del lago Titicaca.

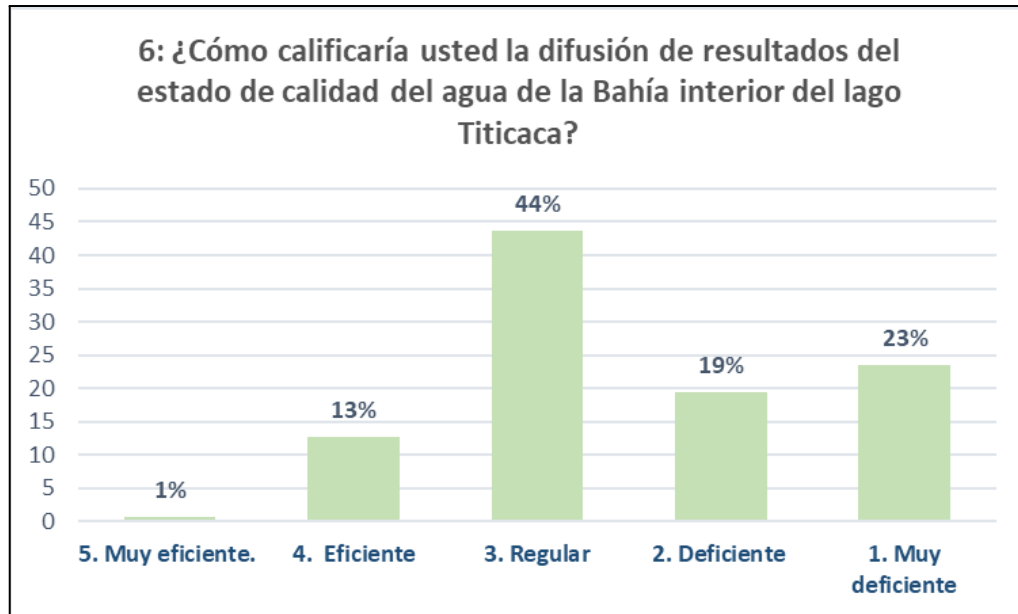
En la figura 43, del 100% el 33% de los encuestados mencionan que es deficiente Municipalidad Provincial de Puno en el proceso de la identificación de fuentes contaminantes hacia la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 21% indica que es regular, seguido 21% mencionan que es muy deficiente, el 13% indica que es muy eficiente y un 12% dice que es eficiente, siendo la mayoría deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.





**Figura 44:** Diría usted que la información disponible respecto a la vigilancia y control de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 44, del 100% el 39% de los encuestados mencionan que es deficiente la información disponible respecto a la vigilancia y control de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 27% indica que es muy deficiente, seguido de 14% mencionan que es eficiente, el 12% indica que es regular y un 8% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



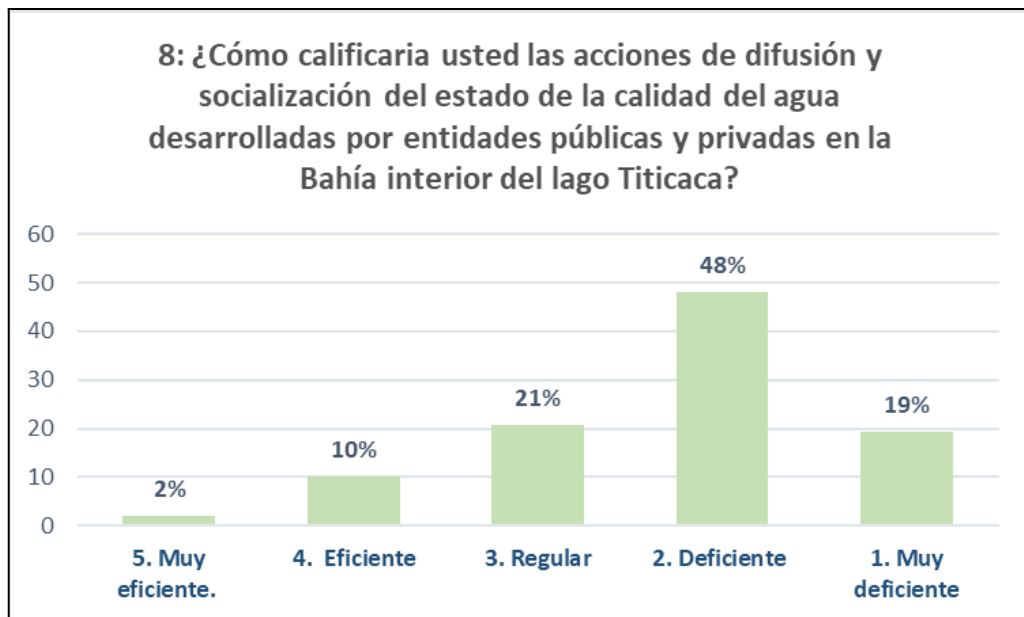
**Figura 45:** Cómo calificaría usted la difusión de resultados del estado de calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 45, del 100% el 44% de los encuestados mencionan que es regular la difusión de resultados del estado de calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 23% indica que es muy deficiente, seguido de 19% mencionan que es deficiente, el 13% indica que es eficiente y un 1% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría regular este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



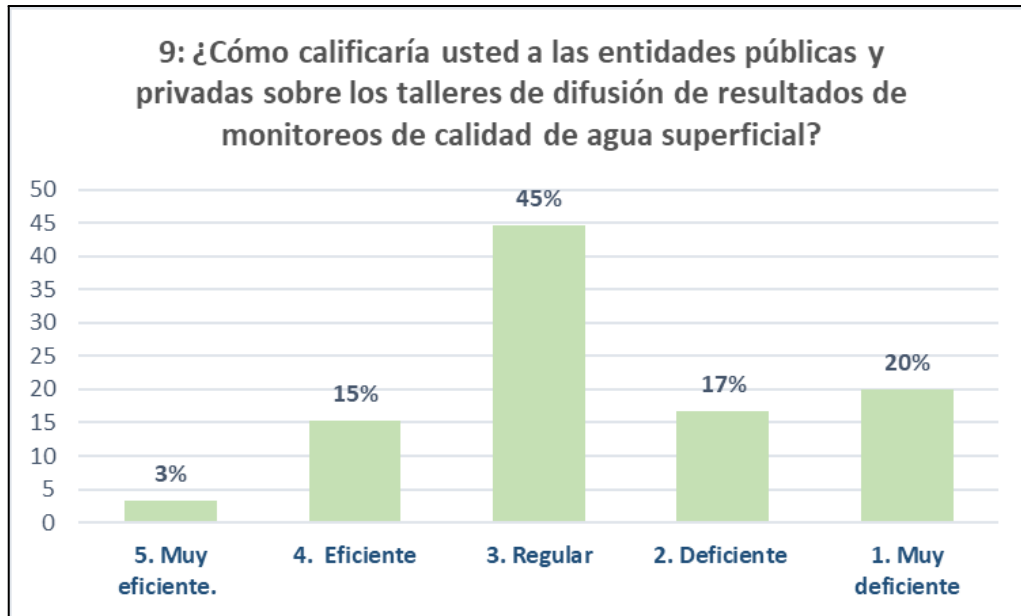
**Figura 46:** Cómo calificaría usted la socialización de resultados del estado de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 46, del 100% el 43% de los encuestados mencionan que es muy deficiente la socialización de resultados del estado de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 24% indica que es regular, seguido de 13% mencionan que es eficiente, el 13% indica que es eficiente y un 3% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría regular este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



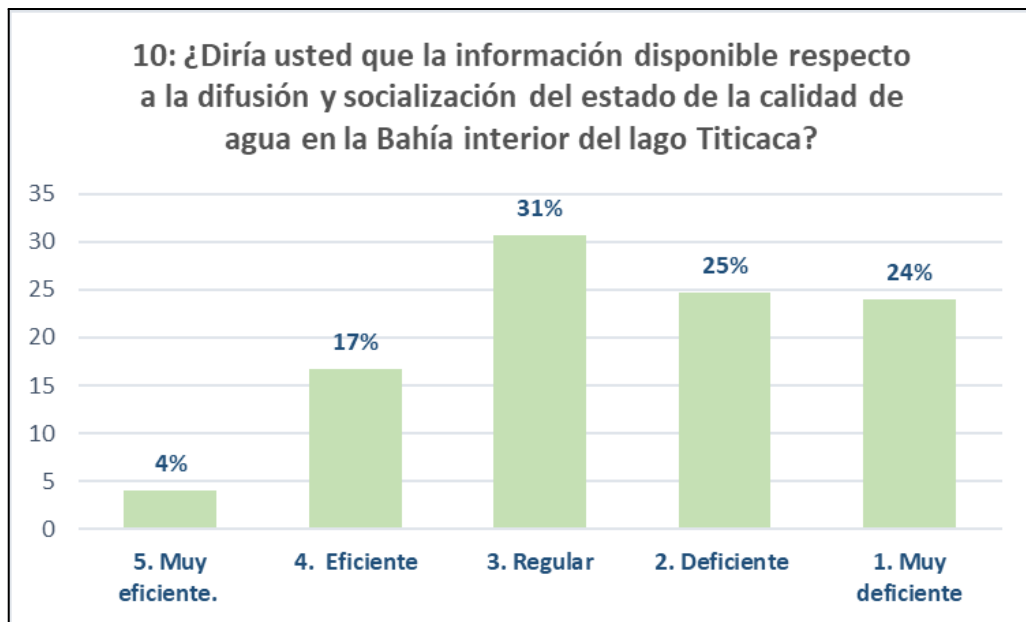
**Figura 47:** Cómo calificaría usted las acciones de difusión y socialización del estado de la calidad del agua desarrolladas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 47, del 100% el 48% de los encuestados mencionan que es deficiente las acciones de difusión y socialización del estado de la calidad del agua desarrolladas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 21% indica que es regular, seguido de 19% mencionan que es muy deficiente, el 10% indica que es eficiente y un 2% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



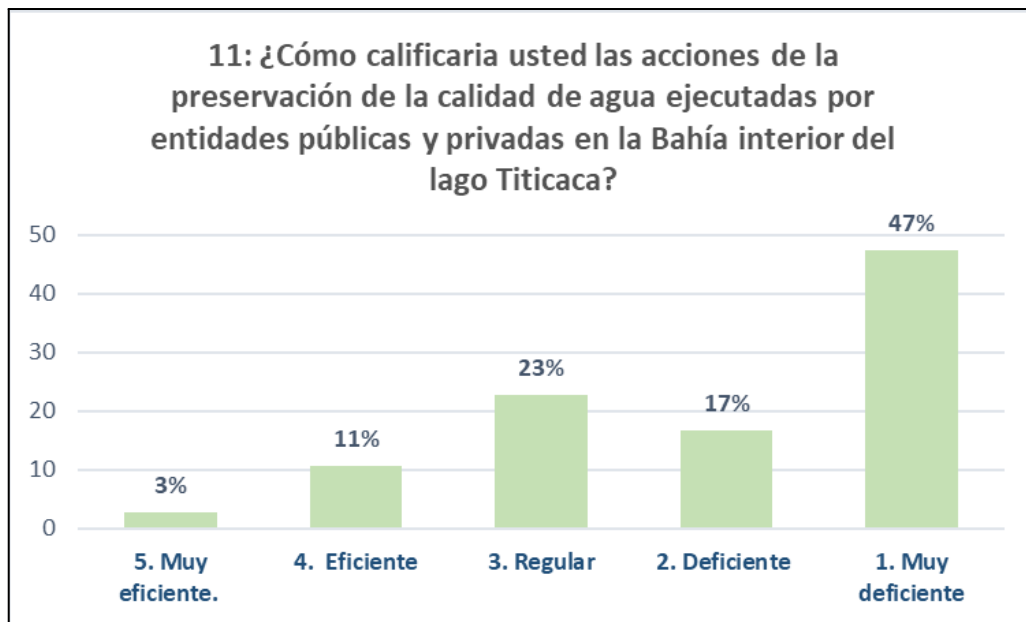
**Figura 48:** Cómo calificaría usted a las entidades públicas y privadas sobre los talleres de difusión de resultados de monitoreos de calidad de agua superficial.

En la figura 48, del 100% el 45% de los encuestados mencionan que califican como regular a las entidades públicas y privadas sobre los talleres de difusión de resultados de monitoreos de calidad de agua superficial, mientras que el 20% indica que es muy deficiente, seguido de 17% mencionan que es deficiente, el 15% indica que es eficiente y un 3% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría regular este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



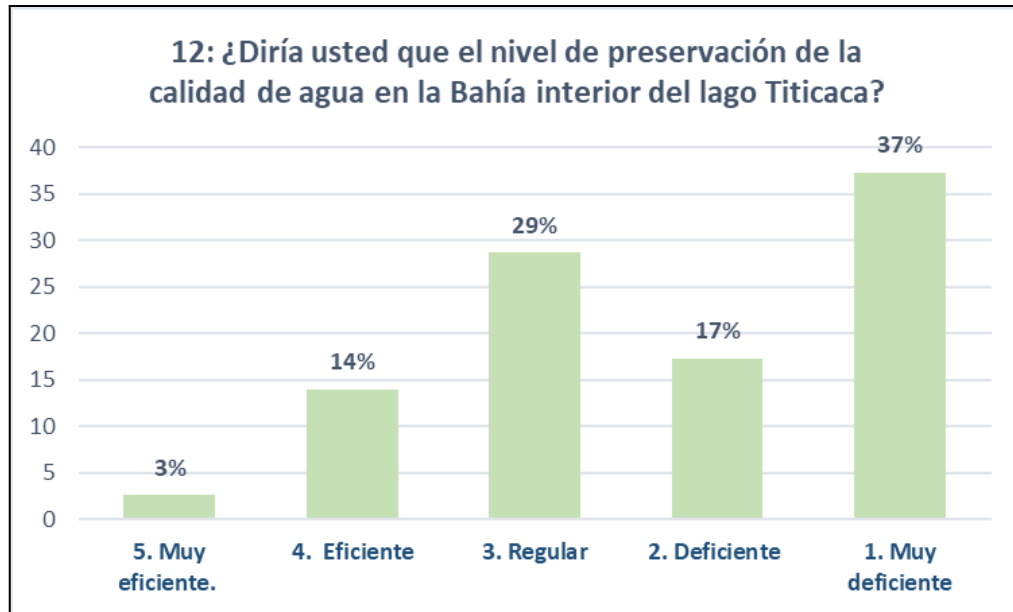
**Figura 49:** Diría usted que la información disponible respecto a la difusión y socialización del estado de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 49, del 100% el 31% de los encuestados mencionan que es regular la información disponible respecto a la difusión y socialización del estado de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 25% indica que es deficiente, seguido de 24% mencionan que es muy deficiente, el 17% indica que es eficiente y un 4% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría regular este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 50:** Cómo calificaría usted las acciones de la preservación de la calidad de agua ejecutadas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago Titicaca.

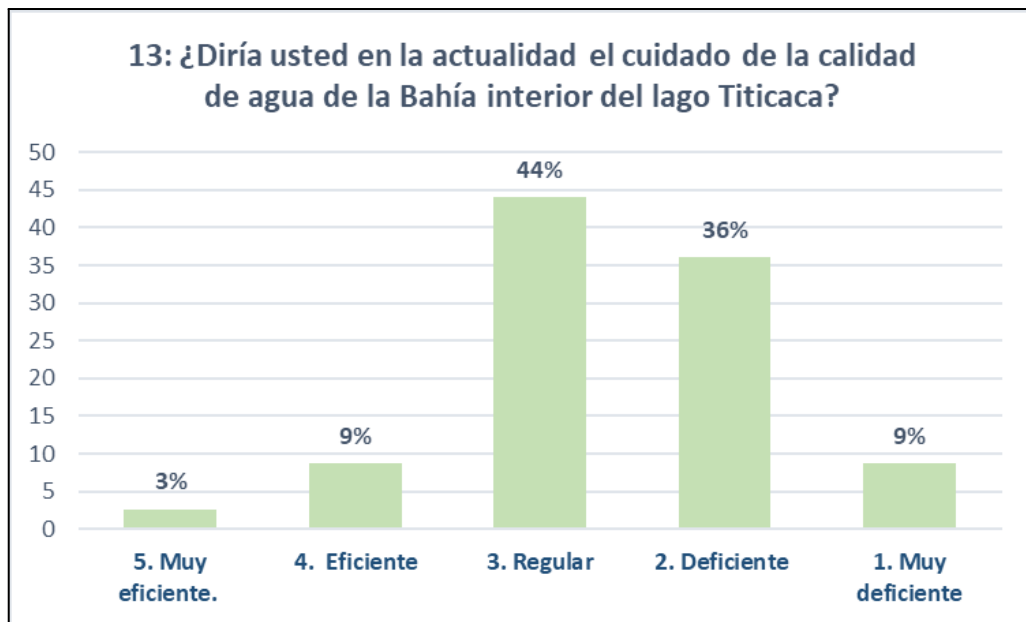
En la figura 50, del 100% el 47% de los encuestados mencionan que es muy deficiente las acciones de la preservación de la calidad de agua ejecutadas por entidades públicas y privadas en la Bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 23% indica que es regular, seguido de 17% mencionan que es deficiente, el 11% indica que es eficiente y un 3% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría muy deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 51:** Diría usted que el nivel de preservación de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca.

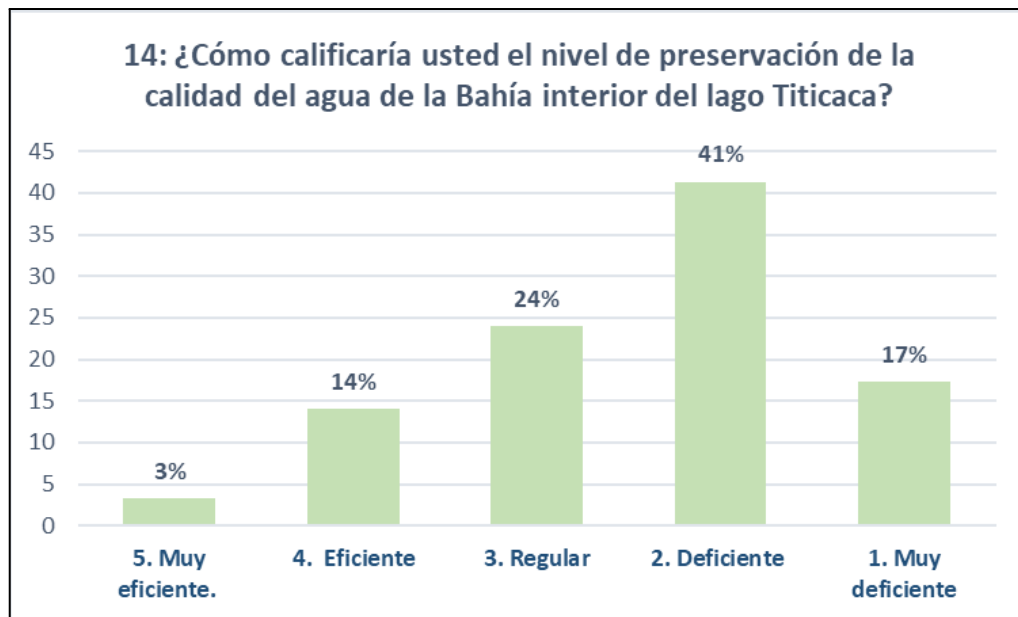
En la figura 51, del 100% el 37% de los encuestados mencionan que es muy deficiente el nivel de preservación de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 29% indica que es regular, seguido de 17% mencionan que es deficiente, el 14% indica que es eficiente y un 3% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría muy deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.





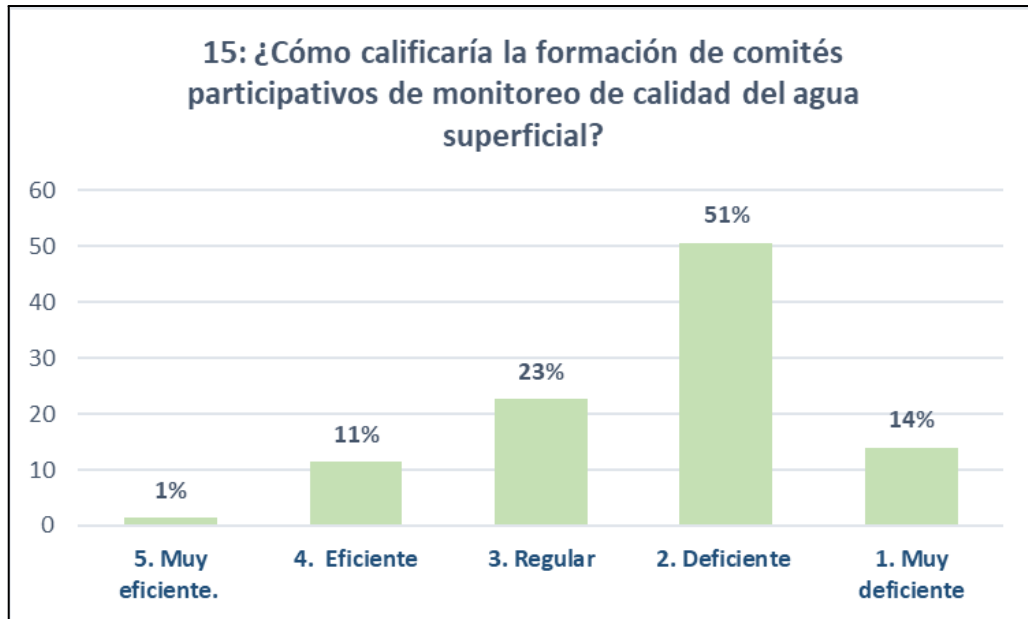
**Figura 52:** Diría usted en la actualidad el cuidado de la calidad de agua de la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 52, del 100% el 44% de los encuestados mencionan que es regular el cuidado de la calidad de agua de la bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 36% indica que es deficiente, seguido de 9% mencionan que es muy deficiente, el 9% indica que es eficiente y un 3% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría regular este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 53:** Cómo calificaría usted el nivel de preservación de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca.

En la figura 53, del 100% el 41% de los encuestados mencionan que es deficiente el nivel de preservación de la calidad del agua de la Bahía interior del lago Titicaca, mientras que el 24% indica que es regular, seguido de 17% mencionan que es muy deficiente, el 14% indica que es eficiente y un 3% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.



**Figura 54:** Cómo calificaría la formación de comités participativos de monitoreo de calidad del agua superficial.

En la figura 54, del 100% el 51% de los encuestados mencionan que es deficiente la formación de comités participativos de monitoreo de calidad del agua superficial, mientras que el 23% indica que es regular, seguido de 14% mencionan que es muy deficiente, el 11% indica que es eficiente y un 1% dice que es muy eficiente, siendo la mayoría deficiente este resultado desfavorable en cuanto a la relación con la percepción social que tiene la población.

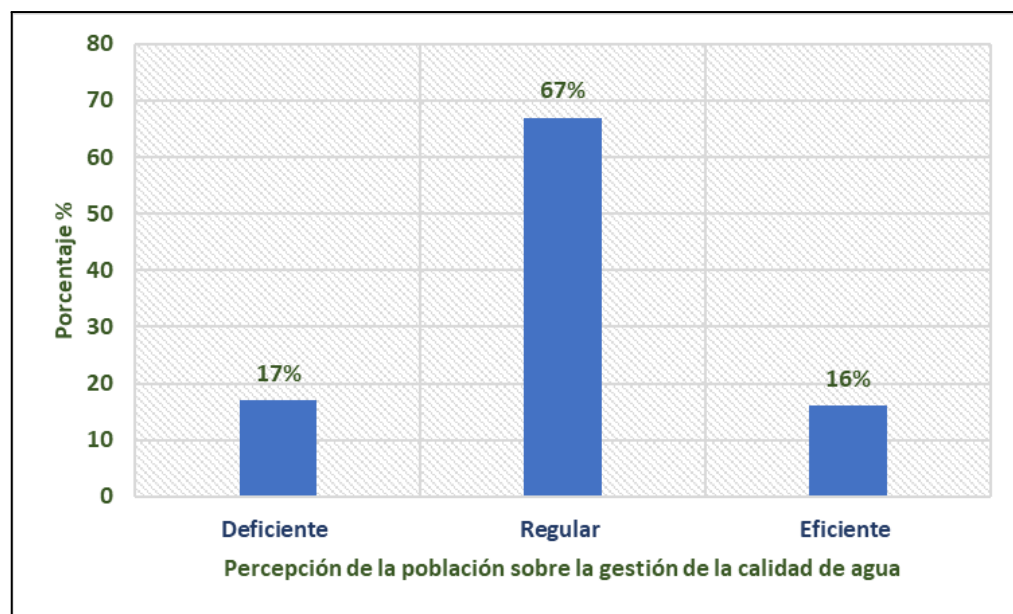
#### 4.3.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 2

Ho: No existe regular nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.

H1: Existe regular nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.

**Tabla 06:** Nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Deficiente	26	17	17
	Regular	101	67	84
	Eficiente	23	16	100
	Total	150	100	100



**Figura 55:** Nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.

La tabla 06 y la figura 55 muestra que del 100%, el 67% de los residentes perciben la calidad del agua como normal, el 17% como mala y el 16% como eficiente. Para garantizar que los residentes conozcan periódicamente la gestión de la calidad del agua en el Distrito de Puno-2023, debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se observa que existe un p-valor es 0.00 el cual es menor a 0.05, lo que corresponde rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, por lo que podemos afirmar que existe una relación significativa entre el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) influye en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno. Es decir hay una dependencia o correlación entre las variables de nivel positiva considerable de 0,603.

**SEGUNDA:** Se muestra el resumen de los resultados de los valores de ICARHS, en los once (11) puntos en estudio, de la bahía interior de lago Titicaca, se observa que su calificación de ICARHS es Pésimo fluctúan entre 40 a 44, en los años (2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020 y 2021), también se tiene una calificación de ICARHS de Malo siendo 45 y 47 en los años (2017 y 2018), para la época de estiaje y para la época de avenidas. Dichos valores alcanzados nos permiten inferir que la calidad del agua está entre el Pésimo a malo.

**TERCERA:** Se observa del 100% el 67% tiene un nivel regular de la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, mientras que el 17% tiene un nivel deficiente y un 16% de nivel eficiente, es decir debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, por lo que podemos afirmar que existe un regular nivel de percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** En estudios futuros, en cálculo de ICARHS se debe de realizar en función del período de monitoreo de la calidad del agua superficial para obtener de forma independiente los subíndices S1 y S2 para períodos de inundación y sequía.

**SEGUNDA:** En la Municipalidad Provincial de Puno, mantener la planta de tratamiento de aguas residuales, para disminuir la contaminación en la bahía interior del lago Titicaca y obtener acceso a agua de alta calidad. Si esto no es posible, la nueva planta de tratamiento de agua deberá diseñarse y construirse según las especificaciones de una persona competente.

**TERCERA:** A la Municipalidad Provincial de Puno: A través de iniciativas de educación ambiental, aumentar la conciencia pública sobre la gestión de los recursos hídricos y fomentar su conservación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS). Recuperado 7 de abril de 2023, de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4479>
- Beltrán Farfán, D. F., Palomino Calli, R. P., Moreno Terrazas, E. G., & Peralta, C. G. (2015). Calidad de Agua de la Bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 335-340. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>
- Carangui, G. M., & Pólit, P. V. (2017). *Determinación del Índice de Calidad del Agua del Estero Salado, entre el Puente 5 de Junio y el Puente el Velero, 2017*. [Tesis de pre grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29111>
- Carhuasuica, Y., & González, 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>
- Cherres, A. P. (2020). *Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua potable procedente de fuente superficial—Tumbes – 2019* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Tumbes]. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2050>
- Espinoza, G. R. (2012). *PROBLEMAS AMBIENTALES Y PROPUESTAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE LA CIUDAD DE PUNO - PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/211891365-Problemas-ambientales-y-propuestas-para-la-desc-ontaminacion-de-la-ciudad-de-puno.html>
- 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>
- 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>
- Gutierrez, V. R. (2018). *Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME–WQI y el ICA–PE, Puno – 2018* [Tesis de pre grado, Universidad Peruana Unión].  
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1771>
- Ingeniería ambiental. (2009). *CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - ¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL?*  
<http://ingenieriaambientalapuntes.blogspot.com/2009/02/contaminacion-ambiental-que-es-la.html>
- Laqui, Y. A. (2019). *Contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la calidad de agua en la cuenca del Lago Titicaca* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3968>
- López, R. (2017). *Evaluación del índice de calidad de agua de la bocatoma del río Cumbaza del distrito de Morales San Martín 2017* [Tesis de pre grado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1984>
- Mamani, D., & Atencio, V. (2019). *Valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del Lago Titicaca – Puno, Sector Chilluni* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano].  
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13862>
- Meneses, R. (2016). *Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la micro cuenca*



- de Apacheta—Huamanga—Ayacucho—2016* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].  
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3170>
- Merino, R. R. (2022). *Calidad ambiental del agua del río Chira y su relación con la percepción socio ambiental, Sullana, 2022* [Tesis de pre grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106711>
- Ley N° 28611- Ley General del Ambiente. Recuperado 14 de abril de 2023, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- Ley N° 29338—Ley de Recursos Hídricos. Recuperado 14 de abril de 2023, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-recursos-hidricos-0>
- MINAM. (2014). Estado de la calidad ambiental de la cuenca del Lago Titicaca. Ámbito peruano 2014. En *Ministerio del Ambiente*. Ministerio del Ambiente.  
<http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/797>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, (2017).  
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Municipalidad Provincial de Puno. (2007). *Bahía interior de Puno*. lugaresquever.com.  
<https://lugaresquever.com/wiki/bahia-interior-de-puno?spmchkbj=spmprvbj1bha7frTwZajjHNW0UFno53QwW>
- Ortega, G. (2014). *RELACION ENTRE LA CARGA DE NUTRIENTES Y EL ESTADO TRÓFICO DE LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO TITICACA PUNO-2015* [Tesis de pre grado, Universidad Privada San Carlos].  
<https://docplayer.es/99556081-Universidad-privada-san-carlos-puno-tesis.html>
- Quispe, M. S. (2017). *Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno* [Tesis de pre grado, Universidad Privada Norbert Wiener].  
<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/532>
- Rodríguez, J. P. (2017). *Desarrollo de un modelo de planificación ambiental para la calidad de los recursos hídricos superficiales considerando su variabilidad*

- climática estacional mediante implementación computacional* [Tesis de pre grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7638>
- 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 pre grado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91620>
- Studocu. (2021). *Dimension 3. Análisis—La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo—Studocu.*  
<https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-nuevo-leon/compreension-y-expresion-linguistica-avanzada/dimension-3-analisis/39762090>
- 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>
- Tapia, C. H. Z. (2022). *Calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar – Puno 2021* [Tesis de pre grado, Universidad Privada San Carlos].  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./251>
- Urrunaga, R., & Vergara, L. E. (2006). [PDF] *PERFIL REGIONAL AUTOEVALUACIÓN DE CAPACIDADES DE LAS REGIONES CUSCO Y PUNO - Free Download.*  
[https://silo.tips/queue/perfil-regional-autoevaluacion-de-capacidades-de-las-regiones-cusco-y-puno?&queue\\_id=-1&v=1683849936&u=MTkwLjExNi4xODluODI=](https://silo.tips/queue/perfil-regional-autoevaluacion-de-capacidades-de-las-regiones-cusco-y-puno?&queue_id=-1&v=1683849936&u=MTkwLjExNi4xODluODI=)
- 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>

## ANEXOS

## Anexo 01: Matriz de Consistencia

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) Y LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA, DISTRITO DE PUNO, 2013 AL 2023.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO.
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>					
¿Cuál es el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) de la Bahía Interior del lago Titicaca y la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023?	Determinar la influencia del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.	El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), incide significativamente en la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno, 2013 al 2023.	Variable independiente:  Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)	Estado de calidad de agua.  Monitoreo en puntos de materia  Orgánica Físico - Químico (Metal)	Calificación (ICARHS):  Excelente Buena Regular Mala Muy mala.  Número de monitoreos de calidad de agua superficial efectuados por la ANA en la bahía de interior del lago Titicaca entre periodo 2013 al 2021.	La Autoridad Nacional del Agua (ANA) -Puno	Programas SPSS, MS-Excel Procesamiento: -Tablas, - gráficos
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>					

<p>¿Cuál es el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en la Bahía Interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021?</p>	<p>Determinar el índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) de la Bahía Interior del lago Titicaca, Distrito de Puno, 2013 al 2021.</p>	<p>El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en la Bahía Interior del lago Titicaca, Distrito de Puno-2013 al 2021, es regular.</p>	<p>Variable dependiente:  Percepción de la población sobre la gestión de la calidad del agua.</p>	<p>Vigilancia y control.</p>	<p>Monitoreos de calidad de agua superficial.  Identificación de fuentes contaminantes.  Atención de denuncias.</p>	<p>Instrumento: Cuestionario  Técnica: Encuesta</p>	<p>Estadísticas descriptivas como: tendencia central (moda y media),</p>
<p>¿Cuál es la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno - 2023?</p>	<p>Determinar la percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua, Distrito de Puno-2023.</p>	<p>Existe una percepción deficiente de la población sobre la gestión de la calidad de agua de la Bahía Interior del lago Titicaca, Distrito de Puno - 2023.</p>		<p>Difusión y socialización.          Preservación de fuentes naturales.</p>	<p>Talleres de difusión de resultados.  Creación de espacios de diálogo y articulación.  Formación de comités participativos de monitoreo de calidad del agua superficial. Formulación de planes de gestión para el aseguramiento y conservación de la calidad de los recursos hídricos.</p>		<p>La prueba de hipótesis. Correlación de Spearman</p>

## Anexo 02: Cuestionario

Buenos días/ tardes, estamos realizando una encuesta para recopilar datos acerca del estado de la gestión de la calidad del agua en la bahía interior de lago Titicaca en los puntos que integran la red de monitoreo de aguas superficial dispuestos en diferentes cauces naturales, agradezco de antemano cada minuto de su tiempo por responder las siguientes preguntas

### Instrucciones

conteste las siguientes interrogantes con honestidad, de acuerdo a su experiencia y conocimiento. Marque usted con una aspa (x) en el recuadro bajo el número que indique el nivel de identificación con cada enunciado, teniendo en cuenta la siguiente escala:


donde:

1=Muy deficiente 2= Deficiente 3= Regular 4= Eficiente 5= Muy deficiente.

Variable: Percepción de la población sobre la gestión de la calidad de agua.		1	2	3	4	5
Vigilancia y control						
1	¿Cómo calificaría las acciones de vigilancia de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca?					
2	¿Cómo califica las acciones de control de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca?					
3	¿Cómo califica usted sobre los Monitoreos de calidad de agua superficial (bahía interior de lago Titicaca), desarrolladas por entidades públicas?					
4	¿Cómo califica usted a la Municipalidad Provincial de Puno en el proceso de la identificación de fuentes contaminantes hacia la bahía interior del lago Titicaca?					
5	¿Diría usted que la información disponible respecto a la vigilancia y control de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca?.					

Difusion y socializacion						
6	¿Cómo calificaría usted la difusión de resultados del estado de calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca?					
7	¿Cómo calificaría usted la socialización de resultados del estado de la calidad del agua en la bahía interior del lago Titicaca?.					
8	¿Cómo calificaría usted las acciones de difusión y socialización del estado de la calidad del agua desarrolladas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago?					
9	¿Cómo calificaría usted a las entidades públicas y privadas sobre los talleres de difusión de resultados de monitoreos de calidad de agua superficial?					
10	¿Diría usted que la información disponible respecto a la difusión y socialización del estado de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca?					
Preservación de las fuentes naturales						
11	¿Cómo calificaría usted las acciones de preservación de la calidad de agua ejecutadas por entidades públicas y privadas en la bahía interior del lago Titicaca?					
12	¿Diría usted que el nivel de preservación de la calidad de agua en la bahía interior del lago Titicaca?					
13	¿Diría usted en la actualidad el cuidado de la calidad de agua de la bahía interior del lago Titicaca?					
14	¿Cómo calificaría usted el nivel de preservación de la calidad del agua de la bahía interior del lago Titicaca?					
15	¿Cómo calificaría la formación de comités participativos de monitoreo de calidad del agua superficial?					

**Anexo 03: Modelo ficha de validación de instrumento.**

	Manual de Presentación de Proyecto de Investigación e Informe Final	COD. DE DOC. MAN. COD. OF UI	VERSIÓN 2.0	PÁGINA 45
---	---	------------------------------	-------------	-----------

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

1.1 Apellidos y nombres del experto: .....

1.2 Grado académico: .....


1.3 Título de la Investigación: .....

1.4 Denominación del instrumento: .....

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS / CUANTITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		0	1	2	3	4
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables medibles.					
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.					
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.					
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.					

REVISADO POR: V'B*	APROBADO POR: V'B*	FECHA DE APROBACIÓN: 31 de agosto del 2021
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: 2.0	PÁGINA 46
---	---	-------------------------------	--------------	-----------

<b>8. COHERENCIA</b>	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables					
<b>9. METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito del estudio.					
<b>10. CONVENIENCIA</b>	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.					
<b>SUB TOTAL</b>						
<b>TOTAL</b>						

**VALORACIÓN**

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

Lugar y fecha: .....


.....  
Firma del experto

Nombre: .....

DNI: .....

REVISADO POR: V°B°	APROBADO POR: V°B°	FECHA DE APROBACIÓN: 31 de agosto del 2021
Prohibida su reproducción sin autorización del Director de la Unidad de Calidad y Acreditación		

**Anexo 04:** Ficha de validación de instrumento.

	Manual de Presentación de Proyecto de Investigación e Informe Final	COD. DE DOC. MAN COD. OF. UI	VERSIÓN: 2.0	PÁGINA 45
---	---	---------------------------------	--------------	--------------

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

1.1 Apellidos y nombres del experto: Coloma Paxi Bernardo Pio

1.2 Grado académico: Msc. Ciencias de la Geo-Información y Observación de la Tierra.

1.3 Título de la Investigación: Determinación del índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (Cachis) y la percepción de la Población sobre gestión de la calidad del agua.

1.4 Denominación del instrumento: Distrito de Puno - 2013 al 2021.  
Instrumento: Cuestionario Técnica: Encuesta.

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS / CUANTITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		0	1	2	3	4
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				3	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables medibles.				3	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.				3	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				3	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.					4
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.					4
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.					

REVISADO POR: V°B°	APROBADO POR: V°B°	FECHA DE APROBACIÓN: 31 de agosto del 2021
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: 2.0	PÁGINA 46
--	---	-------------------------------	--------------	-----------

8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables		1					
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.			2				
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.				3			
SUB TOTAL			1	2	15	8		
TOTAL			26					

VALORACIÓN

Deficiente ( )	Regular ( )	Bueno ( )	Muy Bueno (X)	Excelente ( )
0 - 8	9 - 16	7 - 24	25 - 32	33 - 40

Lugar y fecha: Puno ..... 20/04/2023 .....

Bernardo Pío Coloma Paxi  
 INGENIERO AGRÍCOLA  
 Firma del Expositor

Nombre: BERNARDO PÍO COLOMA PAXI .....

DNI: 01867087 .....

REVISADO POR: V°B°	APROBADO POR: V°B°	FECHA DE APROBACIÓN: 31 de agosto del 2021
Prohibida su reproducción sin autorización del Director de la Unidad de Calidad y Acreditación		

**Anexo 05:** Solicitud de acceso a la información pública a la ANA

**Trámite Documentario Virtual**

**Estimado(a) Usuario(a):** ALANIA ARCE ROGELIOIO  
Su solicitud con Cut: 127074-2023 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:	05/07/2023 10:30 AM

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

**Trámite Documentario Virtual**

**Estimado(a) Usuario(a):** ALANIA ARCE ROGELIOIO  
Su solicitud registrada con el CUT: 127074-2023 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:	05/07/2023 10:30:37

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



### Anexo 07: Panel fotografico







**Figura 56:** Aplicación de la encuesta en Malecón Ecoturístico bahía de los Incas en Puno



### Anexo 08: Base de datos de la encuesta

N°	Vigilancia y control						Difusion y socializacion						Preservación de las fuentes naturales					
	P01	P02	P03	P04	P05	Total	P06	P07	P08	P09	P10	Total	P11	P12	P13	P14	P15	Total
1	2	3	3	1	2	11	3	1	2	3	3	12	3	3	3	3	3	15
2	2	3	2	2	2	11	3	2	2	2	2	11	2	2	2	2	2	10
3	2	3	2	2	2	11	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
4	2	2	2	1	1	8	1	1	2	1	1	6	1	1	3	1	1	7
5	2	2	2	1	2	9	3	3	3	3	3	15	3	3	3	2	3	14
6	2	3	3	1	2	11	1	1	2	3	2	9	2	2	2	2	2	10
7	1	3	1	1	2	8	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
8	1	1	1	1	2	6	4	4	2	4	4	18	4	4	2	4	4	18
9	1	1	1	3	2	8	2	2	2	3	2	11	2	2	2	2	2	10
10	1	3	2	3	2	11	2	1	2	2	2	9	2	2	2	2	2	10
11	1	1	2	2	2	8	4	4	4	3	4	19	1	4	2	4	2	13
12	1	1	2	2	2	8	3	3	3	3	3	15	3	3	3	2	3	14
13	3	3	3	3	3	15	3	1	2	3	3	12	1	3	2	3	2	11
14	3	3	3	3	2	14	3	3	3	3	3	15	3	3	2	2	3	13
15	3	3	2	2	2	12	1	2	2	2	2	9	1	1	3	2	2	9
16	1	1	1	3	3	9	1	1	4	4	4	14	4	4	2	4	4	18
17	1	3	2	2	2	10	1	2	2	2	2	9	2	2	3	2	2	11
18	1	1	1	1	1	5	1	1	2	3	1	8	1	1	2	1	1	6
19	1	1	2	2	1	7	3	1	1	1	1	7	1	1	3	2	2	9
20	2	2	2	1	1	8	1	1	1	1	1	5	1	1	3	2	2	9
21	2	3	2	2	1	10	1	1	2	3	1	8	1	1	2	1	1	6
22	4	4	2	3	1	14	4	4	4	4	4	20	4	4	2	4	4	18
23	4	3	2	2	1	12	3	1	1	1	1	7	1	1	2	2	2	8
24	4	4	4	3	3	18	3	3	2	3	3	14	3	3	3	3	2	14
25	4	3	2	2	2	13	2	1	2	2	2	9	2	1	2	2	2	9
26	4	4	2	3	3	16	4	4	2	4	4	18	1	4	4	4	4	17
27	5	3	3	1	1	13	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	2	6
28	5	5	1	1	1	13	1	5	2	3	5	16	5	1	2	5	2	15
29	5	5	1	1	1	13	3	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	5
30	5	5	1	1	1	13	5	5	5	5	5	25	5	5	5	5	2	22
31	5	5	5	5	2	22	2	2	2	3	2	11	1	2	2	2	2	9
32	1	1	1	3	2	8	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10
33	1	1	1	3	2	8	3	1	2	3	3	12	3	3	3	3	3	15
34	1	1	2	2	2	8	3	2	2	3	2	12	1	1	3	2	2	9
35	1	1	2	2	2	8	2	2	2	2	2	10	2	1	3	2	2	10
36	1	1	2	3	3	10	3	3	2	3	3	14	1	3	3	3	3	13
37	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15	3	1	2	3	3	12
38	3	3	2	2	2	12	2	1	2	3	2	10	2	1	2	2	2	9
39	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15	1	3	3	3	3	13
40	3	3	2	2	2	12	3	2	2	2	2	11	2	2	3	2	2	11
41	3	3	3	3	3	15	2	1	2	2	2	9	1	1	3	2	2	9
42	3	3	4	4	4	18	1	1	1	1	1	5	1	1	1	2	1	6
43	3	3	3	3	2	14	1	1	1	1	1	5	1	1	2	1	2	7
44	3	3	4	4	4	18	3	1	1	1	1	7	1	1	2	1	1	6
45	2	2	2	4	2	12	2	2	2	3	2	11	2	2	3	2	2	11
46	2	2	4	4	4	16	2	1	2	2	2	9	1	1	3	2	2	9
47	2	2	2	4	2	12	2	2	2	3	2	11	2	2	2	2	2	10
48	1	1	4	4	2	12	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	2	14
49	1	1	1	4	2	9	2	1	2	2	2	9	1	1	2	2	2	8
50	1	3	4	4	4	16	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15

51	1	1	1	1	1	5	3	3	2	3	3	14	1	3	3	3	3	13
52	1	1	4	4	4	14	4	4	4	4	4	20	4	1	4	4	4	17
53	1	3	4	4	4	16	3	1	2	3	4	13	4	4	4	4	4	20
54	1	1	1	1	1	5	3	1	1	1	1	7	1	1	1	1	2	6
55	2	3	5	4	4	18	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
56	1	3	5	5	5	19	3	4	4	4	4	19	4	1	3	2	2	12
57	2	2	1	1	1	7	1	1	2	3	1	8	1	1	3	1	2	8
58	2	2	1	1	2	8	3	1	3	3	3	13	3	3	3	2	3	14
59	1	3	1	1	1	7	3	3	2	3	3	14	1	3	2	3	3	12
60	1	1	1	1	1	5	1	1	1	3	1	7	1	1	2	2	2	8
61	1	1	1	5	1	9	1	1	1	1	1	5	1	1	2	2	2	8
62	1	3	3	5	5	17	3	1	2	3	3	12	3	3	3	3	3	15
63	1	3	5	5	1	15	1	1	1	1	1	5	1	1	3	2	1	8
64	4	3	5	5	1	18	1	1	1	1	1	5	1	1	3	1	1	7
65	4	4	4	5	2	19	3	3	3	3	3	15	3	3	2	3	3	14
66	5	5	5	5	2	22	2	2	2	2	2	10	1	1	2	2	2	8
67	5	3	5	5	2	20	2	1	2	2	2	9	2	2	2	2	2	10
68	5	5	5	5	2	22	4	4	4	4	4	20	4	1	4	4	4	17
69	1	1	3	3	3	11	3	3	3	3	3	15	1	1	3	3	3	11
70	1	3	3	3	2	12	4	4	4	4	4	20	1	4	3	2	4	14
71	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	2	1	1	6
72	1	1	2	2	2	8	2	1	2	2	2	9	2	1	2	2	2	9
73	1	3	2	2	2	10	2	2	2	3	2	11	2	2	3	2	2	11
74	1	1	1	1	1	5	1	1	2	1	1	6	1	1	2	2	1	7
75	5	5	2	2	2	16	2	2	2	3	2	11	2	2	2	2	2	10
76	5	3	2	2	2	14	4	4	2	4	4	18	4	1	4	4	4	17
77	2	2	2	2	2	10	2	2	2	3	2	11	1	2	3	2	2	10
78	5	5	2	2	2	16	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10
79	5	3	2	2	1	13	1	1	2	3	1	8	1	1	2	1	2	7
80	5	5	3	5	5	23	3	5	5	5	5	23	1	1	5	5	2	14
81	2	3	3	5	5	18	4	4	4	4	4	20	4	4	3	4	4	19
82	2	3	3	5	1	14	1	1	1	1	1	5	1	1	2	1	1	6
83	2	2	4	4	1	13	4	4	4	4	4	20	1	4	4	4	4	17
84	2	2	4	4	4	16	3	3	3	3	3	15	3	1	2	3	3	12
85	1	3	4	4	4	16	4	4	2	4	4	18	1	4	4	2	4	15
86	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	3	2	2	9
87	1	3	4	4	4	16	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
88	1	1	1	1	1	5	1	1	1	3	1	7	1	1	2	2	2	8
89	1	3	5	5	1	15	3	3	2	3	3	14	3	3	3	2	3	14
90	1	3	5	5	2	16	2	2	2	3	2	11	1	1	2	2	2	8
91	1	1	5	5	1	13	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
92	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	3	1	1	7
93	2	2	2	3	3	12	3	1	3	3	3	13	3	3	3	2	3	14
94	1	1	2	2	2	8	2	2	2	2	2	10	1	2	2	2	2	9
95	1	3	2	3	3	12	3	3	2	3	3	14	3	3	3	2	2	13
96	1	3	2	2	2	10	3	1	3	3	3	13	1	3	3	2	2	11
97	2	2	2	3	3	12	3	3	2	3	3	14	1	3	3	3	2	12
98	2	2	2	2	2	10	3	1	3	3	3	13	3	3	2	2	2	12
99	2	3	2	2	2	11	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
100	2	2	2	2	2	10	2	2	2	3	2	11	2	2	3	2	2	11

101	2	2	3	3	3	13	1	1	1	1	1	5	1	1	2	1	1	6
102	3	3	3	3	3	15	3	3	2	3	3	14	3	3	3	2	3	14
103	3	3	2	2	2	12	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
104	2	2	2	2	1	9	3	2	2	2	2	11	1	2	3	2	2	10
105	3	3	3	2	2	13	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10
106	3	3	4	2	1	13	2	2	2	2	2	10	1	2	2	2	2	9
107	3	3	4	2	4	16	3	1	3	3	3	13	3	3	3	3	2	14
108	3	3	5	5	5	21	3	5	2	5	5	20	5	5	5	2	2	19
109	3	3	3	3	3	15	3	1	3	3	3	13	3	3	3	3	3	15
110	2	2	5	5	4	18	4	4	4	4	4	20	1	4	4	4	2	15
111	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	2	14
112	3	3	3	2	2	13	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
113	3	3	3	2	4	15	4	4	2	4	4	18	4	4	4	2	2	16
114	2	3	5	2	2	14	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10
115	2	2	2	2	2	10	4	4	4	4	4	20	1	4	3	4	2	14
116	2	2	2	2	4	12	3	4	2	4	4	17	1	4	2	4	4	15
117	2	2	2	2	2	10	3	4	2	4	4	17	4	4	4	4	4	20
118	3	3	4	4	4	18	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	2	14
119	2	2	2	1	4	11	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
120	2	2	4	1	1	10	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
121	2	2	2	1	4	11	4	1	4	4	4	17	1	4	4	4	2	15
122	2	2	2	2	4	12	3	1	2	4	4	14	4	4	4	4	4	20
123	2	2	2	2	4	12	3	3	3	3	3	15	1	3	3	3	2	12
124	2	2	4	4	4	16	4	4	4	4	4	20	4	4	2	4	4	18
125	2	2	3	3	3	13	3	3	3	3	3	15	1	3	3	3	2	12
126	2	3	3	3	3	14	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
127	4	4	3	3	5	19	11	1	2	5	5	24	5	5	3	5	5	23
128	3	3	3	2	2	13	3	3	3	3	3	15	1	3	3	3	3	13
129	1	1	3	3	5	13	3	2	2	2	2	11	2	2	2	2	2	10
130	1	3	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10
131	1	1	1	2	2	7	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	10
132	1	3	2	2	5	13	3	1	2	1	1	8	1	1	1	1	2	6
133	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
134	1	3	2	2	5	13	3	5	5	5	5	23	1	5	5	5	5	21
135	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	2	6
136	2	2	2	2	2	10	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
137	2	2	5	2	2	13	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
138	2	2	2	2	2	10	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
139	2	2	5	1	1	11	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5
140	2	2	2	1	1	8	2	1	2	2	2	9	2	2	2	2	2	10
141	2	2	4	4	4	16	3	3	2	3	3	14	1	3	3	3	3	13
142	2	2	2	2	2	10	3	3	3	3	3	15	3	3	3	3	3	15
143	2	2	2	2	2	10	3	3	2	3	3	14	3	3	3	3	3	15
144	2	2	1	1	5	11	4	1	2	4	4	15	4	4	3	4	2	17
145	3	3	3	3	5	17	4	1	4	4	4	17	4	4	4	4	4	20
146	3	3	5	5	5	21	4	4	4	4	4	20	4	4	2	4	2	16
147	3	3	3	3	1	13	3	3	2	3	3	14	3	3	3	3	3	15
148	3	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	5	1	1	3	1	2	8
149	3	4	3	3	1	14	1	1	1	1	1	5	2	1	2	1	1	7
150	3	4	3	2	1	13	2	1	2	2	2	9	1	2	2	2	2	9