



**Universidad Científica del Perú - UCP**  
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000310, Personas Jurídicas de Iquitos,  
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS  
RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE  
LA UNIDAD HIDROGRÁFICA BAJO MARAÑÓN,  
PERÍODO 2014-2020”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR (es):** FLORES RUIZ, STEVEN  
VELA PANDURO, NOLUZ CLARITA

**ASESOR (es):** BLGA. MARJORIE DONAYRE RAMÍREZ, Dra.

**San Juan Bautista – Loreto – Maynas –Perú**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme brindado la vida, la sabiduría, fuerza, y fe para poder realizar este trabajo.

A mi madre querida Nery Ruiz Dacosta por su indomitable y continuo apoyo incondicional y ser un ejemplo a seguir.

Y a toda mi familia por su apoyo moral acompañándome en todo momento para culminar mi meta como profesional.

**Steven Flores Ruiz.**

## **DEDICATORIA**

A Dios por la vida, por permitir mi existencia y por todas las bendiciones que generosamente regala día a día.

A la memoria de mi madre, Nora Luz Panduro.

A mi padre Luis Vela por creer en mí en todo momento, por todo su amor y apoyo incondicional que ha mantenido intacto todo este tiempo.

A mis hermanas y familiares que de una u otra manera han sido mi gran motivación e inspiración.

**Noluz Clarita Vela Panduro.**

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, quienes fueron partícipes de nuestra formación profesional.

A la Administración Local de Agua Iquitos, por la disposición de la información solicitada.

A la Blga. Marjorie Raquel Donayre Ramírez, Dra., por su apreciable soporte en calidad de asesora del presente proyecto.

Así también, agradecemos a todas aquellas personas que nos brindaron el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

## Constancia de Antiplagio



*“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”*

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

El Trabajo de Suficiencia Profesional titulado:

#### **“ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA BAJO MARAÑÓN, PERÍODO 2014-2020”**

De los alumnos: **FLORES RUIZ STEVEN Y VELA PANDURO NOLUZ CLARITA**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **9% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 24 de mayo del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

CJRA/ri-a  
140-2021



FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°401-2021-UCP-FCEI del 05 de julio de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación del trabajo de suficiencia profesional a los señores:

- Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra. Presidente
- Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, Mgr. Miembro
- Lic. Nerea Gallardo Sanchez, Mgr. Miembro

Como Asesora: **Blga. Marjorie Raquel Donayre Ramirez, Dra**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 09:00 horas del día 17 de julio del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaria Académica del programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú., se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del trabajo de suficiencia profesional: **“ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES (ICARHS) DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA BAJO MARAÑÓN, PERIODO 2014-2021”**

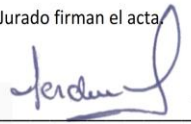
Presentado por los sustentantes: **STEVEN FLORES RUIZ y NOLUZ CLARITA VELA PANDURO**


Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**


Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**  
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

Contáctanos:

Iquitos – Perú  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú  
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640  
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe

Firma de jurados y asesor



---

**Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila. Dra.**

PRESIDENTE DEL JURADO



---

**Ing. Giorgio Sergio Urro Rodriguez, Mgr.**

MIEMBRO DEL JURADO



---

**Lic. Nerea Gallardo Sanchez, Mgr**

MIEMBRO DEL JURADO



---

**Blga. Marjorie Raquel Donayre Ramirez, Dra.**

ASESOR

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
CAPÍTULO I.....	13
Introducción .....	13
CAPÍTULO II.....	15
Marco Referencial.....	15
2.1. Antecedentes .....	15
2.2. Definiciones teóricas.....	18
CAPÍTULO III.....	20
MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
3.1. Tipo y Diseño de la investigación .....	20
3.2. Población y Muestra.....	20
3.3. Área de estudio.....	20
3.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	21
CAPÍTULO IV .....	27
4.1. Resultados .....	27
CAPÍTULO V .....	31
5.1. Discusión .....	31
CAPÍTULO VI .....	33
6.1. Conclusiones: .....	33
6.2. Recomendaciones .....	34
Referencias Bibliográficas:.....	35
Anexos .....	37



<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>		Pág
01	Etapas del ICARHS.....	18
02	Información histórica de Monitoreos de la U.H. Bajo Marañón, 2014-2020.....	22
03	Puntos de monitoreo de la U.H. Bajo Marañón seleccionados.....	22
04	Parámetros evaluados en el ICARHS.....	23
05	Valoración del ICARHS.....	26
06	Resultados de la valoración y calificación de los subíndices 1 y 2 de la U.H. Bajo Marañón.....	27
07	Resultados de la valoración y calificación de los ICARHS de la U.H. Bajo Marañón.....	28

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>		Pág
01	Unidad Hidrográfica Bajo Marañón.....	21
02	Ícono para la representación del ICARHS.....	26
03	Gráfico porcentual de calificación de los ICARHS en la U.H. Bajo Marañón.....	29
04	Representación gráfica de los ICARHS de la U.H. Bajo Marañón.....	30
05	Datos de los Informes Técnicos de los monitoreos de la Calidad de Agua de la U.H. Bajo Marañón 2014-2020.....	38
06	Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua U.H. Bajo Marañón- 2014.....	38
07	Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua U.H. Bajo Marañón- 2016.....	39
08	Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua U.H. Bajo Marañón- 2017.....	40
09	Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua U.H. Bajo Marañón- 2018.....	41
10	Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua U.H. Bajo Marañón- 2020-I....	42
11	Resultados del Monitoreo de la Calidad del Agua U.H. Bajo Marañón- 2020-II...	43

## RESUMEN

El área de estudio de la presente investigación fue en la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón en base a los resultados de monitoreos de la calidad de agua superficial realizada en el período 2014-2020 por la Autoridad Nacional del Agua; en donde los objetivos fueron calcular el Subíndice 1 y Subíndice 2 para determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), su variación porcentual en la U.H. y su representación gráfica en un mapa. La metodología aplicada fue el Cálculo de los Índices de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales aprobada mediante Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA, a través de ello se determinó siete (07) puntos que cumplían las condiciones necesarias. Los resultados obtenidos del subíndice 1 para los puntos QCSpt1, QZara1 y RMara23 fueron de calidad de agua como “malo”; del RMara20, RMara22 y RMara24 fue “regular”; y de RMara21 fue “bueno”; los resultados del subíndice 2 para los puntos QCSpt1, RMara20, RMara21, RMara22, RMara23 y RMara24 fueron “bueno”; y de QZara1 fue “excelente”; por lo tanto, el ICARHS de la U.H. Bajo Marañón fueron los valores obtenidos en el Subíndice 1 al ser los datos con menor valor; donde la calificación de la calidad de agua “regular” y “bueno” tienen valores iguales de 42,86 %; y la de “bueno”, tiene un valor de 14.29%, debido a la influencia de los parámetros: Oxígeno disuelto, Coliformes termotolerantes, Fósforo total y Sólidos suspendidos totales; que exceden el ECA Agua en los resultados del Monitoreo de Calidad de Agua de la U.H. Bajo Marañón.

**Palabras claves:** Unidad Hidrográfica, Calidad de agua, Monitoreo, ICARHS, subíndice.

## **ABSTRACT**

The study area of this research was in the Bajo Marañón Hydrographic Unit based on the monitoring results of the surface water quality carried out in the 2014-2020 period by the National Water Authority; where the objectives were to calculate Sub-index 1 and Sub-index 2 to determine the Environmental Quality Index of Surface Water Resources (ICARHS), its percentage variation in the HU. and its graphical representation on a map. The methodology applied was the Calculation of the Environmental Quality Indices of Surface Water Resources approved by Chief Resolution No. 084-2020-ANA, through which seven (07) points were determined that met the necessary conditions. The results obtained from the subscript 1 for the points QCSpt1, QZara1 and RMara23 were of water quality as "bad"; of RMara20, RMara22 and RMara24 it was "fair"; and from RMara21 it was "good"; Subscript 2 results for points QCSpt1, RMara20, RMara21, RMara22, RMara23 and RMara24 were "good"; and from QZara1 it was "excellent"; therefore, the ICARHS of the U.H. Under Marañón, the values obtained in Subscript 1 were the data with the lowest value; where the qualification of the quality of water "regular" and "good" have equal values of 42.86%; and that of "good", has a value of 14.29%, due to the influence of the parameters: Dissolved oxygen, Thermotolerant coliforms, Total phosphorus and Total suspended solids; that exceed the ECA Water in the results of the Water Quality Monitoring of the U.H. Lower Marañón

Keywords: Hydrographic Unit, Water quality, Monitoring, ICARHS, sub-index.

## **CAPÍTULO I**

### **Introducción**

El agua es un recurso vital para la supervivencia, salud y dignidad humana, y es fundamental para el desarrollo de la sociedad y la economía; su calidad es un factor que incide directamente en la protección de los biomas y el bienestar humano.

El deterioro de la calidad de los recursos hídricos en nuestro país está asociado al desarrollo de actividades poblacionales y productivas, pasivos ambientales, manejo inadecuado de residuos sólidos, factores naturales, entre otras; las cuales infringen la Ley de Recursos Hídricos y su reglamento, dichas actividades se desarrollan en los márgenes de los cuerpos de agua; generando una serie de residuos (líquidos y/o residuos sólidos) que son vertidos o arrojados a los cuerpos de agua naturales superficiales, alterando el estado de su calidad. (Autoridad Nacional del Agua, 2018)

Por esta razón, la necesidad y los beneficios de una gestión integrada que nos muestre alternativas de solución frente a los problemas de escasez, calidad y los desastres relacionados a ella, constituyen un tema de interés a nivel nacional como internacional. (Martínez et al. 2018)

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) a través de la Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos (DCERH), tiene como función la elaboración de instrumentos de gestión ambiental en materia de protección y recuperación de la calidad de los recursos hídricos y coordina con las Autoridades Administrativas del Agua (AAA) y Administraciones Locales del Agua (ALA), la ejecución de acciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de agua en las unidades hidrográficas del país.

En este contexto el presente trabajo de investigación se enmarcó dentro de los esfuerzos de las actividades de monitoreos de calidad de agua (MOCA), realizados en la unidad hidrográfica (U.H.) Bajo Marañón (código Pfafstetter 4981), la cual pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico. De acuerdo a la R.J. N° 170-2017-ANA, para así determinar los Índices de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales de la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón y la predominancia porcentual de éstos en el área de estudio; ya que los recursos hídricos que componen la unidad hidrográfica son de gran relevancia para el desarrollo de las actividades productivas y económicas para las empresas y la sociedad, las cuales a su vez son generadoras de diversos tipos de fuentes de contaminación como son: vertimientos de aguas residuales, residuos sólidos, desechos durante el transporte de embarcaciones fluviales, pasivos

ambientales; que al no ser controlados o tratados terminan impactando en el cuerpo hídrico más cercano y a los que se encuentran aguas abajo.

En ese sentido y tomando en cuenta la problemática descrita anteriormente, se elaboró los Índices de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales de la unidad hidrográfica Bajo Marañón del período 2014-2020 a través de los cálculos del subíndice 1 y subíndice 2, en base a la sistematización, evaluación y análisis de la información de monitoreos de calidad de agua; que también fue representada gráficamente y georreferenciada, la cual permita brindar un alcance del estado situacional de la calidad de agua superficial en el área de estudio, para la toma de decisiones, medidas de mejoramiento, protección y vigilancia de la calidad del agua con la participación de la sociedad civil organizada e informada, del sector privado y el sector público en los diferentes niveles de gobierno.

## CAPÍTULO II

### Marco Referencial

#### 2.1. Antecedentes

El deterioro de la calidad del agua es un problema a nivel mundial que afecta la salud de las personas, animales y/o ecosistemas acuáticos e impiden su uso o el goce de sus propiedades, debido a la incorporación de agentes potencialmente contaminantes a los cuerpos naturales de agua. (Autoridad Nacional del Agua, 2018)

Debido a eso, los Índices de Calidad del Agua-ICA aparecen como un instrumento factible para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos de tomas de decisiones de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos. Éstos índices, constituyen un instrumento fundamental en la gestión de la calidad de los recursos hídricos debido a que permite transmitir información de manera sencilla sobre la calidad del recurso hídrico a las instituciones competentes y al público de interés; e identifica y compara las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo siendo la escala de valoración de la calidad del agua de 0 -100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente. (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

Existen diferentes métodos de aplicación nacional e internacional para calcular el índice de calidad de agua y su uso es exclusivo a los parámetros que se va a determinar, así como a la categorización del agua dependiendo de la legislación de cada país para los estándares ambientales, como lo que aplicó *Gil-Marín et al.(2018)* en su investigación, donde evaluó la calidad de agua superficial de la cuenca del río Guarapiche, ubicada en la región Nor-oriental de Venezuela a través de las siete estaciones que tiene la cuenca, utilizando el Índice de Calidad del Agua-ICA en donde los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos fueron clasificados como excelente, bueno; pobre; muy pobre e Inadecuado o no apta para consumo humano. Los valores del Índice de Calidad del Agua-ICA calculados variaron de 44.38 a 363.79; asimismo, el valor promedio observado fue de 83.10 lo que califica en forma general como aguas de buena calidad. Detallando los resultados, el 14.29 % del agua del río se ubicó en agua excelente, el 69.05 % en agua buena, el 11.90% en pobre, el 2.38 % muy pobre y solo el 2.38 % en no apta para consumo humano. Si se toma el valor del Índice de Calidad del Agua-ICA de 100, como límite superior o umbral para agua potable, se estima que el 83.34 % (suma de las aguas excelente y buena) son aptas para consumo humano.

Asimismo, lo que *Alarcón et al (2016)* realizó en su investigación; que, para evaluar el índice de calidad del agua según la National Sanitation Foundation de Estados Unidos

(NSF) del humedal laguna Los Milagros en Tingo María, Perú, se tuvieron en cuenta nueve parámetros entre fisicoquímicos y microbiológicos a través de cuatro estaciones de muestreo situadas en la laguna en donde realizó el muestreo una vez al mes durante los cuatro meses del estudio; para el estudio la NFS clasificó el índice de calidad del agua como excelente, buena, media, mala, pésima. Según los resultados obtenidos de los parámetros el valor final del ICA-NSF fue de 62, y éste se encontró dentro del rango 50-70, lo que indica, según la tabla de clasificación, una calidad media o moderada, la cual se ve influenciada principalmente por los nitratos y fosfatos que superan los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua.

Ante esto, en el año 2018, la Autoridad Nacional del Agua, elaboró y aprobó a través de la Resolución Jefatural N° 068-2017-ANA, la metodología para la “Determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales”, con la finalidad de contar con un instrumento que nos permita expresar los resultados de los monitoreos de calidad de agua de manera simplificada. Sin embargo, en el año 2020 la Autoridad Nacional del Agua aprobó la Metodología para el Cálculo de los Índices de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) mediante Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA, derogando la R.J. N° 068-2018-ANA que aprobaba la Metodología ICA-PE.

En ese contexto, *Díaz (2019)* en su investigación aplicó la metodología de la Autoridad Nacional del Agua para la determinación del Índice de Calidad ambiental del agua en las seis estaciones del área de estudio, para determinar de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río Chillón. Se tuvo como base los resultados de monitoreo comparados con la categoría 3 de los Estándar de Calidad Ambiental-ECA Agua (riego de vegetales y bebida de animales) en donde para la subcategoría D1 riego de vegetales: agua para riego no restringido en las estaciones PMA-01, PMA-02, PMA-03, PMA-04 y PMA-05, se calificó la calidad de agua como “Malo”; y en la estación PMA-06, se calificó la calidad de agua como “Bueno”. Para la subcategoría D1 riego de vegetales: agua para riego restringido los resultados en las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-05, se calificó la calidad de agua como “Malo”; en las estaciones PMA-03 y PMA-04, se calificó la calidad de agua como “Regular”; y en la estación PMA-06, se calificó la calidad de agua como “Bueno”. Sin embargo, en la subcategoría D2 Bebida de Animales los resultados de los ICA en las estaciones PMA-01, PMA-02, PMA-03, PMA-04 y PMA-05, lo califican a la calidad de agua como “Malo”; y la estación PMA-06, lo califica la calidad de agua como “Bueno”.



Al mismo tiempo que *Puerta (2019)* que en su estudio para determinar la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, lo ejecutó a través de los ICA – PE, donde la zona de estudio se encontraba en el Distrito de Shapaja, San Martín, Perú, antes y después de la confluencia de los ríos Mayo y Huallaga, perteneciente a la Unidad Hidrográfica Mayo y la Intercuenca Medio Huallaga respectivamente la cual se trabajó en tres estaciones de monitoreo, en la cual estación RMayo1 presentó menor valor que las estaciones ubicadas en el río Huallaga, alcanzando un valor de 71.84 y una calificación de calidad regular. Por otro lado, el río Huallaga presentó calidad buena en las dos estaciones de monitoreo, Rhual1 y Rhual2, con valores de 83.05 y 86.74 respectivamente.

Sin embargo, uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, (CCME\_WQI) que también aplica la ANA en su metodología, así como *Gutierrez (2018)* que en su investigación Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizó el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME–WQI y el ICA–PE, en donde se determinó a realizar el estudio con dos puntos de monitoreo, M1: 50 metros aguas arriba de la desembocadura del riachuelo proveniente del río Torococha y M2: que se encuentra 200 metros aguas debajo de la desembocadura, asimismo en los resultados se determinó que en el punto M1 se encontró en el rango de (80-94), indicando que existe calidad de agua: buena. Sin embargo, se clasificó al punto M2, que se encuentra en el rango de (45- 64) indicando que existe calidad de agua: marginal.

Por otro lado, *Alarcón (2019)* en su investigación para aplicar métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac se basó en diferentes metodologías como el ICA – NSF, el ICA – PE, el ICA – Oregon, el ICA – León, el ICA – Dinius, el ICA – Universal y el ICA – Idaho. A través de tres fases: selección de métodos para calcular un ICA, el cálculo de los Índices de Calidad de Agua (ICA) e interpretar cada uno de ellos es las cuatro estaciones de su estudio. Sin embargo, al aplicar el ICA – PE metodología elaborada por la Autoridad Nacional del Agua, los resultados indicaron una calidad “buena” en las estaciones AS-ESP-01 con un valor de 82.11 y AS-ESP-02 con un valor de 82.50; una calidad “regular” en la estación AS-03 con un valor de 45.46 y una calidad “favorable” en la estación AS-04 con un valor de 66.59. Los parámetros que excedieron el ECA – Agua fueron: Aluminio, Hierro, Magnesio (en las cuatro estaciones); y Coliformes Termotolerantes (estaciones AS-03 y AS-04).

Con lo mencionado y según la metodología de la Autoridad Nacional del Agua el cálculo del ICARHS, se desarrolla en los cursos de agua superficiales lóticos utilizando

información del punto de muestreo, el cual debe tener información histórica de los monitoreos anteriores (como mínimo 4 monitoreos para 1 punto de muestreo), cuyo análisis permite transformar estos datos en un valor que califica el estado de la calidad de los recursos hídricos en un (1) punto de muestreo, asimismo, el procedimiento contó con tres etapas que se describen a continuación. (Autoridad Nacional del Agua, 2020)

**Tabla N° 01:** Etapas del ICARHS

Determinación de la zona de estudio	Recopilación de información	Cálculo del ICARHS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el ámbito de estudio: curso de agua, río o cuenca representado por una red de puntos de muestreo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de los cuerpos de agua</li> <li>• Resultados de monitoreo</li> <li>• Parámetros</li> <li>• Normativa (ECA) para la evaluación de la calidad de Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fórmula del ICARHS.</li> <li>• Escalas de Valoración.</li> <li>• Determinación de Subíndices S1 y S2.</li> <li>• Representación gráfica del ICARHS</li> </ul>

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2020

## 2.2. Definiciones teóricas.

**Arsénico:** Ocurre de forma natural en el agua y el suelo como metaloide. También se libera de una serie de actividades antrópicas, como la actividad minera, la extracción de hidrocarburos y gas natural, la preservación de la madera y la quema de carbón. Aunque es raro en la naturaleza como elemento puro, tanto las formas inorgánicas como las orgánicas se encuentran generalmente en varios estados de oxidación diferentes, de los cuales 2 (+3 y +5) ocurren en el suelo, el agua y la vegetación. (Raisbeck, 2008).

**Coliformes Termotolerantes:** Son las bacterias naturales que se encuentran en el tracto digestivo de la mayoría de los animales. Se desprenden junto con los excrementos, y pueden colonizar otros individuos o incluso especies diferentes a su huésped original (Robbins, 2007).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Es la cantidad de oxígeno requerida para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia en un período de 5 días. Se expresa en mg/L, y corresponde a la diferencia entre el oxígeno inicial y el oxígeno restante al final de la prueba (Coral, 2013).

**Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y

biológicos, presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Ley N°28611, 2005).

**Índice de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos superficiales (ICARHS).** Es una adaptación del Índice de Calidad de Agua propuesto por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente CCME- WQI, que es utilizado para integrar toda la información obtenida de los monitoreos y señalar el estado de la calidad de agua en cada punto de evaluación (ANA, 2018).

**Monitoreo:** Es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad de agua, con el objeto de realizar el seguimiento y vigilancia sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación” (OEFA, 2015).

**Nitratos:** Es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es NO<sub>3</sub>. El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO<sub>2</sub>). El nitrato es uno de los compuestos más frecuentes contaminantes de aguas subterráneas en áreas rurales. (Lenntech, 2017).

**Potencial de Hidrogeno (pH):** Es el valor que establece si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, siendo la escala 7, la sustancia neutra. Los valores de pH por debajo del valor de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima del valor 7 indican que es básica o alcalina (Amado *et al.* 2006).

## **CAPÍTULO III**

### **Material y Métodos**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El trabajo de Investigación fue de tipo descriptivo, porque se emplearon resultados de monitoreo de Calidad de Agua Superficial realizados por la Administración Local de Agua Iquitos de la unidad hidrográfica (U.H.) Bajo Marañón, para calcular los subíndices y determinar la valoración de los Índices de Calidad Ambientales de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) para su representación gráfica en los mapas.

##### **3.1.2. Diseño de la investigación**

El diseño fue de tipo no experimental, porque no se manipularon variables y se realizó los cálculos para la valoración de los ICARHS empleando las formulas de la Metodología de los Índices de Calidad Ambientales de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua en 2020.

#### **3.2. Población y muestra**

##### **3.2.1. Población**

La población estuvo conformada por ocho (08) puntos de monitoreo de Calidad de agua superficial de la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón.

##### **3.2.2. Muestra**

La muestra fue representada por siete (07) puntos de monitoreo de Calidad de agua superficial de la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón que fueron evaluados como mínimo cuatro (4) veces.

#### **3.3. Área de estudio**

El área de estudio del presente trabajo de investigación fue la U.H. Bajo Marañón que cuenta con un área de 4160,65 Km<sup>2</sup>, una de las dieciséis Unidades Hidrográficas dentro de la jurisdicción de la Administración Local de Agua Iquitos y bajo la administración de la misma. Dentro de la Intercuenca se encuentra la red de monitoreo de la unidad hidrográfica.



Por lo tanto, para el desarrollo de la presente investigación, se contó con siete (07) puntos de monitoreo que cumplieron las condiciones necesarias, conforme a la metodología de los ICARHS. (Tabla 03)

**Tabla 02: Información histórica de Monitoreos de la U.H. Bajo Marañón, 2014-2020**

N°	Código Pfafstetter U.H.	Código Final	2014	2016	2017	2018	2020	2020	N° Total De Monitoreos
			JUN	JUN	OCT	NOV	FEB	DIC	
1	4981	RMara20		X	X	X	X	X	5
2	4981	QCSpt1		X	X	X	X	X	5
3	4981	RMara21	X	X	X	X	X	X	6
4	4981	RMara22		X	X	X	X	X	5
5	4981	QZara1		X	X	X	X	X	5
6	4981	RMara23	X	X	X	X	X	X	6
7	4981	RMara24	X	X	X	X	X	X	6
8	4981	RMara19		X	X				2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 03: Puntos de monitoreo de la U.H. Bajo Marañón seleccionados**

N°	Puntos de Monitoreo	Código	Coordenadas UTM WGS 84	
			Este	Norte
1	Río Marañón, aguas debajo de la desembocadura de la quebrada de la cocha San Pablo de Tipishca	<b>RMara20</b>	600510	9502336
2	Quebrada de la cocha de Tipishca, antes de la confluencia con el río Marañón	<b>QCSpt1</b>	600256	9500506
3	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	<b>RMara21</b>	607010	9504386
4	Río Marañón, aguas arriba de la ciudad de Nauta	<b>RMara22</b>	655984	9499267
5	Quebrada Zaragoza, antes de la confluencia al río Marañón	<b>QZara1</b>	658382	9501758
6	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	<b>RMara23</b>	658875	9501988
7	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas	<b>RMara24</b>	669959	9507085

Fuente: Administración Local de Agua Iquitos, 2020

### 3.4.1.2. Parámetros

En la presente investigación se trabajó con los parámetros que corresponden a la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (E2-Ríos de la Selva) de los ECA Agua de acuerdo a la Metodología de los ICARHS de la Autoridad Nacional del Agua; por lo tanto, se determinó el ICARHS con los parámetros existentes en ésta categoría. Sin embargo, se excluyó los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Nitratos (NO3) porque éstos no fueron analizados en los monitores de la calidad de agua del periodo 2014-2020 que se realizó en el área de estudio.

**Tabla 04: Parámetros evaluados en el ICARHS**

Subíndices	Parámetros	Categoría 1	Categoría 3	Categoría 4
		Subcategoría A2		Subcategoría E2
Materia Orgánica (Subíndice 1)	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	X	X	X
	Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X	
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X	X
	Coliformes termotolerantes	X	X	X
	Fósforo total	X		X
	Amoníaco - N	X		
	Nitratos (NO3)			X
	Hidrocarburos totales de petróleo		X	X
Físico-químico Metal (Subíndice 2)	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X	X
	Arsénico	X	X	X
	Aluminio	X	X	
	Manganeso	X	X	
	Hierro	X	X	
	Cadmio	X	X	
	Plomo	X	X	X
	Boro	X	X	
	Cobre			X
	Mercurio			X
	Zinc			X
	Sólidos suspendidos totales			X

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2020

### 3.4.1.3. Cálculo del subíndice 1 y subíndice 2.

Para determinar los dos subíndices se aplicó la fórmula desarrollada por la Autoridad Nacional del Agua en base a la fórmula del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI).

$$\text{CCMEWQI} = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1.732}} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

**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.

$$F_1 = \frac{\text{Nº de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Nº Total de parámetros a evaluar}}$$

**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).

$$F_2 = \frac{\text{Nº de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{Nº Total de datos evaluados}}$$

**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.

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

**a) Suma Normalizada de Excedentes (SNE) =**

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



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

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

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

- **Caso 2:** Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA para Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el Oxígeno Disuelto (> 4), pH (>6.5, <8.5), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

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

Luego de obtener los valores de los factores (F1, F2, y F3) se procedió a realizar el cálculo de cada subíndice con la ecuación 1.

#### 3.4.1.4. Cálculo de los ICARHS

El cálculo dependió de los dos subíndices, en donde la calificación final del ICARHS se determinó por el resultado de menor valor de éstos y calificación crítica.

$$\text{ICARHS} = \text{mín. (S1, S2)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- **mín.:** mínimo
- **S1:** Subíndice 1
- **S2:** Subíndice 2

#### 3.4.1.5. Escalas de valoración

El resultado del ICARHS se presentó como un número adimensional comprendido entre 0 y 100, el cual permitió comparar en cinco rangos, este valor calificó el estado de la calidad del agua, como Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente.

**Tabla 05: Valoración del ICARHS**

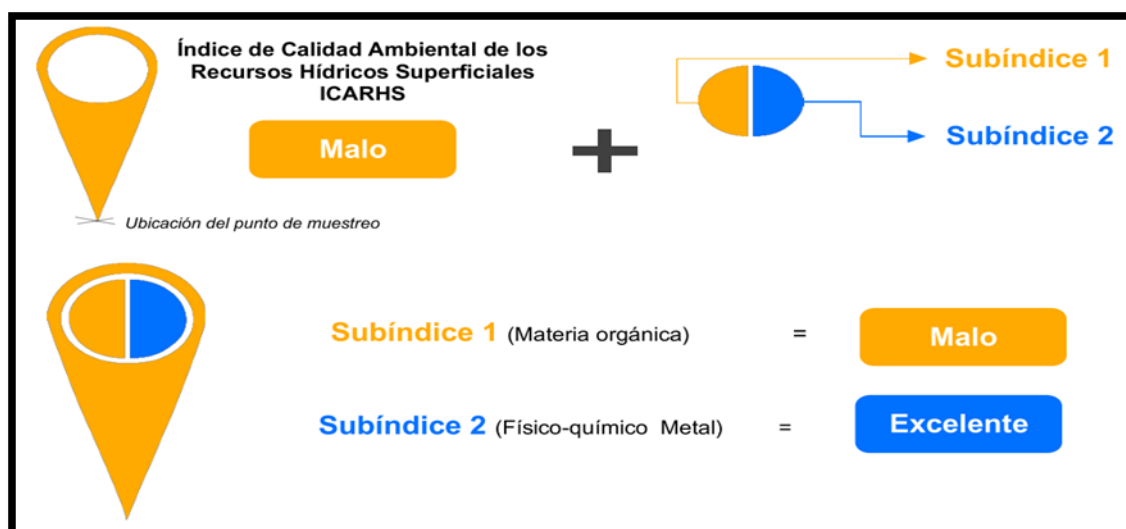
Valor	Calificación	Interpretación
95-100	<b>Excelente</b>	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables
80-94	<b>Bueno</b>	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones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

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2020

### 3.4.1.6. Representación gráfica

Se empleó el Software ArcGis para la representación gráfica y se consideró tres condiciones principales: la ubicación espacial, calificación de los subíndices 1 y 2, y el resultado del ICARHS. La representación integra los resultados de cada subíndice, y cuyo resultado final del ICARHS es visualizado en un mapa temático utilizando la escala de colores establecidos.

**Figura 02: Ícono para la representación del ICARHS**



Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2020

## CAPÍTULO IV

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Valores y calificación del subíndice 1 y subíndice 2 de la U.H. Bajo Marañón

Los valores que se determinaron del subíndice 1 (materia orgánica) para los puntos QCSpt1, QZara1 y RMara23 oscilan en 45-64 que califica la calidad de agua como “malo”; asimismo, para los puntos RMara20, RMara22 y RMara24 los valores están en el rango de 65-79 que califica la calidad de agua como “regular”. Sin embargo, el valor del punto RMara21 está entre 80-94 que califica la calidad de agua como “bueno”.

Sin embargo, los valores del subíndice 2 (Físico químico-metal) para los puntos QCSpt1, RMara20, RMara21, RMara22, RMara23 y RMara24 se encuentran en el rango de 80-94 que califica la calidad de agua como “bueno”; sin embargo, el valor para el punto QZara1 se encuentra en el rango 95-100, lo que califica la calidad de agua como “excelente”, como se detalla en la **tabla 06**.

**Tabla 06: Resultados de la valoración y calificación de los subíndices 1 y 2 de la U.H. Bajo Marañón**

Código	Recurso Hídrico	2014-2020			
		Subíndice 1		Subíndice 2	
		Valor	Calificación	Valor	Calificación
QCSpt1	Quebrada de la Cocha de Tipishca	60,31	MALO	80,77	BUENO
RMara20	Río Marañón	68,16	REGULAR	84,97	BUENO
RMara21	Río Marañón	85,32	BUENO	91,62	BUENO
RMara22	Río Marañón	67,99	REGULAR	88,22	BUENO
QZara1	Quebrada Zaragoza	57,08	MALO	100	EXCELENTE
RMara23	Río Marañón	59,56	MALO	87,4	BUENO
RMara24	Río Marañón	64,44	REGULAR	80,16	BUENO

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Valoración y calificación de los ICARHS de la U.H. Bajo Marañón

De acuerdo con los valores de los subíndices 1 y 2, se determinó el ICARHS de los puntos QCSpt1, QZara1 y RMara23 con valores de 60,31; 57,08 y 59,56; respectivamente, que se encuentran en el rango de 45-64 lo que califica la calidad de agua como “malo”; por otro lado, para los puntos RMara20, RMara22 y RMara24 los valores del ICARHS son 68,16; 67,99 y 64,44; respectivamente, que están en el rango de 65-79 lo que califica la calidad de agua como “regular”. Sin embargo, el valor para el punto RMara21 es 85,32 que se encuentra en el rango de 80-94 que califica la calidad de agua como “bueno” como se detalla en la **tabla 07**.

**Tabla 07: Resultados de la valoración y calificación de los ICARHS de la U.H. Bajo Marañón**

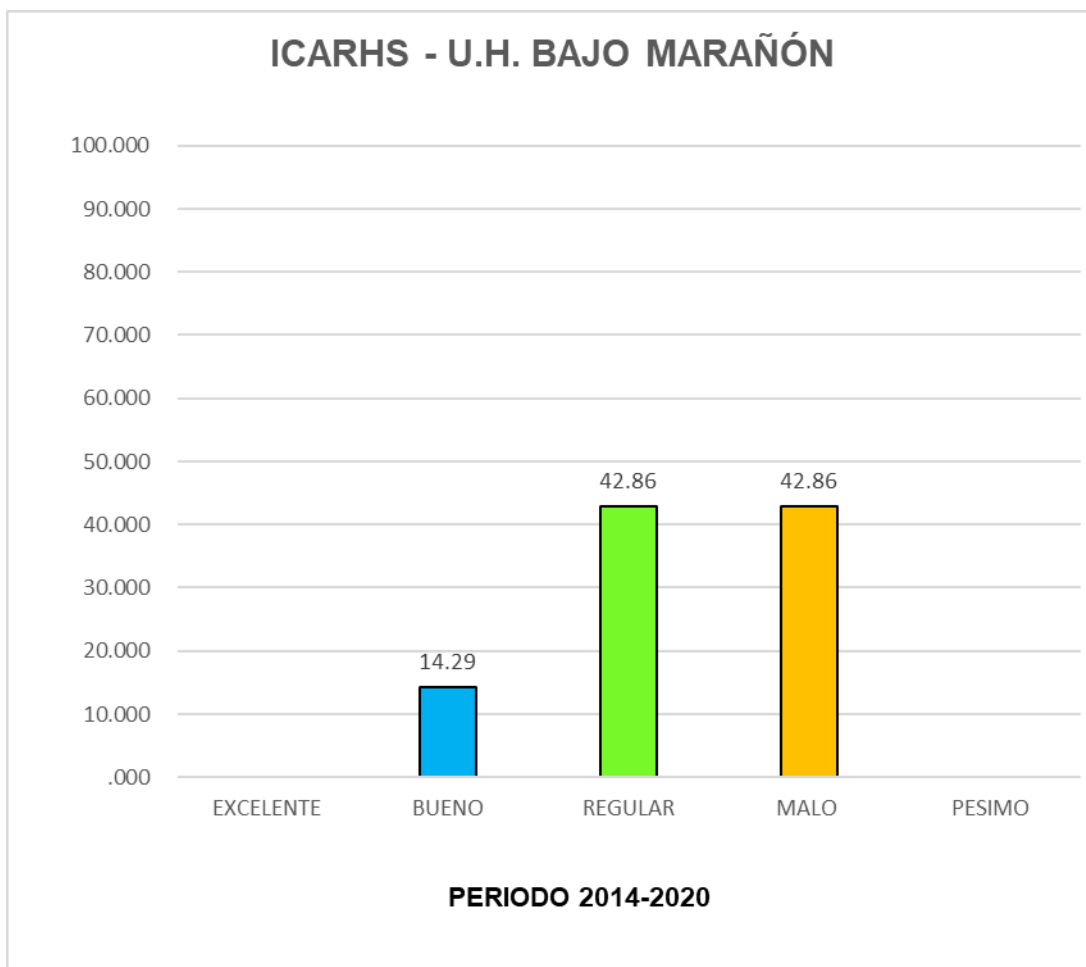
Código	Recurso Hídrico	2014-2020	
		ICARHS Valoración	ICARHS Calificación
QCSpt1	Quebrada de la Cocha de Tipishca	60,31	MALO
RMara20	Río Marañón	68,16	REGULAR
RMara21	Río Marañón	85,32	BUENO
RMara22	Río Marañón	67,99	REGULAR
QZara1	Quebrada Zaragoza	57,08	MALO
RMara23	Río Marañón	59,56	MALO
RMara24	Río Marañón	64,44	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3. Porcentaje de la calificación del ICARHS en la U.H. Bajo Marañón

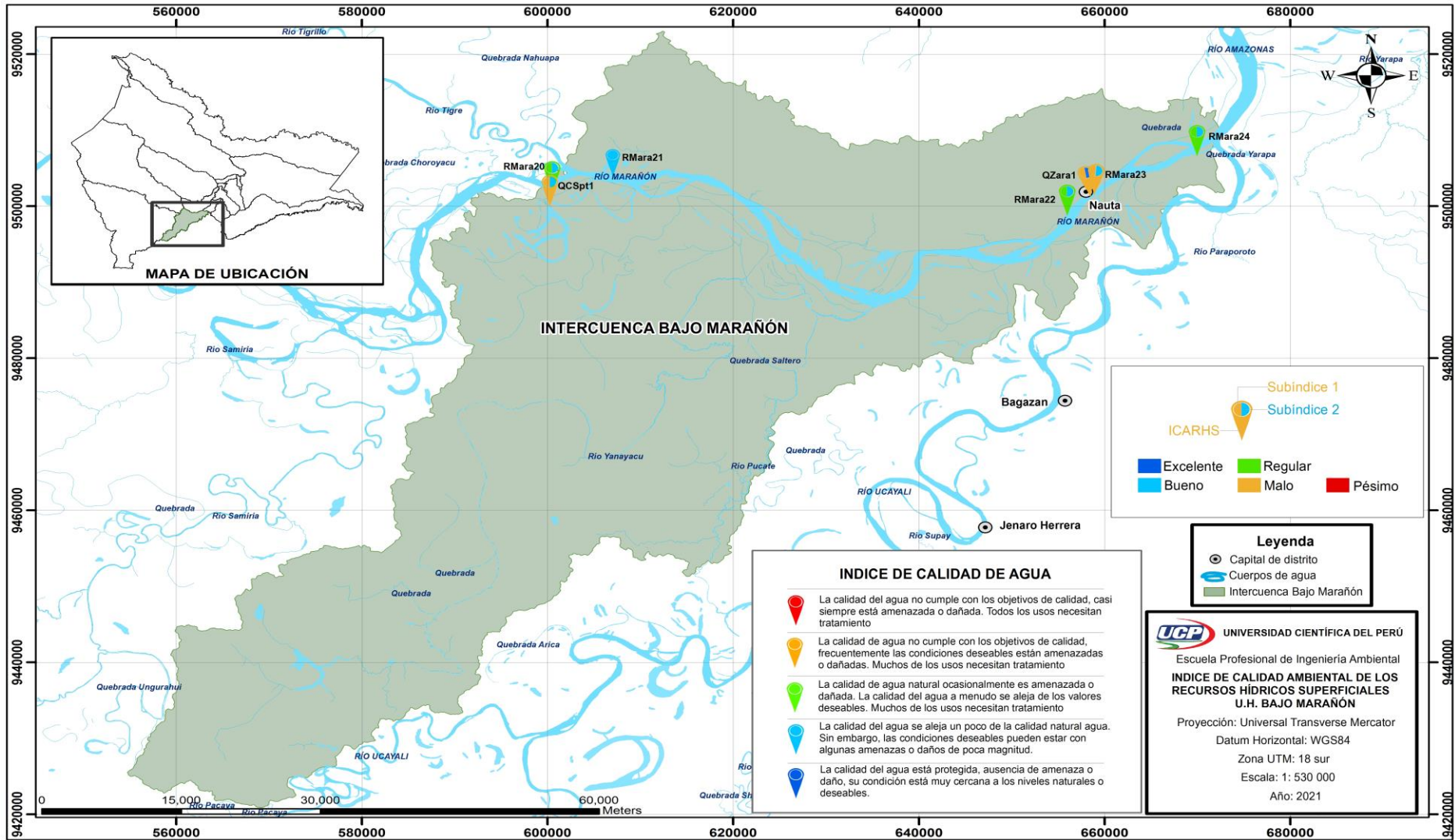
Según los valores del ICARHS, se obtuvo el porcentaje de la calificación, donde la calificación de la calidad de agua “regular” y “malo” son las predominantes con valores iguales de 42,86 %; sin embargo, la calificación de la calidad de agua como “bueno”, tiene un valor de 14.29%.

**Figura 03: Gráfico porcentual de calificación de los ICARHS en la U.H. Bajo Marañón**



Fuente: Elaboración propia

Figura 04: Representación gráfica de los ICARHS de la U.H. Bajo Maraón



## CAPÍTULO V

### 5.1. Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se 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); de la misma forma, que los parámetros que influenciaron en el resultado de la investigación de *Alarcón et al (2016)*, siendo éstos nitratos y fosfatos, pero su valor final del ICA-NSF los calificaba como una calidad de agua media o moderada.

Sin embargo al comparar los resultados de la presente investigación, existe una disparidad con los resultados obtenidos por *Gil-Marín et al (2018)* en donde la calificación predominante para la calidad de agua fue buena con un 69.05% en todo el área de estudio; al igual que en la investigación de *Puerta (2019)* donde dos de tres estaciones de monitoreo (Rhual1 y Rhual2) presentaron una calidad de agua buena, que corresponde a la Intercuenca Medio Huallaga, a diferencia de la estación RMayo1 con una calificación para su calidad de agua de regular, que pertenece a la U.H. Mayo; asimismo, existe relación con los datos obtenidos de *Gutiérrez (2018)* en su investigación, donde el valor de sus dos puntos de monitoreo M1 y M2, obtuvieron una calificación de calidad de agua de, buena y marginal, respectivamente.

Por otro lado, los datos que reportó *Díaz (2019)* en donde la calificación predominante para la calidad de agua fue malo, para cinco de las seis estaciones con las que trabajó; de acuerdo a la subcategoría D1 riego para vegetales: agua de uso no restringido, en cambio, para la subcategoría D1 riego para vegetales: agua de uso restringido obtuvo valores de tres estaciones con calidad de agua malo, dos estaciones con calidad de agua regular y una estación con calidad de agua buena; pero para la subcategoría D2 Bebida de Animales cinco de las seis estaciones obtuvieron calidad de agua mala; todos los resultados que *Díaz (2019)* obtuvo fueron de acuerdo a categoría 3 del ECA Agua; a diferencia del presente del trabajo de investigación, donde los datos fueron comparados con la Categoría 4 del ECA Agua y se realizó los cálculos aplicando la metodología ICARHS elaborada por la Autoridad Nacional del Agua que diverge de la metodología realizada por *Gil-Marín et al (2018)* donde se utilizó el ICA NSF.

No obstante, *Alarcón (2019)* en su investigación aplicó una gama de metodologías, dentro de éstas se encontraba el ICA PE, donde la calificación de la calidad de agua

de las estaciones AS-ESP-01 y AS-ESP-02 fue buena, de la estación AS-03 fue regular y de la estación AS-04 fue de favorable, donde los parámetros que excedieron el ECA Agua fueron principalmente metales, que se diferencia de los parámetros del subíndice 1 que influyeron en los resultados del presente trabajo de investigación.



## CAPÍTULO VI

### 6.1. Conclusiones:

- ✓ Los valores obtenidos para el subíndice 1 de los puntos QCSpt1, QZara1 y RMara23, calificó la calidad de agua de “malo”; para RMara20, RMara22 y RMara24, calificó como “regular” y para RMara21 calificó como “bueno”; debido a que los principales parámetros que influyen en el resultado son: Oxígeno disuelto, Coliformes termotolerantes, Fósforo total y Sólidos suspendidos totales; que exceden el ECA Agua en los resultados del Monitoreo de Calidad de Agua de la U.H. Bajo Marañón.
- ✓ La calificación del subíndice 2 para la calidad de agua de los puntos QCSpt1, RMara20, RMara21, RMara22, RMara23 y RMara24 fue de “bueno”, debido a que solo el parámetro de Plomo excede el ECA Agua en los resultados de los monitoreos de calidad de agua y para el punto QZara1 fue “excelente” que no tuvo parámetros que excedieron el ECA Agua en los resultados de monitoreo de calidad de agua.
- ✓ El ICARHS para la U.H. Bajo Marañón es la misma valoración y calificación de los datos obtenidos para el Subíndice 1, debido a que los resultados de éste son los de menor valor que el Subíndice 2, como exige la metodología.
- ✓ 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, y la menor predominante fue la calificación de “bueno” con un valor de 14,29%.

## 6.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda utilizar los resultados de ésta presente investigación para la toma de decisiones de los diferentes niveles de gobierno en aspectos de mejora, protección y vigilancia de la calidad del agua con la participación de la sociedad civil.
- ✓ Se recomienda realizar diferentes evaluaciones con la metodología del ICARHS en todas las unidades hidrográficas de la región Loreto para determinar la calificación de calidad de agua de los ríos y principales tributarios, ya que éste instrumento se encuentra en vigencia.
- ✓ Sensibilizar a la población de la unidad hidrográfica Bajo Marañón mediante programas de educación ambiental para proteger y conservar el recurso hídrico.
- ✓ Se recomienda realizar un trabajo de identificación de fuentes contaminantes de la unidad hidrográfica Bajo Marañón para determinar la potencial causalidad de los resultados de monitoreos de calidad de agua que exceden el Estándar de Calidad Ambiental para Agua
- ✓ Realizar análisis de calidad de agua superficial de los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Nitratos (NO3) en la red de monitoreo de la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón, ya que carecen de datos en los resultados de monitoreo realizados hasta la fecha.

## Referencias Bibliográficas:

1. Autoridad Nacional del Agua, 2018. Metodología para la Determinación de la Calidad de Agua ICA-PE aplicado a los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, Lima, Perú
2. Autoridad Nacional del Agua, 2020. Índice De Calidad Ambiental De Los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS). Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, Lima, Perú
3. Martínez Y. & Villalejo V., 2018. La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXXIX, No. 1, Ene-Abr2018, p. 58-72. La Habana, Cuba.
4. Gil-Marín, J., Vizcaino, C. and Montaña-Mata, N., 2018. *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela*. En línea: [https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1146/pdf\\_77](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1146/pdf_77)
5. Alarcón, B. & Ñique, M., 2016. *Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú)*. En línea: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/81>
6. Alarcón, J. (2019). Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac. Tesis para optar el título de Ingeniero Geógrafo. Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. En línea: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12169?show=full>
7. Puerta López, C., 2019. *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA - PE*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ecología. Universidad nacional de San Martín – Tarapoto, Perú. En línea: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3460?show=full>
8. Gutiérrez Cabana, V., 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. Universidad Peruana Unión. Escuela profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de ingeniería y arquitectura. En línea: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1771>

9. Díaz Toribio, Y., 2019. Determinación De Variables Con Mayor Impacto En La Calidad Del Agua, De La Cuenca Baja Del Río Chillón. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Disponible en. [http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3807/UNFV\\_Diaz%20Toribio\\_Yeselin%20Margi\\_Titulo%20Profesional\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3807/UNFV_Diaz%20Toribio_Yeselin%20Margi_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
10. Raisbeck, M. (2008). *Water quality for Wyoming livestock & wildlife*.
11. Robbins, P. (2007). *Encyclopedia of Environment and Society Chapter*. Sage Publications.
12. Coral (2013). *Control de la contaminación de aguas residuales*. Primera Ed, Quito: SEK. 44.45pag.
13. Autoridad Nacional del Agua (2018). Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE. Aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Lima: ANA
14. OEFA (2015). Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental. 29p. Primera edición. Lima – Perú. Retrieved from: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978)
15. Lenntech (2017). *Nitratos en el agua potable: efectos sobre la salud*. Recuperado de: <https://www.lenntech.es/nitratos.htm#ixzz5HzR7hwRZ>
16. Amado, A. J., Rubiños, P. E., Reyes, G. F., Alarcón, C. J., Hernández A. E. (2006). *Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción*. Revista Internacional de Botánica experimental. 75: 71 – 83.

## **Anexos**

**Anexo 01: Informes Técnicos de los monitoreos de la Calidad de Agua de la U.H. Bajo Marañón**

**Figura 05:** Datos de los Informes Técnicos de los monitoreos de la Calidad de Agua de la U.H. Bajo Marañón 2014-2020

N°	Informe Técnico	CUT	Fecha del Monitoreo	N° de Monitoreo
1	027-2014-ANA-DGCRH-GOCRH	156699-2014	jun-14	Primer Monitoreo 2014
2	021-2016-ANA-ALA-IQUITOS/EJDG-ECA	1294-2016	jun-16	Primer Monitoreo 2016
3	049-2017-ANA-ALA-IQUITOS/EJDG-ECA	1300-2017	oct-17	Primer Monitoreo 2017
4	064-2018-ANA-ALA-IQUITOS/EJDG-ECA	231029-2018	nov-18	Primer Monitoreo 2018
5	034-2020-ANA-ALA-IQUITOS/EJDG	115289-2020	feb-20	Primer Monitoreo 2020
6	006-2021-ANA-ALA-IQUITOS/EJDG	25225-2021	Dic-20	Segundo Monitoreo 2020

**Anexo 02: Resultados de los Monitoreos de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón 2014-2020**

**Figura 06:** Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón-2014

Parámetro	Descripción del Punto de Muestreo	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas
	Fecha	8/06/2014	9/06/2014	9/06/2014
	Hora	17:00:00	11:50:00	10:50:00
	Unidad	<b>RMara26</b>	<b>RMara27</b>	<b>RMara28</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,51	5,53	5,5
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	mg/L	<0,04	<0,04	<0,04
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7,49	7,55	7,49
Arsénico	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001
Plomo	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cobre	mg/L	0,0029	0,0081	0,0043
Mercurio	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Zinc	mg/L	0,005	0,013	0,005
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	208	150,7	92,33

**Figura 07:** Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón-2016

Parámetro	Descripción del Punto de Muestreo	Río Marañón, aguas debajo de la desembocadura de la quebrada de la cocha San Pablo de Tipishca	Quebrada de la cocha de Tipishca, antes de la confluencia con el río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	Río Marañón, aguas arriba de la ciudad de Nauta	Quebrada Zaragoza, antes de la confluencia al río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas
	Fecha	21/06/2016	21/06/2016	21/06/2016	21/06/2016	21/06/2016	21/06/2016	21/06/2016
	Hora	8:05:00	7:25:00	8:25:00	10:30:00	10:50:00	11:15:00	12:00:00
	Unidad	<b>RMara20</b>	<b>QCSpt1</b>	<b>RMara21</b>	<b>RMara22</b>	<b>QZara1</b>	<b>RMara23</b>	<b>RMara24</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,54	<b>4,35</b>	5,52	5,81	6,56	5,84	5,63
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7,71	7,35	7,59	7,72	7,78	7,68	7,73
Arsénico	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Plomo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,006	0,004	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,009
Mercurio	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Zinc	mg/L	0,018	0,014	0,008	0,014	0,009	0,012	0,024
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	145	157	42	54	17	187	193

**Figura 08:** Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón-2017

Parámetro	Descripción del Punto de Muestreo	Río Marañón, aguas debajo de la desembocadura de la quebrada de la cocha San Pablo de Tipishca	Quebrada de la cocha de Tipishca, antes de la confluencia con el río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	Río Marañón, aguas arriba de la ciudad de Nauta	Quebrada Zaragoza, antes de la confluencia al río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas
	Fecha	19/10/2017	19/10/2017	19/10/2017	19/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017
	Hora	11:35:00	10:00:00	12:15:00	15:55:00	9:50:00	10:20:00	17:10:00
	Unidad	<b>RMara20</b>	<b>QCSpt1</b>	<b>RMara21</b>	<b>RMara22</b>	<b>QZara1</b>	<b>RMara23</b>	<b>RMara24</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,598	5,861	6,728	6,118	6,636	6,177	6,084
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	---	---	---	490	<b>17000</b>	790	49
Fósforo Total	mg/L	<b>0,104</b>	<b>0,084</b>	0,018	<b>0,18</b>	0,041	<b>0,246</b>	<b>0,218</b>
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	mg/L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8,129	7,785	6,927	8,08	6,85	8,129	8,126
Arsénico	mg/L	0,00276	0,0022	<0,00003	0,00182	<0,00003	0,00265	0,00309
Plomo	mg/L	<b>0,004</b>	<b>0,0027</b>	<0,0002	0,0025	0,0012	<b>0,004</b>	<b>0,0049</b>
Cobre	mg/L	0,02113	0,00688	0,00318	0,00742	0,00129	0,00981	0,01165
Mercurio	mg/L	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
Zinc	mg/L	0,0212	0,0319	<0,0100	0,013	0,033	0,0403	0,043
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	167	88	25	194	32	221	189



**Figura 09:** Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón-2018

Parámetro	Descripción del Punto de Muestreo	Río Marañón, aguas debajo de la desembocadura de la quebrada de la cocha San Pablo de Tipishca	Quebrada de la cocha de Tipishca, antes de la confluencia con el río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	Río Marañón, aguas arriba de la ciudad de Nauta	Quebrada Zaragoza, antes de la confluencia al río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas
	Fecha	13/11/2018	13/11/2018	13/11/2018	14/11/2018	14/11/2018	14/11/2018	14/11/2018
	Hora	15:15:00	15:40:00	16:30:00	8:00:00	8:35:00	9:00:00	9:50:00
	Unidad	<b>RMara20</b>	<b>QCSpt1</b>	<b>RMara21</b>	<b>RMara22</b>	<b>QZara1</b>	<b>RMara23</b>	<b>RMara24</b>
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,133	6,111	6,681	6,315	5	6,23	6,059
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL				<1,8	<b>17000</b>	<b>2400</b>	14
Fósforo Total	mg/L	<b>0,192</b>	<b>0,172</b>	<b>0,053</b>	<b>0,311</b>	<b>0,21</b>	<b>0,345</b>	<b>0,38</b>
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	mg/L	<0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	0,1215
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8,725	8,729	7,656	8,673	7,26	8,266	8,557
Arsénico	mg/L	0,00393	0,00396	0,00088	0,00307	0,0005	0,00392	0,00365
Plomo	mg/L	<b>0,006</b>	<b>0,0068</b>	0,0013	<b>0,0053</b>	0,0007	<b>0,0066</b>	<b>0,0064</b>
Cobre	mg/L	0,01081	0,0127	0,00388	0,00558	<0,00003	0,00814	0,00752
Mercurio	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc	mg/L	0,0388	0,0446	0,0211	0,0339	0,02	0,0419	0,0484
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	240	265	47	214	19	242	289

**Figura 10:** Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón-2020-I

Parámetro	Descripción del Punto de Muestreo	Río Marañón, aguas debajo de la desembocadura de la quebrada de la cocha San Pablo de Tipishca	Quebrada de la cocha de Tipishca, antes de la confluencia con el río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	Río Marañón, aguas arriba de la ciudad de Nauta	Quebrada Zaragoza, antes de la confluencia al río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas
	Fecha	19/02/2020	19/02/2020	19/02/2020	20/02/2020	20/02/2020	20/02/2020	20/02/2020
	Hora	14:15:00	14:30:00	14:50:00	14:30:00	14:45:00	15:00:00	15:30:00
	Unidad	<b>RMara20</b>	<b>QCSpt1</b>	<b>RMara21</b>	<b>RMara22</b>	<b>QZara1</b>	<b>RMara23</b>	<b>RMara24</b>
Fósforo Total	mg P/L	<b>0,370</b>	<b>0,149</b>	<b>0,150</b>	<b>0,378</b>	<b>0,116</b>	<b>0,378</b>	<b>0,316</b>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	---	---	---	110	<b>3500</b>	790	17
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Arsénico (As)	mg/L	0,0060	0,0043	0,0020	0,0062	0,0007	0,0065	0,0052
Cobre (Cu)	mg/L	0,0168	0,0016	0,0052	0,0164	0,0011	0,0169	0,0132
Mercurio (Hg)	mg/L	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Plomo (Pb)	mg/L	<b>0,0086</b>	0,0007	<b>0,0028</b>	<b>0,0083</b>	0,0009	<b>0,0086</b>	<b>0,0077</b>
Zinc (Zn)	mg/L	0,039	< 0,008	0,015	0,037	0,010	0,050	0,030
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	258	18	45	274	20	298	191

**Figura 11:** Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua U.H. Bajo Marañón-2020-II

Parámetro	Descripción del Punto de Muestreo	Quebrada de la cocha de Tipishca, antes de la confluencia con el río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la desembocadura de la quebrada de la cocha San Pablo de Tipishca	Río Marañón, aguas debajo de la Comunidad Solteritos	Río Marañón, aguas arriba de la ciudad de Nauta	Quebrada Zaragoza, antes de la confluencia al río Marañón	Río Marañón, aguas debajo de la ciudad de Nauta	Río Marañón, antes de la confluencia con el río Ucayali para formar el río Amazonas
	Fecha	7/12/2020	7/12/2020	7/12/2020	7/12/2020	7/12/2020	7/12/2020	7/12/2020
	Hora	7:35:00	7:55:00	8:10:00	10:15:00	10:50:00	11:00:00	11:25:00
	Unidad	QCSpt1	RMara20	RMara21	RMara22	QZara1	RMara23	RMara24
Fósforo Total	mg P/L	0,254	<0,010	< 0,010	<0,010	< 0,010	0,224	0,301
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	455	180	57	148	12	284	422
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	170	33	33	<1,8	1300	<1,8	79
Arsénico (As)	mg/L	0,0051	0,0030	0,0007	0,0029	0,0005	0,0034	0,0045
Cobre (Cu)	mg/L	0,0241	0,0129	0,0038	0,0128	0,0010	0,0174	0,0211
Mercurio (Hg)	mg/L	< 0,00005	<0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Plomo (Pb)	mg/L	0,0090	0,0046	0,0016	0,0045	0,0014	0,0059	0,0077
Zinc (Zn)	mg/L	0,047	0,026	0,010	0,021	0,018	0,032	0,036