



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos
Superficiales en la Minería Legal e Ilegal, Ayacucho-Arequipa,
2017 – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Salas Diez, Nathalia Alexandra (ORCID: 0000-0003-0521-7121)

Segura Pérez, William Alberto (ORCID: 0000-0001-6559-7598)

ASESOR:

Mg. Honores Balcázar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mí amado Jesús y su Santísima Madre
por darme vida, fuerza, sabiduría
y su protección en mi caminar.

A mis padres Jorge y Ruth por su apoyo
incondicional, su ejemplo y siempre alentarme
a no rendirme.

A mi esposo Carlos por su amor, paciencia
y compañía durante este largo camino.

A mi Dios y al Divino Niño por este logro
y darme lo necesario para sentirme agradecido
día a día.

A mis Padres María del Carmen y Víctor,
por darme su apoyo incondicional y
ejemplo de trabajo y honradez; a mí
esposa Lizeth e hija Rosaliz por su
apoyo y paciencia día a día.

Agradecimiento

A la UCV por permitirme realizar este trabajo de investigación para optar el grado.

A mi asesor por su paciente orientación en el desarrollo de esta investigación.

A los profesionales de la Administración Local del Agua de Ocoña, que me brindaron la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

Y para todos aquellos que aportaron en la culminación de este trabajo de investigación.

A mi asesor por su paciente orientación en el desarrollo de esta investigación.

A todos mis amigos que son pocos, pero muy valiosos y a todas las personas que contribuyeron y me apoyaron en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipos y diseño de investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5. Procedimientos.....	29
3.6. Método de análisis de información.....	39
3.7. Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	61
VII. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables de investigación.....	22
Tabla 2: Matriz de operacionalización.....	23
Tabla 3: Red de estaciones de monitoreo Ayacucho-Arequipa.....	25
Tabla 4: Fichas de recolección y procesamiento de datos.....	28
Tabla 5: Red de estaciones de monitoreo de calidad de agua.....	32
Tabla 6: Calificación del ICARHS.....	38
Tabla 7: Comparación del ICARHS en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	40
Tabla 8: Categorización del ICARHS según ECA categoría 3, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	41
Tabla 9: Categorización del ICARHS según ECA categoría 4, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	41
Tabla 10: Comparación de los valores de la materia orgánica (subíndice 1) del ICARHS, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	42
Tabla 11: Categorización de los valores de la materia orgánica (subíndice 1) del ICARHS según ECA categoría 3, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	43
Tabla 12: Categorización de los valores de la materia orgánica (subíndice 1) del ICARHS según ECA categoría 4, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	43
Tabla 13: Comparación de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	44
Tabla 14: Categorización de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS según ECA categoría 3, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	45
Tabla 15: Categorización de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS según ECA categoría 4, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Administración Ala Ocoña Pausa.....	30
Tabla 2: Área de estudio y localización de las estaciones de monitoreo en la Cuenca Ocoña.....	31
Tabla 3: Figura 3: Niveles de los subíndices 1 y 2 del ICARHS según punto de muestreo de minería legal e ilegal para ECA categoría 3, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	46
Tabla 4: Figura 4: Niveles de los subíndices 1 y 2 del ICARHS según punto de muestreo de minería legal e ilegal para ECA categoría 4, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.....	47
Figura 5: ECA-Agua categoría 3 para el metal Aluminio.....	48
Figura 6: ECA-Agua categoría 3 para el metal Arsénico.....	49
Figura 7: ECA-Agua categoría 3 para el metal Cadmio.....	50
Figura 8: ECA-Agua categoría 3 para el metal Cobre.....	50
Figura 9: ECA-Agua categoría 3 para el metal Hierro.....	51
Figura 10: ECA-Agua categoría 3 para el metal Manganeseo.....	51
Figura 11: ECA-Agua categoría 3 para el metal Boro.....	52
Figura 12: ECA-Agua categoría 3 para el metal Plomo.....	53
Figura 13: ECA-Agua categoría 3 para el metal Mercurio.....	53
Figura 14: ECA-Agua categoría 3 para el metal Zinc.....	54
Figura 15: Mapa Resultados ICARHS Cuenca Ocoña.....	55

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación es determinar el ICARHS en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017 al 2021. La metodología usada es el ICARHS, tomando catorce puntos de monitoreo en los sectores donde existe actividad minera legal e ilegal. El resultado del objetivo principal para categoría 3, es de 93.89 y 94.00; y para categoría 4, de 93.43 y 89.00 para minería legal e ilegal respectivamente. Los resultados del objetivo específico uno para la categoría 3 fue de 95.22 (minería legal) y 94.00 (minería ilegal), y para categoría 4 se obtuvieron promedios de 93.43 para (minería legal) y 89.00 para (minería ilegal). En el objetivo específico dos, para categoría 3, se obtuvieron promedios de 98.00 (minería legal) y 100.00 (minería ilegal). Y para categoría 4 se obtuvieron promedios de 99.71 para minería legal y 100.00 para minería ilegal. Se concluyó que hay igualdad significativa entre los ICARHS de la minería legal e ilegal, con una calificación ICARHS para categoría 3 de “Excelente” y para categoría 4, de “Excelente” a “Bueno”. Para los objetivos específicos 1 y 2, se concluyó que existe igualdad significativa para categoría 3 y 4 con calificación “Excelente” y de “Excelente” y “Bueno” respectivamente.

Palabras clave: ICARHS, calidad del agua, subcuenca del río Marán.

ABSTRACT

The main objective of the research is to determine the ICARHS in legal and illegal mining, Ayacucho-Arequipa, 2017 to 2021. The methodology used is the ICARHS, taking fourteen monitoring points in the sectors where there is legal and illegal mining activity. The result of the main objective for category 3 is 93.89 and 94.00; and for category 4, 93.43 and 89.00 for legal and illegal mining respectively. The results of specific objective one for category 3 were 95.22 (legal mining) and 94.00 (illegal mining), and for category 4 averages of 93.43 were obtained for (legal mining) and 89.00 for (illegal mining). In specific objective two, for category 3, averages of 98.00 (legal mining) and 100.00 (illegal mining) were obtained. And for category 4, averages of 99.71 were obtained for legal mining and 100.00 for illegal mining. It was concluded that there is significant equality between the ICARHS of legal and illegal mining, with an ICARHS rating for category 3 of "Excellent" and for category 4, of "Excellent" to "Good". For specific objectives 1 and 2, it was concluded that there is significant equality for category 3 and 4 with ratings "Excellent" and "Excellent" and "Good" respectively.

Palabras clave: ICARHS, water quality, Marán river sub-basin.

I. INTRODUCCIÓN

Para muchos, el agua es un recurso natural sin importancia y tan accesible, que se puede obtener con tan solo abrir un grifo y esperar que caiga el agua en la calidad y cantidad deseada, sin tanto esfuerzo; pero la verdad es que contar con este recurso natural, es un privilegio de pocos (Lozano-Rivas, William Antonio y Lozano Bravo, Guillermo, 2015, p. 13). Mundialmente el agua, es un recurso vital y con mayor preocupación en su conservación; y esto debido en su mayor parte por el impacto del hombre en este recurso. El agua es la piedra angular para lograr el desarrollo sostenible mundial (GWP, 2016, p. 2).

La demanda mundial del agua se multiplicó por más de seis y el crecimiento de la población se multiplicó por tres. Si no se mejora la gestión del agua, se estima que para el año 2025 a nivel mundial, dos tercios de la población sufrirá de escasez de agua con niveles grave o moderado (GWP, 2016, p. 59); y para el 2050, de la población mundial, más del 40% vivirá bajo estrés hídrico severo, haciéndolos vivir en cuencas fluviales, y que un 20% estará en riesgo de inundaciones (GWP, 2017, p. 2). Antes de la pandemia, el desafío más grave que tenía el mundo era la “crisis del agua” pero con la llegada de la pandemia esta crisis, ha pasado a niveles de gravedad maratónicos (GWP, 2021, p. 18).

El recurso más peleado por su uso es el agua y esto se debe principalmente a las demandas de los distintos rubros (energéticos, agrícolas, mineras, etc.); siendo la minería la actividad más lucrativa (Brousett-Minaya, Rondan-Sanabria y Chirinos-Marroquín, 2021, p. 189); y al mismo tiempo, la actividad minera en nuestro país, es la que trae más conflictos (Ulloa et al. 2021, p. 2). La minería, ha conseguido un aumento respecto a los conflictos sociales por los impactos ocasionados al ecosistema, y por consiguiente, un aumento en las denuncias de las comunidades afectadas, aumento de los conflictos sociales entre los grupos de interés; todo esto sin sumar el gran problema del aumento de la minería informal en nuestro país (Brousett-Minaya, Rondan-Sanabria y Chirinos-Marroquín, 2021, p. 189).

Y es debido a esta conflictividad originada por el abuso en la explotación del agua por las mineras, que son las mismas comunidades, quienes generan las denuncias respecto al abuso del recurso hídrico y/o impactos ambientales producidos por las mineras. Estas denuncias realizadas por las comunidades mineras a la ANA (máxima autoridad rectora del agua), son derivadas a las distintas Administraciones Locales de Agua (ALA) quienes administran este recurso y sus bienes, y que son responsables que se realice el monitoreo hídrico en las zonas reportadas, debiendo ser monitoreadas y analizadas para asegurar la correcta gestión de dicho recurso en la zona.

Los afluentes industriales y las sustancias tóxicas que provienen de los lixiviados de relaves mineros y agroquímicos; son vertidos a los recursos hídricos sin tratamiento previo, generando un riesgo de contaminación. Es por ello que nace la necesidad de administrar caudales y crear un instrumento de monitoreo de la calidad de las aguas (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008, p. 1906).

La gestión del agua ha evolucionado, y si hablamos de metodologías para determinar la calidad, podemos mencionar varias, entre ellas, la más clásica: la fisicoquímica; sin embargo, actualmente se le complementa con la parte biológica. (Figueroa, Valdovinos, Araya y Parra, 2003, p. 276). La gestión del agua ha evolucionado y cada país ha desarrollado e implementado distintos índices de calidad, siendo Alemania, Estados Unidos, Canadá y España los primeros países en implementarlos, siguiéndole otros países latinoamericanos. En el Perú, la ANA utiliza la metodología ICARHS y viene realizando desde el 2009, monitoreos en los recursos hídricos, con el objetivo de evaluar la calidad de este recurso. (ANA, 2020, p. 2).

Por la ANA, se conoce que, tanto la Minería legal como la ilegal, han presentado incremento de denuncias por el abuso del recurso del agua y por los impactos ambientales producidos por sus actividades extractivas, siendo la minería ilegal la que mayores conflictos sociales ha ocasionado. Ante ello, esta investigación tiene como problema general ¿Cómo determino el ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021?, así

como también, los problemas específicos son: ¿Cómo determino los valores de la materia orgánica del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021?; ¿Cómo determino los valores Físico-químico Metal del ICARHS en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021? ¿Cómo determino los valores Inorgánicos del ECA-Agua categoría 3 en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021? y ¿Cómo determino los valores Inorgánicos del ECA-Agua categoría 4 en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021?

Para esta investigación se usó como herramienta de medición para el índice del estado del agua, la metodología canadiense CCME_WQI (Canadian Council of Ministers of the Environment), o nombrado por la ANA como Índice de la Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (en adelante ICARHS) (CCME, 2001).

La justificación para esta investigación es tipo teórica y social; teórica, pues busca generar información sobre el estado del agua en la cuenca Ocoña utilizando el ICARHS como metodología; sumando que en esta cuenca se desarrollan actividades mineras legales e ilegales y que a la fecha no se cuenta con muchas investigaciones relacionadas a la calidad del agua en el sur del país, y con esta nueva metodología; y social, porque según los resultados que salgan, contribuirán en la toma de decisiones y acciones para contribuir en mejorar la calidad del agua del cuerpo de agua investigado, beneficiando no sólo en la calidad del agua sino también a los pobladores de la zona.

Este trabajo tiene como objetivo general, determinar el ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021. Como objetivos específicos busca: 1) Determinar los valores de la materia orgánica del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021, 2) Determinar los valores Físico-químico Metal del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021; 3) Determinar los estándares de calidad del agua en las categorías nivel tres y cuatro en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.

Para el presente trabajo, se evaluaron los valores de (19) diecinueve indicadores de calidad de agua, clasificados en dos dimensiones: materia orgánica y Físico-químico Metal. Los valores obtenidos de los muestreos realizados por la ANA para los sectores donde se encuentra la minería legal e ilegal en la ciudad de Ayacucho-Arequipa en los últimos cinco años, son analizados con un instrumento matemático que toma un número de parámetros para estudiarlos; traduciendo estos resultados en un valor que tiene una calificación para el estado del agua estudiado en el punto de muestreo determinado.

II. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación se revisaron varios documentos que tienen relación con la investigación realizada, los documentos revisados se detallan a continuación:

En Ecuador, Veloz y Carbonel (2018), tuvieron como objetivo general, determinar el índice de calidad para el río Chibunga tanto en época de avenida como estiaje. Se aplicó el método Delphi, escogiendo a nivel nacional expertos en el tema, quienes eligieron las posibles variables a ser monitoreadas en el lugar de estudio, siendo el índice de calidad del agua general – ICG el propuesto. Para este estudio se tomó en cuenta las once variables, las cuales fueron medidas en diez puntos de monitoreo (en época de avenida y estiaje del 2013-2017). Los resultados fueron; pH: valores dentro de la normativa; el OD: en parte alta del río valores altos que disminuyen en la parte baja hasta llegar a valores críticos en estiaje; DBO5: de avenida a estiaje disminuyó; grasas y aceites y fosfatos: en avenida de calidad Buena y en estiaje Mala; nitratos: en ambas épocas tiene calidad Buena; tensoactivos: tanto en avenida como estiaje, Buena; SST: tanto en avenida como estiaje, calidad mala; el plomo: tanto en época de lluvia como seca, su calidad disminuye teniendo una calificación de Mala; en coliformes fecales, tanto en avenida como estiaje, es Pésima. Se concluye que la calidad tanto en lluvia como seca, es Regular, y ésta va empeorando con el transcurso del tiempo, pudiendo en un futuro lograr alcanzar una calidad Mala.

En México, Chávez Martínez (2015), estudió el río Cazonos en Coatzintla teniendo como objetivo evaluar en tiempo y lugar el estado del agua, buscando que los resultados puedan ser de útil aplicación para el manejo del cuerpo de agua y su recuperación de ser necesario. La metodología a utilizar es el Índice de Brown-NFS, que contempla nueve parámetros a estudiar relacionados a la calidad; estos parámetros fueron medidos en tres puntos de monitoreo del año 2013 al 2014 (por el lapso de un año). Se concluyó a partir de los resultados, que el río Cazonos en las tres estaciones durante el periodo del 2013 al 2014, tiene una calidad media según lo establecido en el índice de Brown-NSF. Como resultado se obtuvo que: la turbiedad, los sólidos disueltos y coliformes fecales son las variables que influyen altamente en el índice de calidad del cuerpo de agua. La investigación concluyó que el estado del recurso estudiado ha ido disminuyendo su índice de calidad en los últimos años.

En Argentina, Magdaleno et Al. (2018), realizó la investigación que tiene como objetivo evaluar el impacto que tienen las actividades rurales en la calidad del recurso del arroyo Burgos en San Pedro. Los autores aplicaron la metodología ICA, utilizando dos índices de calidad con distintos parámetros para cada uno, denominándolos: $ICA_{(1)}$ e $ICA_{(2)}$, teniendo el primero como parámetros la T° , OD y el NH_4^+ , y el segundo el pH, OD, T° , nitratos, PRS y coliformes fecales. El estudio se realizó en marzo, junio y diciembre del 2015, en donde se tomaron tres muestras para cada ICA, tomando las muestras en seis lugares diferentes, en donde cuatro de seis muestras se tomaron a lo largo del arroyo (las dos primeras se tomaron en el arroyo tributario y las otras dos en el arroyo Burgos). Los resultados revelaron que el parámetro de polución: para el $ICA_{(1)}$, los resultados variaron de leve a muy elevada, muy distinto a lo que se obtuvo para el $ICA_{(2)}$, que tuvo como resultado de regular a pésima. Con respecto a los coliformes fecales y enterococos, la concentración de estos microorganismos fue parecido en ambos ICA's, mientras que para *Salmonella* spp., las diferencias fueron significativas, y esto puede ser por las precipitaciones que ocasionan que estos microorganismos se transporten gracias al proceso de escorrentía

superficial. Los autores concluyen que aplicar distintos indicadores para determinar la calidad podría ser de mucha utilidad si el objetivo es evaluar el estado de las aguas superficiales y más provechosas aún, si se tiene como parámetro la concentración de coliformes fecales.

En Cuba, Seisdedo y Díaz (2021), los autores realizaron una investigación que tiene como objetivo conocer la influencia de los procesos ambientales en los indicadores de calidad del recurso hídrico en el embalse Hanabanilla. La metodología que usaron es la del ICA, y para ello se utilizaron cuatro puntos de monitoreo durante el periodo 2014 al 2015. Los resultados obtenidos fueron: con respecto a la temperatura, durante la temporada de lluvia, la estratificación fue notoria, ya que se desarrollaron termoclimas a los 11-13 metros de profundidad. Este proceso también influyó en otros parámetros como el pH y el oxígeno disuelto, que favorecieron la presencia de altas concentraciones de ciertos nutrientes y metales. También indicaron que no se presentaron condiciones eutróficas durante los meses estudiados. Se concluyó que, si hay influencia de los procesos ambientales en los indicadores de calidad estudiados, ya que los resultados muestran correlaciones entre los indicadores físico-químicos y entre las dos temporadas. También se concluyó que se observaron signos de deterioro en la calidad, debido principalmente por las lluvias y generándose en el nivel más profundo; cabe mencionar que, respecto al estatus trófico, durante el periodo estudiado, se obtuvieron condiciones no eutróficas.

En Colombia, Sanabria-Suárez A et al. (2017), tuvieron como objetivo mostrar las variaciones en la calidad del agua del río Bogotá que atraviesa el centro del país, a través de la interpretación de los resultados de los monitoreos realizados cada semestre del 2008 al 2015, llevado a cabo por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). La metodología usada fue el ICA; para determinar el ICA, los autores usaron los datos brindados por CAR calculando así el ICA según el modelo Ideam-Colombia. Para esta investigación se tomaron en cuenta treinta y uno (31) puntos de monitoreo ubicados desde el nacimiento del río, hasta su desembocadura en el río Magdalena. El ICA nos define la calidad que obtuvo, definiéndola en

cinco categorías desde muy mala, mala, regular, aceptable y buena. Los resultados indicaron que en el nacimiento del río la calidad fue ACEPTABLE y en los puntos siguientes la calidad fue decayendo a regular, para terminar en una calidad MALA. Concluyeron que el agua está en calidad MALA, debido a la presencia de agroquímicos en la cuenca alta del río, esto se debe principalmente por causas antrópicas por actividades agroindustriales ejecutadas cerca del río.

En Perú, Vargas Mendoza (2021), en el río San Gabán-Carabaya en Puno, realizó una investigación cuyo objetivo es conocer la variación espacio-tiempo del ICARHS del río en los puntos de control ubicados en Macusani, Ollachea y San Gabán. La metodología usada es el ICARHS, donde Vargas sólo usa catorce de los veinte parámetros establecidos por el ANA, estos parámetros están agrupados en dos dimensiones: materia orgánica y físico-químico metal. Para esta investigación el autor tomó seis puntos de monitoreo y clasificó al cuerpo de agua estudiado como categoría nivel tres, los años estudiados son del 2016 al 2020. Los resultados en los seis puntos de control para Macusani, Ollachea y San Gabán oscilan de 76 a 91, tanto para época seca como para época de lluvia, clasificando la calidad de “Regular” a “Bueno” en los años estudiados del 2016 al 2020. Vargas concluyó que la calidad en el punto 1 es mejor que en el punto 2 (para el poblado de Macusani); en el punto 3 (aguas arriba) es mejor que en el punto 4 (aguas abajo) donde tuvo calidad “Buena” y “Regular” en punto 3 y 4; y en el punto 5 (aguas arriba) la calidad es mejor que en el punto de control 6 (aguas abajo) para el poblado de San Gabán. También concluyó que el ICARHS tiene correlación inversa con los parámetros: pH, OD, STS, arsénico, níquel, plomo, zinc y coliformes termotolerantes.

En Perú, Fuentes Torres (2021), en la subcuenca del río Cotahuasi en la ciudad de Arequipa, realizó una investigación cuyo objetivo es conocer el ICARHS para la gestión de la calidad del cuerpo de agua mencionado. La metodología usada en la investigación es el “ICARHS”; el autor usa once parámetros de los veinte establecidos para esta metodología; los parámetros son agrupados en dos dimensiones: materia orgánica y físico-químico metal,

se realizaron siete puntos de monitoreos en el cuerpo de agua de categoría cuatro y subcategoría E2. Los resultados obtenidos fueron que la calidad del cuerpo de agua mejora en la gestión de la calidad del río Cotahuasi, el cual se califica como: “Excelente”, con una gestión “Eficiente”; “Bueno”, con una gestión “regular” y “pésimo”, con una gestión “deficiente”. Fuentes concluyó que la identificación de la calidad del cuerpo de agua incide en su gestión; es decir, a mayor puntaje ICARHS, mejor será la calificación de la gestión del río, ya que la calificación ICARHS es correlacional a la gestión de la calidad del cuerpo de agua; concluyó también que el monitoreo en los puntos de muestreo, y que sólo los parámetros de la dimensión: materia orgánica, inciden en la gestión del estado del río.

En Perú, Choque-Quispe et al. (2021), en la ciudad de Andahuaylas, realizó una investigación cuyo objetivo fue encontrar el índice de calidad de agua en la microcuenca del río Chumbao, para dicha investigación aplicó la metodología ICA según Dinius, que usó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales son: pH, DBO5, OD, STD, conductividad, PO4, T°, turbidez, color, NO3, alcalinidad, dureza, cloruros e indicadores microbiológicos como la E. coli y coliformes totales. La época de realización de la investigación fue en marzo 2018. Los puntos escogidos para la investigación están ubicados desde la cabecera de la cuenca hasta aguas abajo; donde se encuentra el último punto, con pendiente media del cuatro por ciento. El área de recorrido de la investigación fue de 40.47 kilómetros, teniendo tres zonas con pendientes pronunciadas de 5.4%, 2.2% y 5,4%; concluyendo que la velocidad del agua aumenta en las pendientes, generando mejor aireación y auto purificación del río. Los resultados estuvieron distribuidos en tres categorías: excelente, para los puntos M1, M2, M3, M4 y M5 que estaban ubicados en la cabecera de la microcuenca; aceptable para el punto M6 y excesivamente contaminado en los puntos M7 y M8 que se encontraban aguas abajo y lejos de la zona urbana. Se determinó también que en los sectores donde existe poca población, el estado del agua es bueno.

En Perú, Custodio, Chanamé y Bulege (2017), realizaron el estudio para determinar las características del estado del agua del río Cunas en Junín, haciendo uso de índices fisicoquímicos y biológicos con el objetivo de identificar las zonas en buen estado entre enero y diciembre 2013. La metodología usada fue el ICA (Water Quality Index) de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF) usando variables fisicoquímicas y biológicas para poder ubicar las zonas que se encuentren en buen estado de conservación, para ello evaluaron el estado del agua del río Cunas, aplicando los parámetros fisicoquímicos y biológicos, utilizando métodos de reconocimiento, descripción y aclaración en 3 sectores de muestreo: Angasmayo (Concepción), Huarisca (Chupaca) y Pilcomayo (Huancayo). Según esta metodología de la INSF los resultados tanto en época de avenida como estiaje fueron: en Angasmayo su resultado es calidad Buena; en Huarisca calidad Media y en Pilcomayo la calidad es Media. Y según el índice EPT (Índice biótico Eplemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), Angasmayo reveló buena calidad de agua, Huarisca Regular y Pilcomayo calidad Mala.

En Perú, Silva Puelles (2018), desarrolló una investigación para determinar el estado del agua (calidad) del río Tumbes de los años 2011 al 2016 tanto en época de lluvia como seca y también tiene como objetivo el proponer medidas de recuperación de la zona estudiada. Para esta investigación tomaron ocho puntos de monitoreo y la metodología usada fue el comúnmente llamado ICA-PE de la ANA, la cual tiene establecido los parámetros que medirán en los diferentes de monitoreos participativos llevados a cabo en la zona de estudio. La información brindada por la ANA, fue ordenada por año y época; también los autores agruparon los parámetros en función a la afectación por actividad geológica, antrópica y movimiento natural de las mareas. Los datos obtenidos de la ANA fueron procesados por los autores, utilizando el ICA-PE. Como resultado se encontró que la calidad es MALA, tanto en época de avenida como estiaje, no siendo apta para el consumo humano ni para ningún otro uso ya que tiene presencia de coliformes termotolerantes, plomo, aluminio, arsénico, hierro y manganeso;

el único metal que no excedió la norma canadiense fue el cromo. Se concluye en que el río investigado está muy afectado y como medidas de recuperación proponen implementar un sistema de tratamiento de agua complementario y tecnológico como lo es el uso del carbón activado como un mecanismo de adsorción para combatir la contaminación del agua.

En Perú, Ortiz Laura (2019), realizó una investigación que tiene como objetivo determinar el estado situacional del río Chili (Arequipa) haciendo uso de índices físico químicos. La metodología que se usó el autor fue el ICA – PE, éste índice tiene como base la metodología canadiense, la cual considera tres factores importantes: alcance, frecuencia y amplitud. Para el estudio de este recurso, se ha tenido en cuenta también los estándares de calidad en el país y la categorización del recurso usado por la ANA (categoría 1 - subcategoría A1 y categoría 3 – subcategoría D1). Para la metodología ICA-PE, se usó parámetros físico químicos. Los datos obtenidos en los resultados de la red de monitoreo llevado a cabo del 2013 al 2017, obtenidos de quince puntos de monitoreo, teniendo en cuenta un 1er. grupo de cuatro puntos de monitoreo considerando la clase ECA 1 A2 y un 2do. Grupo de 11 estaciones de monitoreo considerando la clase ECA 3 D1, valores correspondientes a la norma de Calidad Ambiental de Agua - ECAs, utilizando ecuaciones para determinar los tres factores de medición. Se obtuvo una evaluación en el primer grupo de excelente y bueno, mientras que para el segundo grupo una evaluación de excelente, bueno y regular. También se obtuvo como resultado que tanto el recurso del río Chili como la cuenca Quilca Chili, mejoraron cuando se hizo uso de herramientas ambientales tales como el ICA-PE.

En Perú, Aucalla (2019), realizó una investigación para evaluar el estado en que se encuentra el recurso hídrico del río Oro y la quebrada Quinceañera en el bosque Nacional de Tingo María. La calidad del recurso se calculó con el procedimiento que determina el rango en que se encuentra la calidad del Agua, para ello utilizaron la metodología ICA-PE en el periodo enero - abril del 2019. Los parámetros utilizados en esta metodología fueron: físicoquímicos, microbiológicos y morfométricos. Con respecto a las

estaciones, se ubicaron tres estaciones de monitoreo en el río Oro y tres en la quebrada Quinceañera (P1: parte alta de la microcuenca, P2: parte media de la microcuenca y P3 parte baja de la microcuenca); tomando 3 muestras por cada punto, con un resultado total de dieciocho parámetros morfométricos, fisicoquímicos y microbiológicos. De los resultados obtenidos según el ICA-PE, se concluye que el estado en que se encuentra el agua en el río Oro en la zona alta es EXCELENTE, en la zona media es BUENA y en la zona baja es REGULAR; esta disminución de la calidad en su recorrido se debe a causas antrópicas; mientras que, para la quebrada Quinceañera, la parte alta y media es EXCELENTE, y la parte baja es BUENA; aquí se observa que la calidad no varía drásticamente debido a la ausencia de actividades humanas en el río.

En Perú, Alarcón (2019), realizó una investigación que tiene como objetivo principal verificar la credibilidad de los procedimientos que se usan para hallar la calidad del agua en la zona de estudio (río Rímac). Estos procedimientos usados se encuentran descritos en la metodología ICA. Esta necesidad de verificación o evaluación de los procedimientos a usar para la determinación del estado del recurso nació por la variedad de metodología que existe a la fecha y los múltiples parámetros de calidad, calificaciones y fórmulas matemáticas existentes para determinar la calidad del recurso a estudiar. En la actualidad, mundialmente se usan muchos ICA's, y para esta investigación se eligió la metodología ICA, eligiendo de ésta, siete métodos de ICA, los cuales son: Universal, PE, León, NSF, Oregon, Idaho y Dinius. Luego compararon los resultados obtenidos en 4 estaciones tomados por el ente rector en materia de Recursos Hídricos – ANA, en un periodo de 5 años (2012 – 2016), donde se han tomado muestras en la cuenca baja del río Rímac, obteniendo resultados que indican que los valores son distintos de un procedimiento al otro, concluyendo que de los siete procedimientos, se recomendó la incorporación del ICA-NSF ya que aplica nueve parámetros considerados de importancia por cumplir con las normas definidas: bajo índice de modificación, mejor asequibilidad a los indicadores solicitados y evaluación positiva de los indicadores que se han aplicado, apropiado para el río Rímac.

En Perú, Flores y Vela (2021), realizó un estudio que tiene como propósito determinar el ICARHS de la cuenca del Bajo Marañón del 2014-2020. La metodología que usó es el ICARHS, calculando el Subíndice 1 y 2, en la Cuenca Bajo Marañón, utilizando los datos de los monitoreos llevados a cabo del 2014 al 2020 por la ANA, utilizando la información de 7 puntos de monitoreo. Los resultados obtenidos para la cuenca en el Subíndice 1 fue de: calidad de agua “MALO” (resultado obtenido de tres puntos de monitoreo); “REGULAR” (resultado obtenido de tres puntos de monitoreo) y de un punto de monitoreo se obtuvo el resultado de “BUENO”. Esto se debió porque los parámetros oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, fósforo total y SST influyeron en el resultado pues éstos excedieron el ECA Agua; mientras que, los resultados para el Subíndice 2 fueron: en seis puntos de monitoreo se obtuvo la calidad de “bueno” y en un punto de monitoreo se obtuvo la calidad de “excelente”; el primer resultado para el subíndice 2, se debe a que sólo uno de los parámetros excedió el ECA Agua (el plomo) y el segundo resultado se debe a que ningún parámetro excedió la normativa ambiental. Los autores concluyeron que los datos obtenidos del ICARHS en la Cuenca Bajo Marañón para el Subíndice 1 fueron los de valor más bajo y con una calificación de “malo”, “regular” y “bueno”, debido a que varios parámetros de calidad excedieron el ECA agua.

En Perú, Gutiérrez Cabana (2018), realizó un estudio que tiene como propósito determinar el ICA del río Coata. El estudio se llevó a cabo en el 2018, de setiembre a noviembre en la desembocadura del río Torococha. Con respecto a la metodología usada, el autor aplicó dos metodologías: el Índice de calidad peruano (ICA-PE) y el Índice Canadiense (CCME-WQI). Para esta investigación se usaron sólo dos puntos de muestreo llamados: M1 y M2; estos puntos de monitoreo o muestreo fueron ubicados según lo indican los protocolos para el monitoreo de los recursos hídricos establecidos en la normatividad peruana vigente. Como parámetros a estudiar se tomaron en cuenta los siguientes: oxígeno disuelto, conductividad, pH, coliformes termotolerantes, DBO5, boro, aluminio, plomo, cobre, arsénico, zinc manganeso, mercurio. Los resultados de los dos puntos de monitoreos (M1 y

M2) fueron: para la metodología ICA-PE (metodología peruana) en los puntos M1 y M2 tuvieron una calificación de “EXCELENTE” y cuando usaron la metodología CCME-WQI (metodología canadiense), en el punto M1 arrojó una calificación de “BUENA” y el punto M2 “MARGINAL”, demostrando que el río Torococha produce una alteración negativa en la calidad del agua del río estudiado.

En Perú, Díaz Toribio (2019), realizó la investigación que tuvo como objetivo encontrar cuales son los parámetros con mayor impacto o afectación en la calidad del río Chillón (subcuenca baja) del 2012 al 2016. En esta investigación se consideraron seis puntos de muestreo o monitoreo, y la ubicación de estos puntos inicia desde la desembocadura del río estudiado hasta el distrito de Carabayllo. La metodología para esta investigación es el ICA establecido por la ANA, la cual utiliza los ECA-Agua para determinar el ICA. Esta metodología ICA determinará el tipo de calidad que tendrá el recurso por cada punto de monitoreo, pudiendo ser de calidad: EXCELENTE, BUENA, REGULAR, MALA O PÉSIMA. Para procesar la información, el autor utilizó un software llamado software libre RapidMiner, en donde se ingresa una gran cantidad de datos dando como resultado un patrón; y dependiendo de la cantidad de datos que ingreses, su exactitud será mayor. Es por ello que el autor consideró los datos de cinco años por cada monitoreo establecido para obtener un resultado más exacto. Los resultados determinaron que los parámetros que más afectaron la calidad del recurso en la cuenca baja del río Chillón fueron: la Conductividad y los Coliformes Termotolerantes.

En Perú, Salas-Ávila et Al. (2021), realizaron un estudio en el río Suches para evaluar los metales pesados y observar el comportamiento social y como esto influye en la calidad de este recurso (río Suches-Puno). En la metodología para evaluar la calidad del recurso estudiado, primero se realizó la recolección de muestras (tanto agua como sedimentos) y luego se usó la espectrofotometría de masas (ICP-MS) para los siguientes seis metales: As, Cd, Cr, Pb, Cu y Hg. En esta investigación se incluyeron los testimonios

representativos de los pobladores con la finalidad de observar el comportamiento social de los pobladores de Cojata. Los resultados indicaron que las concentraciones de metales se encuentran por debajo de los ECA de categoría tres en el país. Y con respecto a la metodología ISQG de Canadá, los sedimentos metálicos superaron los límites recomendados, estos sedimentos se puede deber por las excavaciones y drenajes que son actividades propias de la minería. También concluyeron que la mala calidad que tenía el agua estaba relacionada directamente con ese comportamiento de rechazo a la minería, por eso los autores concluyen la importancia en la formalización de las actividades de la mina en la localidad de Cojata-Puno, pero no solamente su formalización sino también que estas mineras implementen mejoría en la normativa ambiental nacional.

En Perú, Puerta López (2019), realizó un estudio para determinar la influencia que tiene la descarga que realiza el río Mayo en la calidad del río receptor (río Huallaga). Para llevar a cabo la investigación los autores consideraron tres estaciones de vigilancia, los cuales fueron identificados como: Rmayo1, Rhual1 y Rhual2. Como metodología utilizaron el ICA-PE, teniendo como parámetros los siguientes: parámetros fisicoquímicos (pH, Temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y DBO5, SST, nitratos y fósforo total) y parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes), con los cuales se determinará la influencia de la descarga de un río al otro. El periodo estudiado es el 2018 de octubre a diciembre. Una vez calculado el ICA-PE se obtuvo como resultado que para el punto de vigilancia Rmayo1 la calidad es REGULAR, mostrando que la calidad del recurso no es amenazada frecuentemente. Con respecto a los puntos de vigilancia ubicados en el río Huallaga (antes y después de la unión de ambos ríos) tuvieron como resultado una calidad BUENA. Los resultados al utilizar el análisis estadístico de “t de Student”, que tiene una hipótesis nula y 95% de confianza, nos dice que no hay evidencia para confirmar que el río “Mayo” afecta considerablemente la calidad del recurso hídrico del río Huallaga.

En Perú, Jiménez y Llico (2020), realizaron una investigación en el río Muyoc, investigación que tuvo como objetivo el evaluar la calidad del recurso. La metodología que utilizaron los autores para este estudio fue la metodología ICA-PE, la cual eligieron porque los resultados tendrán un solo valor cualitativo para el recurso hídrico elegido. Para esta investigación los autores utilizaron tres tipos de parámetros: físicos y microbiológicos; y designaron tres estaciones para el monitoreo, ubicándolas en los Centros poblados: P1, cabecera de cuenca (Muyoc); P2, zona media (Limapampa) y P3, parte baja (Huayobamba). Los resultados nos revelan que, para el primer monitoreo realizado, la calidad es BUENA, encontrándose que, para este punto, los parámetros del cloruro y el pH sobrepasan el ECA-agua; y para el segundo, la calidad es EXCELENTE (en época de avenida o lluvia), observándose que no se tienen parámetros que hayan sobrepasado los ECA-Agua establecidos. El Primer monitoreo se realizó en época de estiaje o seca y el segundo monitoreo se realizó en época de avenida o lluvia.

En Perú, Estela Pérez (2017), en el río Chancay, motivada por la preocupación de que se realizaban vertimientos de aguas residuales (sin tratamiento), contaminando no sólo el cuerpo de agua sino también la flora, fauna y otros; es por ello que esta investigación tuvo como finalidad hallar la calidad del agua y sus niveles de contaminación de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca. Como metodología realizó el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del río, para evaluar la influencia de las aguas residuales del Centro Poblado, descargadas al río sin previo tratamiento. Se realizaron tres puntos de monitoreo de agosto a octubre, los cuales se tomaron en relación con la desembocadura de las aguas residuales: aguas arriba de la desembocadura, en el vertimiento de dichas aguas antes que se unan con el río y aguas abajo. Se midieron los LMP y los estándares de calidad del país (ECA-agua). Se tuvo como resultado para esta investigación, que en el punto uno, si el agua para por un tratamiento convencional previo puede utilizarse para consumo humano, pero para el caso de riego de vegetales y bebida de animales si puede usarse; para el punto dos, en el punto de vertimiento del agua residual

superó los límites máximos permisibles y también excedió el ECA-agua; y en el punto tres, se concluye que excede los ECA, pero si se usa un tratamiento de agua avanzado esta agua podría usarse para categoría 1 (consumo humano) y categoría 3.

Luego de analizar todas las investigaciones que tienen relación con la investigación presente, se continúa con el marco teórico, empezando por el agua, que es el eje fundamental para que exista, se mantenga y reproduzca la vida en nuestro planeta. El agua es vida y de la calidad de este recurso, dependerá si es destinado para el consumo humano o no, si tiene riesgos para la salud de la población o si es apta para la agricultura. Según Sanabria-Suárez et al., dependiendo de la calidad del agua, será la disponibilidad del agua, ya que si el agua no es de buena calidad (es decir mala) no servirá para muchos usos, y los costos para poder devolverle la calidad por encima de aceptable, se elevarían tanto que lo haría prohibitivo (2017, pág. 3). Y según Veolia y el IFPRI señala que la calidad del agua disminuirá rápidamente según el paso de los decenios, generando así el incremento de los riesgos para la salud de las personas (2015, pág. 3).

Según Vargas Mendoza, el agua y su calidad dependerán de muchos factores: factores naturales, como el desprendimiento de rocas; como, factores antropogénicos: la minería; la cual, tanto legal como ilegal, es una de las actividades económicas más importante de nuestro planeta (2021, pág. 9). Según Salas-Ávila et Al., en el sur del país se tienen cuencas fluviales ricas en yacimientos de metales con alto valor, tanto comercial como industrial; pero, estas zonas ricas de metales que son explotados, con el tiempo desafían muchos cambios, no sólo en los lugares de explotación sino también en los alrededores (2021, pág. 150).

En nuestro país, la minería es un riesgo para el ambiente, es por ello que, inclusive la minería con escala pequeña tiene que cumplir las regulaciones que protegen los cuerpos hídricos del país (MINAN, 2017). Cuando se realiza movimiento de suelos en grandes cantidades, estos suelos suelen

contener metales pesados, los cuales se consideran como contaminantes del cuerpo ambiental, sobre todo cuando éstos se presentan en altas concentraciones (Salas-Ávila et Al., 2021, pág. 150).

La transferencia del metal a través de la cadena alimentaria, es un gran daño para la salud del hombre, en especial a los poblados que rodean las actividades de las mineras; los riesgos que traen consigo estos metales traen más impactos negativos que beneficios. Los metales tóxicos son: As, Cd, Cu, Cr, Pb y Hg; los cuales pueden generar impactos potenciales en los servicios ecosistémicos, pudiendo afectar la calidad del agua (Salas-Ávila et Al., 2021, pág. 150).

La intensa actividad minera: movimiento de tierras, vertederos, construcción de infraestructuras, instalación de trabajadores en la mina; todas estas actividades ocasionan que los territorios mineros tengan cambios muy radicales en su panorama y perjudiquen significativamente los cuerpos de agua de las regiones mineras. Es decir, la calidad del agua se ve afectada por la intensa actividad minera, y estos impactos perjudiciales, social y ambientalmente, rebasan los beneficios del proyecto minero (McIntyre Neil, Bulovic Nevenka, Cane Isabel y Mckenna Phill, 2016, pág. 405).

La contaminación de los ríos en nuestro país es un problema que el estado ni las instituciones responsables logran atender de forma favorable (Ortiz Laura, 2019, p. 13). Actualmente la población es consciente de los problemas relacionados con el agua y su calidad, y es por ello que busca ansiosamente conocer la calidad de lo que consume; no sólo la población, sino también el gobierno busca ser guía y gestionar su calidad. (Abbasi & Abbasi, 2014, p. 4628).

Y es a raíz de la contaminación de los ríos, que el conocer sobre el estado del recurso hídrico ha ido cobrando mayor importancia en las últimas décadas, y los estudios realizados sobre su calidad ha contribuido con información sobre los parámetros a usar; haciendo uso de parámetros

clásicos como parámetros fisicoquímicos tales como: los ECA. Cabe mencionar que estos parámetros fisicoquímicos al usarlo con parámetros biológicos, se complementan obteniendo resultados satisfactorios. (Ortiz Laura, 2019, p. 13).

En gestión ambiental se cuenta con muchos instrumentos preventivos que nos permiten mostrar sintéticamente el estado en el que se encuentra el ambiente (Gómez, 2010, p. 10); y que estos instrumentos preventivos, consisten en la identificación, evaluación y mitigación de los impactos que una actividad ocasionaría y prevención de los mismos (MINAM, 2012, p. 240). Uno de esos instrumentos de gestión de los cuerpos de agua con los llamados “índices de calidad del agua” o también llamados ICA, usado por primera vez hace 150 años, en donde se tenía como indicadores del estado del agua, la ausencia o presencia de algunos organismos en ella, haciéndola o no apta (Abbasi & Abbasi, 2012, p. 10).

Para poder medir la calidad ambiental de los recursos hídricos, se hace uso de los índices de calidad que permiten comunicar los resultados de la calidad del recurso de forma sencilla, tanto a las autoridades como al público. Los índices de calidad para los cuerpos de agua en el Perú, también llamados ICA, sirven para obtener evaluaciones válidas y en poco tiempo, el estado del cuerpo de agua estudiado. Es decir, nos permiten darle una valoración cualitativa a la calidad de agua estudiada. (Torres, Cruz y Patiño, 2009, p. 13).

Los índices de calidad son usados también para clasificar la aptitud del recurso y para sus distintos usos. Existen muchos índices usados en distintos países como Estados Unidos, Brasil, Chile, Colombia, México, entre otros. En Perú, uno de los índices más usados es el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME_WQI), y es el que hemos utilizado para la presente investigación con el nombre de ICARHS. (ANA, 2020, p. 2).

Con respecto a la metodología usada en la presente investigación, se usó el ICARHS; el cual ha sido tomado de la ANA, que es el máximo ente administrativo y fiscalizador de los recursos hídricos en el Perú, y por el cual se decidió utilizar la metodología que usa dicha institución, por ser el máximo ente de gestión del recurso hídrico y también por la experiencia que tiene en el estudio y monitoreo de la calidad del agua en nuestro país. La metodología que utiliza la ANA, es una metodología que lleva varias décadas usándose, y que ha sido actualizada en el año 2020, siendo anteriormente llamada ICA-PE.

La metodología ICARHS, constituye un instrumento muy importante en la administración de la calidad del agua, pues nos permitirá: obtener valores que califican el estado de la calidad que se encuentra las fuentes naturales, mantener informados a los diferentes actores; y nos permitirá identificar y comparar en qué situación se encuentran las fuentes naturales y sus posibles evoluciones en lugar y tiempo. (ANA, 2020, P. 9)

Ahora con respecto a la calidad del recurso, ésta puede verse afectada por muchos factores, entre ellos se puede mencionar por acciones antropogénicas (por acción del hombre) y también puede deberse a la misma naturaleza, como, por ejemplo: el desprendimiento de rocas, movimientos telúricos, precipitaciones fuertes, entre otras, las cuales pueden modificar las condiciones iniciales y naturales que tenía ese recurso respecto a su calidad. Como Perú es un lugar muy variable con zonas muy diferentes y con muchas particularidades, es por ese motivo que se eligió el ICARHS, que es una metodología canadiense, la cual maneja una fórmula sistemática que se acopla a las necesidades y condiciones de las distintas zonas de nuestro país.

Para poder analizar el presente estudio, se necesita también definir la variabilidad espacial y temporal; por ello se tomó en cuenta los datos de los monitoreos realizados por la ANA (tomados anualmente), y los puntos de monitoreo elegidos fueron tomados en cuenta según su posición estratégica a los puntos cercanos a la minería legal e ilegal.

Con respecto a los parámetros que se deben considerar para la medición de los ECA-agua en el cuerpo de agua donde se realizan actividades mineras a estudiar, se debe considerar sólo los parámetros relacionados con los metales; y no los noventa parámetros que la ANA realiza a nivel nacional, o los veinte parámetros que contempla la metodología ICARHS; sino, se debería considerar sólo los parámetros que están relacionados con los metales. Es por ello, que según ANA, en Perú, del 7 al 9 de abril del 2010, la ANA realizó el primer taller de calidad de agua llamado: Parámetros de calidad del agua e indicadores de contaminación, liderado por Chung Tong Betty, en donde se comunicó que para evaluar la contaminación con metales y compuestos tóxicos perjudiciales para la salud se deberá considerar como parámetros los siguientes ocho metales: Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Manganeso, Hierro y Cobre, y como compuestos orgánicos se deberá considerar los siguientes: Hidrocarburos totales de Petróleo (TPH), Bifenilos policlorados (PCB's), Compuestos orgánicos persistentes (COP's) y plaguicidas (ANA, 2010, pág. 5).

La intensa actividad minera, trae consigo impactos perjudiciales en los cuerpos de agua; impactos duraderos que no sólo contaminan en su punto de descarga sino también aguas abajo de la fuente (McIntyre Neil, Bulovic Nevenka, Cane Isabel y Mckenna Phill, 2016, pág. 405), es por ello que se eligió los puntos de monitoreo realizados por la ANA donde la minería legal e ilegal podría botar sus desechos, y todo su recorrido por el recurso hídrico, hasta la parte baja. Así podemos abarcar todo el posible recorrido del recurso y determinar si existe o no contaminación por parte de esta industria, por ello se tienen en consideración desde la parte donde está ubicada la industria minera legal e ilegal y todo su recorrido.

Todas las mineras legales hacen uso de las buenas prácticas para lograr una gestión eficaz de los riesgos. Estas buenas prácticas se ejecutan en todas las etapas de la actividad minera (incluida la rehabilitación y cierre de mina); estas buenas prácticas son impulsadas por el gobierno a través del cumplimiento de la normativa minera (McIntyre Neil, Bulovic Nevenka, Cane

Isabel y Mckenna Phill, 2016, pág. 405). En el Perú, la minería, inclusive la de menor escala tiene que cumplir con las regulaciones que protegen los cuerpos de agua del país (MINAN, 2017); pero, en los territorios mineros en desarrollo la gestión no es efectiva, y en su totalidad no todas las mineras en estos territorios son legales. Se debe tener en cuenta también que por más que exista una regulación que controle estas actividades, hay otros factores que pueden hacer que su control sea todo un desafío por: difícil accesibilidad para los funcionarios a las áreas mineras, abandono de sitios, posibles actos de corrupción y los pocos incentivos con relación a la gestión responsable (McIntyre Neil, Bulovic Nevenka, Cane Isabel y Mckenna Phill, 2016, pág. 405).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

3.1.1. Tipo de investigación:

Esta investigación es de tipo cuantitativo, porque se basa en la recolección y análisis de datos. También es tipo cualitativo descriptivo, porque busca analizar si se producen cambios en la calidad del agua en los departamentos de Ayacucho y Arequipa, lugares donde realizan actividades mineras tanto legal como ilegal en los últimos cinco años (2017-2021).

3.1.2. Diseño de investigación:

Es tipo no experimental y descriptivo pues sólo se ha realizado observación y el análisis de los datos entregados por la ANA.

3.2. Variables y operacionalización:

Las variables se muestran en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1: Variables de investigación

Variable de investigación	
N°	Descripción
1	ICARHS
2	Minería Legal e ilegal

3.2.1. Operacionalización de Variables

Tabla 2: Matriz de Operacionalización

Índice de la calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2019.					
Variable	Marco/Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable 1: ICARHS	En Perú, la calidad y cantidad de agua no tiene un número estable o fijo, debido a que su territorio presenta características diferentes, es por ello que el ICARHS es la adaptación de la fórmula de la metodología CCME_WQI con las necesidades, legislación y condiciones específicas de nuestros recursos (ANA, 2020, p. 4).	El ICARHS es un utensilio matemático que une varios parámetros (20), y mediante el análisis de éstos, transforma los datos en un valor cualitativo indicador de la calidad del cuerpo de agua estudiado (ANA, 2020, p. 4).	Materia Orgánica	DBO5	mg/L
				DQO	
				Coliformes termotolerantes	
				OD	
				Fósforo total	
				Nitratos	
				HTT	
			Físico-Químico Metal	pH	ud. de pH
				Arsénico	mg/L
				Aluminio	
				Manganeso	
				Hierro	
				Cadmio	
				Plomo	
Boro 5					
Inorgánicos	Cobre	mg/L			
	Mercurio				
	Zinc				
	SST				
	Aluminio				
Variable 2: minería legal y minería ilegal	La minería legal, es la que está amparada por un título minero, que le otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y subsuelo mineros de propiedad nacional. Sólo la minería legal tendrá título minero y estará inscrito en el	ECA-agua: En esta investigación corresponde la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales y las Subcategorías D1 y D2. *D1: considera el uso del agua para <i>Riego de vegetales; Agua para riego no restringido</i> y <i>Agua para riego</i>		Arsénico	mg/L
				Cadmio	
				Cobre	
				Hierro	

	<p>registro Minero Nacional (D.L. 109 - Ley General de Minería).</p> <p>La minería ilegal por el contrario no está amparada por un título minero y mucho menos está inscrito en el registro minero nacional.</p> <p>Ambas minerías tanto la legal como la ilegal sus actividades tienen impactos para el ambiente, pero sólo las mineras legales son fiscalizadas y controladas (D.L. 109 - Ley General de Minería).</p>	<p><i>restringido</i>. * D2: considera el uso del agua para <i>Bebida de animales</i> (D.S. 004-2017-MINAM).</p>		Manganeso	
				Boro	
				Plomo	
	<p>ECA – Agua. Categoría 4.</p> <p>Subcategoría E1: forma parte de ecosistemas frágiles y áreas naturales protegidas. E1 son <i>Lagunas y lagos</i>; E2: <i>Ríos</i>: ríos de costa y sierra y selva; y E3: Ecosistemas costeros y marinos (D.S. 004-2017-MINAM).</p>		Inorgánicos	Arsénico	mg/L
Cobre					
Mercurio					
Zinc					
Plomo					

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población:

Es el conjunto de elementos que concuerdan con ciertas especificaciones (Hernández y Mendoza, 2018, p. 198).

La población estudiada comprende los análisis del agua obtenidos de los departamentos de Ayacucho-Arequipa, generados por monitoreos periódicos de calidad realizados al cuerpo de agua, durante los últimos cinco años (2017-2021).

Tabla 3: Red de estaciones de monitoreo Ayacucho-Arequipa

E M	Mina	Tipo	U.H.	CR	NCR	E	Descripción	Dto.
1	Ares	L	Alto Ocoña	R	Cusama	A	Quebrada Cusama, nacientes del río Suyamarca, aguas arriba del Unidad Operativa Pallancata, Minera Ares.	AYA
2		L	Alto Ocoña	R	Pallancata	A	Río Suyamarca, aguas abajo de la unidad operativa Pallancata, Minera Ares.	AYA
3	-	-	Alto Ocoña	R	Huanca Huanca	A	Río Pacapausa, antes de la confluencia con la quebrada Dellamcama, 1,2 km después de la confluencia con el río Pallancata.	AYA
4	-	-	Alto Ocoña	Q	Patarí	A	Quebrada Patarí, antes de la confluencia con la Quebrada Laguiña	AYA
5	-	-	Alto Ocoña	Q	Huamancute	A	Quebrada Huamancute, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Patarí con la quebrada Quellopata.	AYA
6	-	-	Alto Ocoña	R	Huanca Huanca	A	Río Huanca Huanca, 20 m. aguas arriba del Puente Vilcar, altura del CC.PP. Vilcar	AYA
7	Breapampa	L	Mirmaca	Q	Japaque	A	Quebrada Japaque, aguas arriba de la Unidad Económica Administrativa - UEA Breapampa	AYA

8	-	-	Mirmaca	R	Pararca	A	Río Pararca, aproximadamente 200 m. aguas arriba del Puente Pararca	AYA
9	-	-	Mirmaca	R	Mirmaca	A	Río Mirmaca, aprox. 140 m. aguas abajo de los baños termales de Mirmaca.	AYA
10	Luicho	I	Medio Alto Ocoña	R	Oyolo	A	Río Oyolo, aprox. 50 m. aguas arriba del puente Huacme, después de la unión de las quebradas Huaccmimayoc y Azufrilloc	AYA
11	-	-	Medio Bajo Ocoña	R	Ocoña	A	Río Ocoña, aprox. 500 m aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Laigua	AQP
12	-	-	Chorung a	Q	Piñog	A	Quebrada Piñog, 100 m. aguas arriba del Puente Piñog	AQP
13	Secocha	I	Bajo Ocoña	R	Ocoña	A	Río Ocoña aguas debajo de la Minería Ilegal y centro poblado de Secocha (población de la minería ilegal)	AQP
14	-	-	Bajo Ocoña	R	Ocoña	A	Río Ocoña, antes de su ingreso al Océano Pacífico (desembocadura)	AQP

Leyenda:

EM = Estaciones de monitoreo

L = Legal

I = Ilegal

UH = Unidades Hidrográficas

CR = Cuerpo de agua

NCR = Nombre del cuerpo de agua

E = Estado

A = Activo

R = Río

Q = Quebrada

AYA = Ayacucho

AQP = Arequipa

3.3.2. Muestra:

Hernández y Mendoza, nos dicen que es una parte de la población que nos interesa conocer (o subconjunto), de la cual tomaremos datos importantes y característicos de la población elegida (Hernández y Mendoza, 2018, p.196).

Como muestra se tiene el promedio de la serie de datos, que están en un periodo de 05 años, mostrando el comportamiento de los (19) indicadores de calidad del agua. Evaluando así su calidad en Ayacucho-Arequipa.

3.3.3. Unidad de Análisis:

Es cada uno de los elementos de la población investigada, estos son: Materia orgánica (DBO5, DQO, OD, fósforo total, nitratos, HTP) y físico-químico-metal (arsénico, potencial de hidrogeno, manganeso, aluminio, boro 5, hierro, cadmio, plomo, cobre, mercurio, zinc, sólidos suspendidos totales).

Según Hernández y Mendoza indica que son los datos que se usarán e investigarán a través del uso de procedimientos estadísticos (2018, p. 218).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Se cuenta con procedimientos e instrumentos, por los cuales se recolectará la información necesaria para analizar la hipótesis de investigación. (Ñaupas, et al. 2014, p.201).

3.4.1. Técnica

Se usó para la recolección de información fue de tipo observacional, ya que se tomó la información (datos) obtenida de la Autoridad Nacional del Agua, para luego organizarla y finalmente analizarla.

Como instrumentos se eligieron las fichas de recolección de datos (Tabla 4), que nos permitieron recolectar correctamente la información y la ficha de determinación del ICARHS, que permitieron realizar el cálculo. La validación de instrumentos están en el Anexo 2.

Tabla 4: Fichas de recolección y procesamiento de datos

FICHAS	DESCRIPCIÓN
FICHA 1	Instrumento de Registro de datos de los monitoreos de agua – ECA CATEGORÍA 3-D1 y 3-D2.
FICHA 2	Instrumento de Registro de datos de los monitoreos de agua – ECA CATEGORÍA 4-E2.
FICHA 3	Instrumento de Cálculo del Índice de la calidad del agua.
FICHA 4	Instrumento de Registro de datos de los monitoreos de agua – ECA CATEGORÍA 4-E2.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Son aquellos donde se señalan los datos observables que el investigador tiene en mente y cuando se miden estos datos, pueden estandarizarse y cuantificarse. (Hernández y Mendoza, 2018, p. 228).

Los instrumentos de recolección de datos se detallan en los anexos.

3.4.3. Validez

La validez es el grado como un instrumento mide de forma real la variable que busca medir. Esto se puede lograr al demostrar que el instrumento muestra el concepto abstracto por medio de sus indicadores empíricos (Hernández y Mendoza, 2018, p. 229).

3.4.4. Confiabilidad:

La confiabilidad es el grado en que un instrumento elabora resultados firmes y coherentes en la muestra (Hernández y Mendoza, 2018, p. 229). Para esta investigación se basa en datos confiables de instituciones del estado peruano, en nuestro caso la ANA. Ante ello, se sobreentiende que dicha entidad usa equipos fiables, ya que a partir de ello realizan distintas investigaciones y estudios científicos.

3.5. Procedimientos:

3.5.1. Identificación de zona de estudio:

La presente investigación nos muestra una red de monitoreo de calidad de agua superficial de la cuenca del río Ocoña, registrando un total de catorce (14) puntos de monitoreo, los cuales se encuentran ubicados en las Unidades Hidrográficas (U.H.) de Alto Ocoña, Mirmaca, Medio Alto Ocoña, Medio Bajo Ocoña, Chichas Arma, Chorunga y Bajo Ocoña.

El río Ocoña se origina por la intersección de los ríos Marán y Cotahuasi; el río Marán. tiene sus nacientes por la conexión de numerosas quebradas que conforman al río Paca Pausa, el cual recibe contribuciones de varias fuentes naturales como quebradas pasando a tomar el nombre de río Huanca Huanca, a continuación al nivel de la localidad Pausa se junta con el río Oyolo, prosiguiendo con el recorrido hasta tomar un nuevo nombre siendo el río Marán, la otra fuente natural que se une con el río Marán es el río Cotahuasi, y se origina en la laguna Huanzococha (4,750 m.s.n.m.), luego sigue el curso de las aguas tomando el nombre de río Huayllapaña cerca de la localidad de Cotahuasi se unifica con el río Huarcaya siendo el mismo nombre de esta localidad, hasta llegar a unirse con el río Marán, a partir de esta unión se forma el río Ocoña, continuando con su trayecto por la margen derecha recibe aportes muchas fuentes naturales y por la margen izquierda recibe los aportes del río Chichas o Arma, quebrada Chorunga y muchas más fuentes naturales menores y prosiguiendo con el recorrido hasta llegar a la desembocadura en el Océano Pacífico.

Para la determinación de la zona de estudio, se deberá contar como mínimo con cuatro monitoreos para un punto de muestreo, recomendándose que se tenga dos muestreos en época de avenida y dos en estiaje. La metodología también nos recomienda que se deben tener uno o varios puntos de muestreo, los cuales deben estar ubicados en el trayecto del cuerpo de agua, como lo indica el Protocolo Nacional de Monitoreo vigente.

Figura 1: Administración Ala Ocoña Pausa

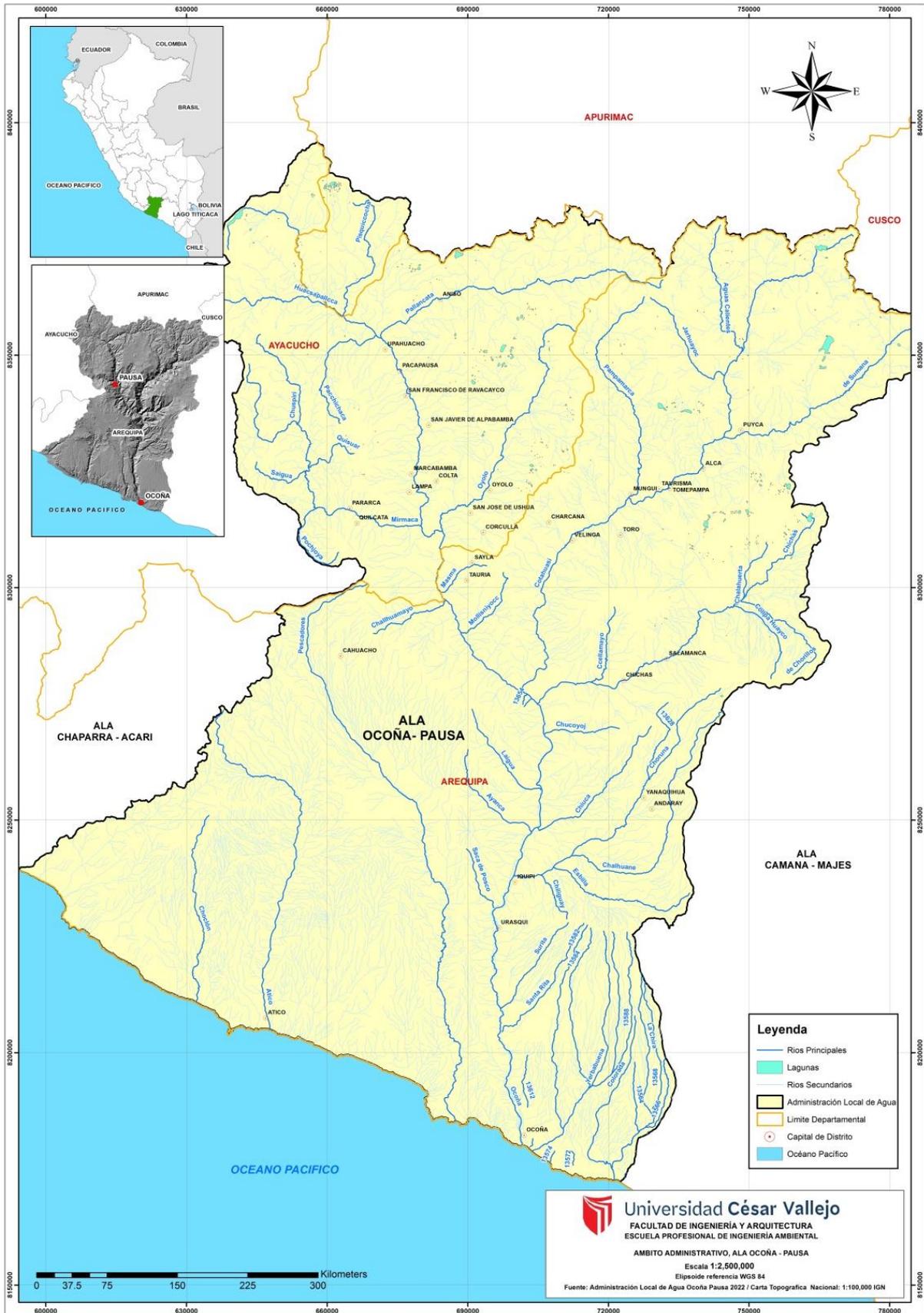


Figura 2: Área de estudio y localización de las estaciones de monitoreo en la Cuenca Ocoña

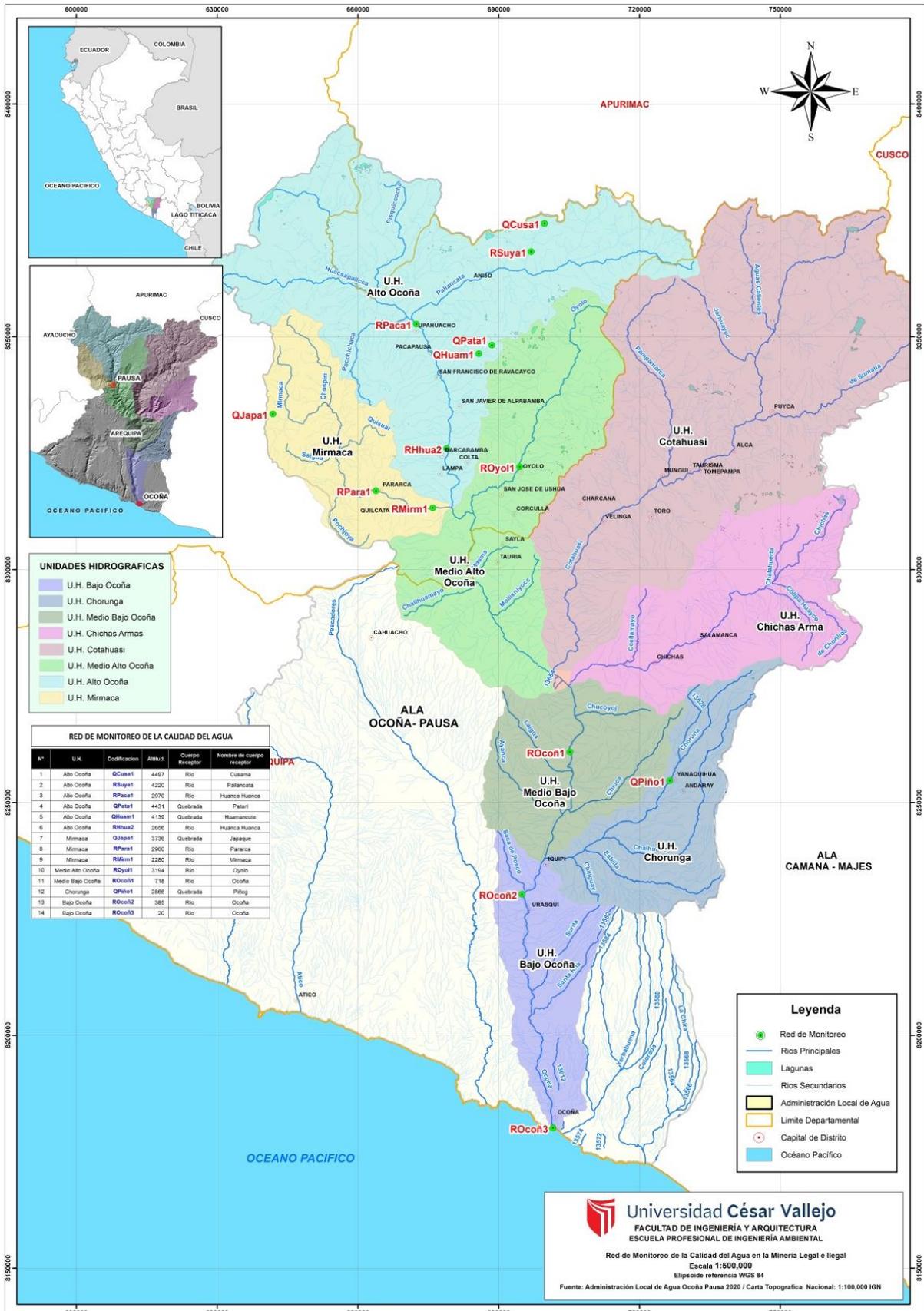


Tabla 5: Red de estaciones de monitoreo de calidad de agua

E M	Mina	Tipo	Este	Norte	Z	A	U.H.	C	CR	NCR	E	Descripción	Distrito	Provincia	Dto.
1	Ares	L	699764	8374378	18 Sur	4497	Alto Ocoña	QCusa1	R	Cusama	A	Quebrada Cusama, nacientes del río Suyamarca, aguas arriba del Unidad Operativa Pallancata, Minera Ares	Coronel Castañeda	Parina cochas	AYA
2		L	696916	8368314	18 Sur	4220	Alto Ocoña	RSuya1	R	Pallanca- ta	A	Río Suyamarca, aguas abajo de la unidad operativa Pallancata, Minera Ares	Coronel Castañeda	Parina cochas	AYA
3		-	672465	8352746	18 Sur	2970	Alto Ocoña	RPaca1	R	Huanca Huanca	A	Río Pacapausa, antes de la confluencia con la quebrada Dellamcama, 1,2 km después de la confluencia con el río Pallancata	Coronel Castañeda	Parina cochas	AYA
4		-	688547	8348254	18 Sur	4431	Alto Ocoña	QPata1	Q	Patarí	A	Quebrada Patarí, antes de la confluencia con la Quebrada Laguiña	Oyolo	Paucar del Sara Sara	AYA
5		-	685754	8346399	18 Sur	4139	Alto Ocoña	QHuan1	Q	Huaman- cute	A	Quebrada Huamancute, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Patarí con la quebrada Quellopata.	Oyolo	Paucar del Sara Sara	AYA

6		-	678933	8326035	18 Sur	2656	Alto Ocoña	RHhua2	R	Huanca Huanca	A	Río Huanca Huanca, 20 m aguas arriba del Puente Vilcar, altura del CC.PP. Vilcar	Marcabamba	Paucar del Sara Sara	AYA
7	Brea pampa	L	641883	8333447	18 Sur	3736	Mirmaca	QJapa1	Q	Japaque	A	Quebrada Japaque, aguas arriba de la Unidad Económica Administrativa - UEA Breapampa	Chumpi	Parina cochas	AYA
8		-	663841	8316959	18 Sur	2960	Mirmaca	RPara1	R	Pararca	A	Río Pararca, aprox. 200 m aguas arriba del Puente Pararca	Pararca	Paucar del Sara Sara	AYA
9		-	675938	8313289	18 Sur	2280	Mirmaca	RMirm1	R	Mirmaca	A	Río Mirmaca, Aprox. 140 aguas abajo de los baños termales de Mirmaca.	Pausa	Paucar del Sara Sara	AYA
10	Luicho	I	694506	8322093	18 Sur	3194	Medio Alto Ocoña	ROyol1	R	Oyolo	A	Río Oyolo, aprox. 50 m aguas arriba del puente Huacme, después de la unión de las quebradas Huaccmimayoc y Azufrilloc	Oyolo	Paucar del Sara Sara	AYA
11		-	705170	8260856	18 Sur	718	Medio Bajo Ocoña	ROcoñ1	R	Ocoña	A	Río Ocoña, aprox. 500 m aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Laigua	Yanaqui-hua	Conde suyos	AQP
12		-	726485	8254692	18 Sur	2866	Chorunga	QPiño1	Q	Piñog	A	Quebrada Piñog, 100 m aguas arriba del Puente	Yanaqui-hua	Conde suyos	AQP

												Piñog			
13	Seco- cha	I	694977	8230294	18 Sur	385	Bajo Ocoña	ROcoñ2	R	Ocoña	A	Río Ocoña aguas debajo de la Minería Ilegal y centro poblado de Secocha (población de la minería ilegal)	Mariano N. Valcárcel	Camaná	AQP
14		-	701585	8180081	18 Sur	20	Bajo Ocoña	ROcoñ3	R	Ocoña	A	Río Ocoña, antes de su ingreso al Océano Pacífico (desembocadura)	Ocoña	Camaná	AQP

Leyenda:

EM = Estaciones de monitoreo

UH = Unidad Hidrográfica

CR = Cuerpo de agua

NCR = Nombre del cuerpo de agua

E = Estado

A= Activo

R = Río

Q = Quebrada

AYA = Ayacucho

AQP = Arequipa

3.5.2. Periodo de tiempo:

Para poder tener un resultado real y más exacto, tal como lo determina la metodología ICARHS, es necesario conocer el historial de la calidad del agua; el ICARHS tiene como condición contar con cuatro datos como mínimo para una estación de vigilancia. Se recomienda variabilidad temporal, debiendo tener dos muestreos en época de avenida y dos en estiaje.

Para el presente estudio se contó con la información recopilada de varios años de vigilancia del estado del recurso (los últimos cinco años) del 2017 al 2021 (ANA, 2020, pág. 6). En este periodo de tiempo se recopiló los datos de monitoreo de las fuentes de agua para los departamentos de Ayacucho y Arequipa, que permitieron obtener el ICARHS.

3.5.3. Recolección de datos:

3.5.3.1. Resultados de monitoreos de calidad de agua

La recolección de datos, se realizó a través de una solicitud a la Autoridad Nacional del Agua, a las oficinas de la Administración local del agua de Alto Ocoña y Bajo Ocoña. Luego se realizó la revisión de los ECA-Agua y de la metodología ICARHS.

Para determinar el ICARHS, se contó con 14 puntos de muestreo ubicados en posiciones estratégicas a los puntos cercanos a la minería legal e ilegal, eligiendo los puntos de monitoreo realizados por la ANA donde la minería legal e ilegal podría echar sus desechos, y en todo su recorrido por el recurso hídrico, hasta la parte baja. De esa manera se abarca todo el posible recorrido del recurso y determinar si existe o no contaminación por parte de esa industria, por ello se tienen en consideración desde la parte donde está ubicada la industria minera legal e ilegal y todo su recorrido.

La metodología tiene como condición tener como mínimo un punto de muestreo, pero para esta investigación se tomaron catorce puntos de muestreo. Y con respecto a la cantidad de monitoreos realizados por punto de muestreo, la metodología nos condiciona

como mínimo cuatro monitoreos por punto de muestreo (recomendando que dos puntos de muestreo sean en época de avenida y dos en estiaje); y para esta investigación se tomaron en consideración cinco monitoreos por punto de muestreo, es decir de los últimos cinco años (del 2017 al 2021), debido a que los datos de los monitoreos realizado por la ANA son realizados anualmente por ello se recolectaron los datos de los cinco últimos monitoreos.

También se debe tener en cuenta para el presente estudio, el estándar ECA-agua, el cual tiene cuatro categorías y diecisiete subcategorías, de las cuales para los recursos hídricos superficiales loticos solo aplica tres categorías de las cuatro, y sólo 4 subcategorías. Para el presente estudio se utilizó sólo las categorías tres y cuatro, las cuales indico a continuación: Categoría 3: Destinado para el riesgo de vegetales y para bebida de animales y Categoría 4: Dispuesto a la conservación del cuerpo acuático. Estas dos categorías mencionadas, antes del año 2019, eran una sola categoría para la ANA. (ANA, 2020, p. 9).

3.5.3.2. Parámetros

Con respecto a los parámetros, la ANA recoge noventa (90) parámetros de calidad de agua en sus monitoreos de agua en los puntos ya establecidos a nivel nacional, pero para la metodología de los ICARHS, sólo se utilizan 19 parámetros, clasificados en dos dimensiones: Materia orgánica (DBO5, DQO, oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, fósforo total, nitratos, hidrocarburos totales de petróleo) y físico-química-metal (potencial de hidrogeno, arsénico, aluminio, manganeso, hierro, cadmio, plomo, boro, cobre, mercurio, zinc, sólidos suspendidos totales).

En el Anexo N° 1, se mencionan los parámetros necesarios para determinar el ICARHS y con la información brindada por la ANA se realizará el cálculo del ICARHS.

3.5.4. Sistematización de base de datos:

La información recolectada se sistematizó según los datos obtenidos de los monitoreos realizados por el ANA, en el periodo establecido para la presente investigación (2017-2021), ingresándola a una base de datos como muestra en los instrumentos (en el punto 3.4.2.).

3.5.5. Cálculo del ICARHS:

Para poder calcular el ICARHS, se ordenó la información obtenida de la ANA y se elaboró el cuadro en el programa Excel, incluyendo las fórmulas matemáticas que usa la metodología ICARHS para poder obtener los resultados. Para el cálculo del ICARHS en Excel se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- 1) Alcance – F1: Para hallarlo se usó la siguiente fórmula.

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

- 2) Frecuencia – F2: Para hallarlo se usó la siguiente fórmula.

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

- 3) Frecuencia – F3: Para hallarlo se usó la siguiente fórmula.

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

Luego se realiza la suma de excedentes con la siguiente fórmula:

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

Cuando el resultado obtenido no cumple con lo que indica el ECA-Agua, se deberá calcular la siguiente fórmula:

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

Una vez que se cuenta con los resultados, se aplicará la metodología del ICARHS, y cuando se tenga un resultado con número adimensional (rango 0-100), calificándolos como excelente a 100 y como pésimo a 0, para ello se utiliza la siguiente fórmula.

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

3.5.6. Sistematización de estadística de los datos:

Una vez calculado el ICARHS, se procedió a la parte estadística de los datos obtenidos con la finalidad de obtener los valores de la calidad del agua en términos numéricos y proceder a continuar con el siguiente paso del flujograma de la presente investigación.

3.5.7. Elaboración de mapas y gráficos:

Una vez obtenido el valor de la calidad del agua (de forma numérica), se continuará con la elaboración de los gráficos y mapas correspondientes para su mejor interpretación de los resultados conseguidos. Para ello se tuvo en consideración la siguiente Tabla, en donde se clasifican los resultados como excelente, bueno, regular, malo y pésimo.

Tabla 6: Calificación del ICARHS

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

Fuente: Autoridad Nacional del Agua - ANA, 2020

3.5.8. Análisis e interpretación de resultados

En este punto se realizó el análisis e interpretación de los resultados, verificando el cumplimiento de la metodología usada en la presente investigación, en cada punto de estación de monitoreo y tiempo establecido en los departamentos de Ayacucho-Arequipa.

3.6. Métodos de análisis de datos

Los datos obtenidos de la Autoridad Nacional del Agua en los últimos cinco años y en los puntos de monitoreo solicitados, se procesaron estadísticamente con la ejecución del programa Excel, en donde se colocaron las formulas numéricas del ICARHS (para sus tres factores) y calculando así el ICARHS. Luego se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Para mejor interpretación de los resultados de la investigación se hizo uso del programa ArcMap para así elaborar un mapa con los puntos de monitoreo analizados.

3.7. Aspectos éticos

Se respetó el Código de Ética de la universidad, haciendo cumplir los estándares científicos de responsabilidad y honestidad, siguiendo las guías, normas y el manual ISO 690, que proporciona la universidad para contar con un estudio de alta calidad. Por lo tanto, esta investigación obtendrá resultados reales.

IV. RESULTADOS

Para la evaluación del estado de la calidad del agua se aplicó el ICARHS en catorce (14) puntos de monitoreo impactados por minería legal e ilegal de las unidades hidrográficas: Alto Ocoña, Mirmaca, Medio Alto Ocoña, Chichas-Arma, Medio Bajo Ocoña, Chorunga y Bajo Ocoña, de las subcuenca Pausa y subcuenca Ocoña a continuación se muestran los resultados.

4.1. Objetivo General: Determinar el ICARHS en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 7: Comparación del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

ECA	Tipo de minería	ICARHS
		$\bar{x} \pm S$
CATEGORÍA 3	Minera legal	93.89 \pm 7.77
	Minería ilegal	94.00 \pm 9.59
CATEGORÍA 4	Minera legal	93.43 \pm 5.32
	Minería ilegal	89.00 \pm 5.66

Dónde:

\bar{x} : Promedio de los resultados del ICARHS

S: Desviación estándar en base al promedio

La Tabla 12 nos muestra que para el ECA categoría 3, los promedios del ICARHS para la minería legal es de 93.89 y para ilegal es de 94.00; y para la categoría 4, los promedios del ICARHS para minería legal es 93.43 y para ilegal es de 89.00. Aquí se puede observar que hay igualdad entre los ICARHS de la minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa, 2017-2021 para los ECA categoría 3 y 4.

Tabla 8: Categorización del ICARHS según ECA Categoría 3, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

		Tipo de minería		Total
		Legal	Ilegal	
ICARHS	Bueno	28.6%	7.1%	35.7%
	Excelente	35.7%	21.4%	57.1%
	Regular	0.0%	7.1%	7.1%
Total		64.3%	35.7%	100.0%

La Tabla 13, muestra que no existen diferencias significativas, por tanto, se concluye que hay igualdad entre las frecuencias en las categorías del ICARHS de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa, 2017-2021 para ECA categoría 3, con mayor frecuencia de puntos de muestreo que resultaron con ICARHS categoría excelente con 35.7% para minería legal, seguida del 21.4% de puntos de muestreo que resultaron con ICARHS categoría excelente para minería ilegal.

Tabla 9: Categorización del ICARHS según ECA Categoría 4, en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

		Tipo de minería		Total
		Legal	Ilegal	
ICARHS	Bueno	22.2%	22.2%	44.4%
	Excelente	55.6%	0.0%	55.6%
Total		77.8%	22.2%	100.0%

La Tabla 14, muestra que no existe diferencias significativas, por tanto, indica igualdad entre las frecuencias en las categorías del ICARHS de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 4, con mayor frecuencia de puntos de muestreo que resultaron con ICARHS categoría excelente con 55.6% para minería legal, seguida del 22.2% de puntos de muestreo que resultaron con ICARHS categoría “Bueno” para minería ilegal.

4.2. Como Objetivo Específico: Determinar los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.

En relación al primer objetivo específico que fue; determinar los valores de la materia orgánica del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021. Los resultados se muestran en las tablas 4,5 y 6.

Tabla 10: Comparación de los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS, en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

ECA	Tipo de minería	ICARHS
		$\bar{x} \pm S$
CATEGORÍA 3	Minería legal	95.22 ± 7.10
	Minería ilegal	94.00 ± 9.59
CATEGORÍA 4	Minería legal	93.43 ± 5.32
	Minería ilegal	89.00 ± 5.66

Dónde:

\bar{x} : Promedio de los resultados del ICARHS

S: Desviación estándar en base al promedio

La Tabla 15, muestra que en la comparación de los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS para el ECA categoría 3 en la desviación estándar no existe diferencias significativas, por tanto, indica igualdad entre los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa, 2017-2021 para ECA categoría 3, con promedios de 95.22 para minería legal y 94.00 ilegal. También se muestra que en la comparación de los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS para el ECA categoría 4, en la desviación estándar no existe diferencias significativas, por tanto, indica igualdad entre los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 4, con promedios de 93.43 para minería legal y 89.00 ilegal.

Tabla 11: Categorización de los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS según ECA Categoría 3, en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

		Tipo de minería		Total
		Legal	Ilegal	
Subíndice 1	Bueno	21.4%	7.1%	28.6%
	Excelente	42.9%	21.4%	64.3%
	Regular	0.0%	7.1%	7.1%
Total		64.3%	35.7%	100.0%

La Tabla 16, que no existe diferencias significativas, por lo tanto, indica igualdad entre las frecuencias en las categorías de la materia orgánica (Subíndice 1) de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 3, con mayor frecuencia de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 1 categoría excelente con 42.9% para minería legal, seguida del 21.4% de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 1 categoría excelente para minería ilegal.

Tabla 12: Categorización de los valores de la materia orgánica (Subíndice 1) del ICARHS según ECA Categoría 4, en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.

		Tipo de minería		Total
		Legal	Ilegal	
Subíndice 1	Bueno	22.2%	22.2%	44.4%
	Excelente	55.6%	0.0%	55.6%
Total		77.8%	22.2%	100.0%

La Tabla 17, muestra que no existe diferencias significativas, por tanto, se indica igualdad entre las frecuencias en las categorías de la materia orgánica (Subíndice 1) de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 4, con mayor frecuencia de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 1 categoría excelente con 55.6% para minería

legal, seguida del 22.2% de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 1 categoría bueno para minería ilegal.

4.3. Como Objetivo Específico: Determinación de los valores físico-químico-metal (Subíndice 2) del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.

En relación al segundo objetivo específico que fue; determinar los valores físico-químico-metal del ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.

Los resultados se muestran en la tabla 7, 8 y 9.

Tabla 13: Comparación de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

ECA	Tipo de minería	ICARHS
		$\bar{x} \pm S$
CATEGORÍA 3	Minería legal	98.00 ± 4.92
	Minería ilegal	100.00 ± 0.00
CATEGORÍA 4	Minería legal	99.71 ± 0.76
	Minería ilegal	100.00 ± 0.00

Dónde:

\bar{x} : Promedio de los resultados del ICARHS

S: Desviación estándar en base al promedio

La Tabla 18, muestra para la comparación de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS para el ECA categoría 3, en la desviación estándar no existe diferencias significativas, por tanto, indica igualdad entre los valores físico-químico-metal (Subíndice 2) del ICARHS de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 3, con promedios de 98.00 para minería legal y 100.00 ilegal.

También se muestra para la comparación de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS para el ECA categoría 4, en la desviación estándar no existe diferencias significativas, por tanto, indica igualdad entre los valores físico-químico-metal (Subíndice 2) del ICARHS de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 4, con promedios de 99.71 para minería legal y 100.00 ilegal.

Tabla 14: Categorización de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS según ECA Categoría 3, en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

		Tipo de minería		Total
		Legal	Ilegal	
Subíndice 2	Bueno	7.1%	0.0%	7.1%
	Excelente	57.1%	35.7%	92.9%
Total		64.3%	35.7%	100.0%

La Tabla 19, muestra que no existe diferencias significativas, por tanto, se indica igualdad entre las frecuencias en las categorías de físico-químico-metal (subíndice 2) de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 3, con mayor frecuencia de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 2 categoría excelente con 57.1% para minería legal, seguida del 35.7% de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 2 categoría excelente para minería ilegal.

Tabla 15: Categorización de los valores físico-químico-metal (subíndice 2) del ICARHS según ECA Categoría 4, en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021

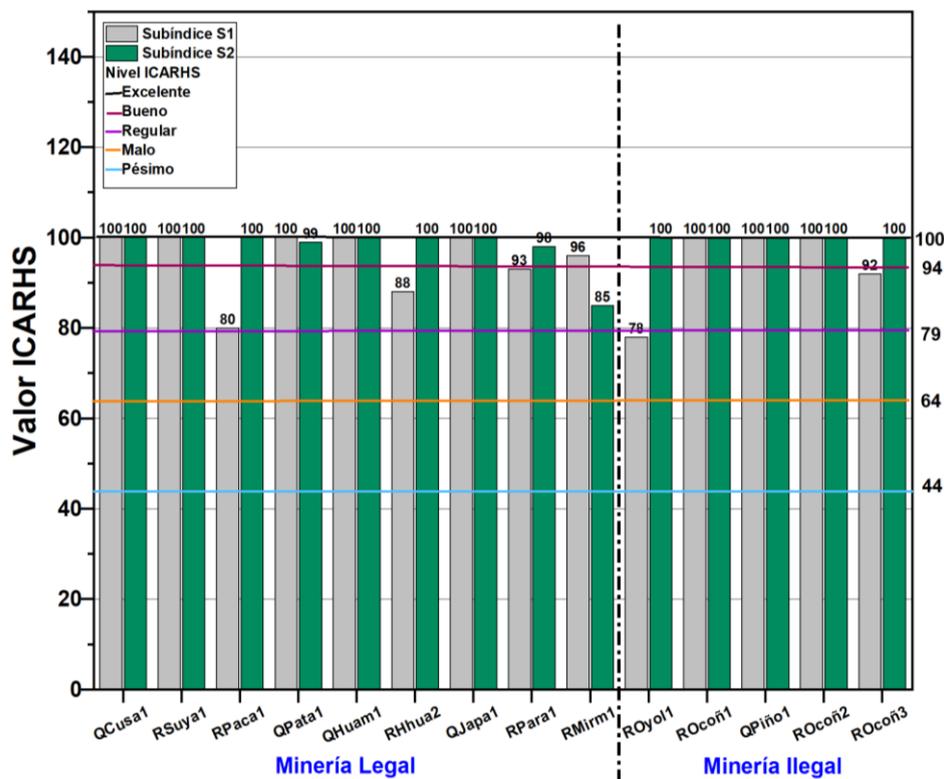
		Tipo de minería		Total
		Legal	Ilegal	
Subíndice 2	Excelente	77.8%	22.2%	100.0%
	Bueno	0.0%	0.0%	0.0%
Total		77.8%	22.2%	100.0%

La Tabla 20, muestra que no existe diferencias significativas, por tanto, se indica igualdad entre las frecuencias en las categorías de físico-químico-metal (subíndice 2) de minería legal e ilegal de Ayacucho-Arequipa 2017-2021 para ECA categoría 4, con mayor frecuencia de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 2 categoría bueno con 77.8% para minería legal, seguida del 22.2% de puntos de muestreo que resultaron con Subíndice 2 categoría bueno para minería ilegal.

4.4. Niveles de los Subíndices 1 y 2 del ICARHS de los puntos de muestreo de Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021.

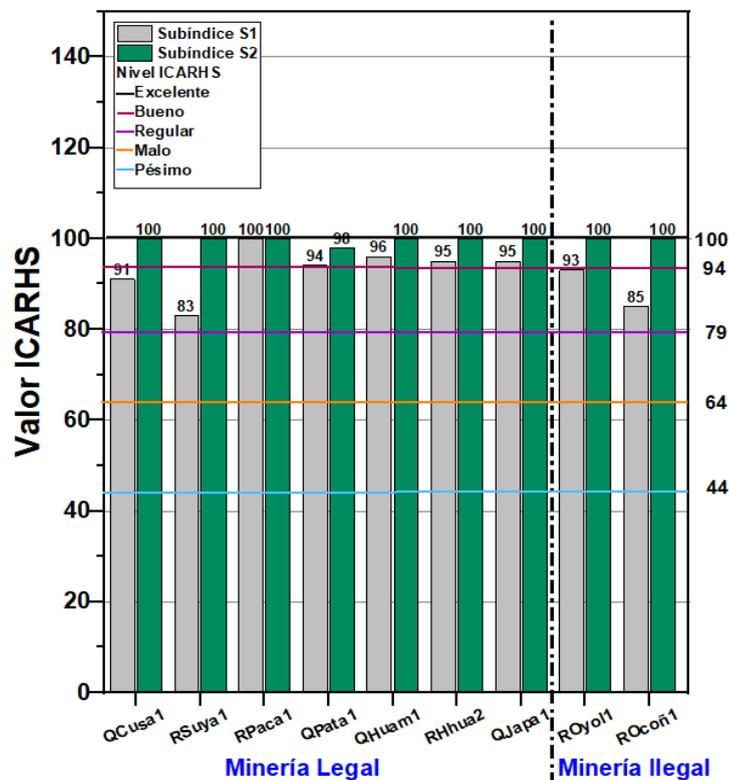
En las figuras 1 y 2 se muestran los niveles del subíndice 1 y subíndice 2 del ICARHS según punto de muestreo de Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, para los ECAS categoría 3 y 4 como se muestra a continuación:

Figura 3: Niveles de los subíndices 1 y 2 del ICARHS según punto de muestreo de Minería legal e ilegal para ECA categoría 3, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021



Se muestra para minería legal el subíndice 1 (materia orgánica) que los puntos de muestreo QCusa1, RSuya1, QPata1, QHuam1, QJapa1 y RMirm1 presentaron un nivel excelente, los puntos de muestreo RPaca1, RHhua2 y RPara1, presentaron un nivel Bueno. Para el caso del subíndice 2 (parámetros físico -químico metal) los puntos de muestreo QCusa1, RSuya1, RPaca1, QPata1, QHuam1, RHhua2, QJapa1 y RPara1, presentaron un nivel Excelente, mientras que en el punto RMirm1 se presentó un nivel Bueno. Se muestra para minería ilegal el subíndice 1 (materia orgánica) que los puntos de muestreo ROcoñ1 QPiño1 y ROcoñ2 presentaron un nivel excelente, el punto de muestreo ROcoñ3, presentó un nivel Bueno y el punto de muestreo ROyol1 presentó un nivel Regular. Para el caso del subíndice 2 (parámetros físico-químico metal) los puntos de muestreo ROyol1, ROcoñ1, QPiño1, ROcoñ2 y ROcoñ3, presentaron un nivel Excelente.

Figura 4: Niveles de los subíndices 1 y 2 del ICARHS según punto de muestreo de Minería legal e ilegal para ECA categoría 4, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021



Se muestra para minería legal el subíndice 1 (materia orgánica) que los puntos de muestreo RPaca1, QPata1, QHuam1, RHhua2 y QJapa1 presentaron un nivel excelente, los puntos de muestreo QCusa1 y RSuya1, presentaron un nivel Bueno. Para el caso del subíndice 2 (parámetros físico - químico metal) los puntos de muestreo QCusa1, RSuya1, RPaca1, QPata1, QHuam1, RHhua2 y QJapa1, presentaron un nivel Excelente. Se muestra para minería ilegal el subíndice 1 (materia orgánica) que los puntos de muestreo ROyol1 y ROcoñ1 dieron un nivel Bueno, el punto de muestreo ROcoñ3, presentó un nivel Bueno y el punto de muestreo ROyol1 presentó un nivel Regular. Para el caso del subíndice 2 (parámetros físico -químico metal) los puntos de muestreo ROyol1 y ROcoñ1, presentaron un nivel Excelente.

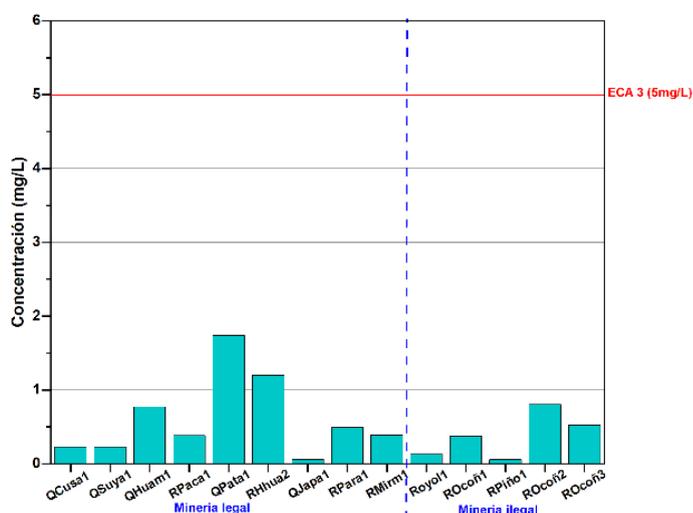
4.5. Estándares de Calidad (ECA) categorías 3 y 4 para metales, en minería legal e ilegal, Ayacucho- Arequipa, 2017-2021.

En las figuras del 7 al 16, se muestra los ECA-Agua para las categorías 3 y 4 para metales en los 14 puntos de muestreo. Los resultados obtenidos son:

A. ALUMINIO:

Los resultados obtenidos nos indican que todos los puntos de muestreo se encuentran dentro de los ECA-Agua categoría 3. Todos los puntos de monitoreo (14), tuvieron valores muy por debajo de los 5 mg/L (ECA-Agua categoría 3), tanto para la minería legal como ilegal, siendo el valor más alto 1.74 mg/L en el punto de muestreo QPata1 (minería legal).

Figura 5: ECA-Agua categoría 3 para el metal Aluminio

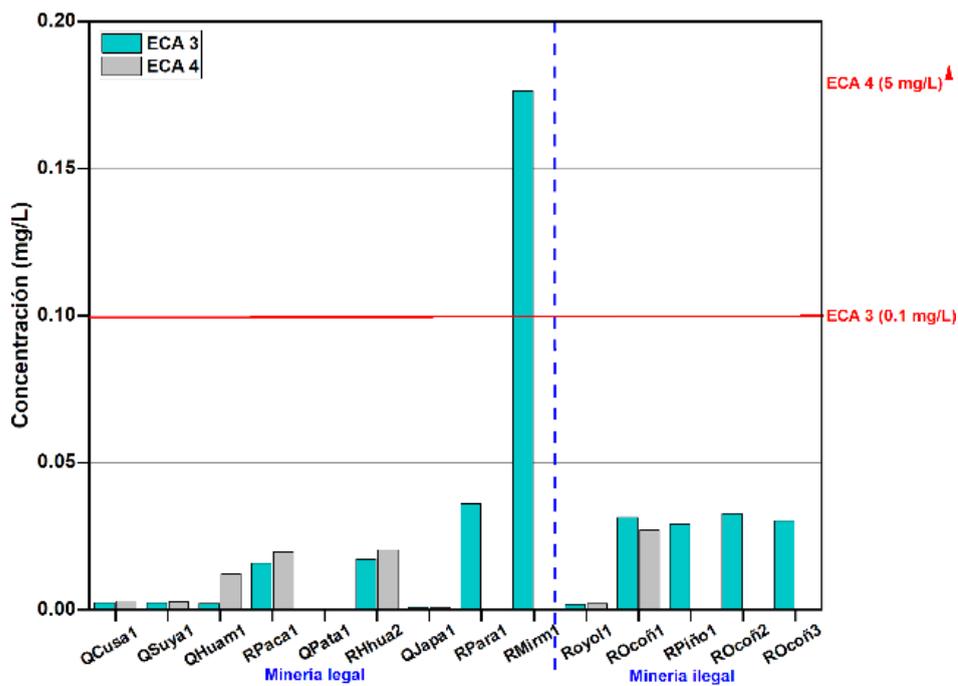


B. ARSÉNICO:

Los resultados obtenidos para el ECA-Agua categoría 3 fueron que, sólo (13) trece de (14) catorce puntos de monitoreo tuvieron valores muy por debajo de los 0.1 mg/L (ECA-Agua categoría 3), tanto para la minería legal como ilegal. Sólo el punto de muestreo RMirm1 (de minería legal), tuvo el valor de 0.17 mg/L, resultado que está por encima del valor permitido para ECA-Agua categoría 3 que es de 0.1 mg/L.

Para ECA-Agua categoría 4, el valor permitido es de 5 mg/L y los resultados obtenidos nos indican que todos los puntos de muestreo se encuentran dentro de los ECA-Agua categoría 4 para el metal Arsénico.

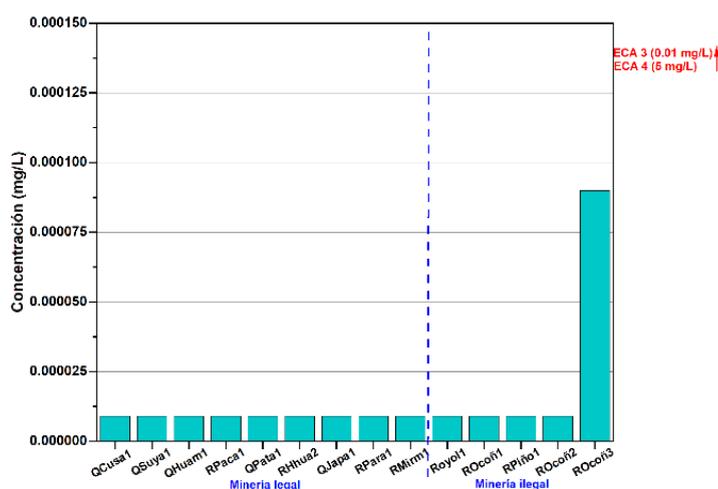
Figura 6: ECA-Agua categoría 3 y 4 para el metal Arsénico



C. CADMIO:

Las concentraciones de Cadmio para los catorce puntos de muestreo, cumplen con el ECA-Agua categoría 3 y 4, ya que se encuentran muy por debajo de 0.01mg/L (ECA3) y 5 mg/L (ECA4) respectivamente; siendo el punto ROcoñ3 perteneciente a minería ilegal el de mayor concentración con <0.00010 mg/L.

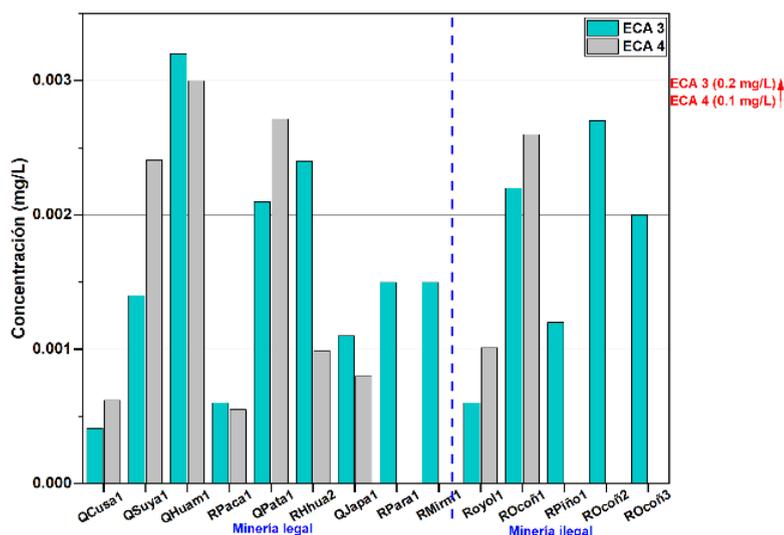
Figura 7: ECA-Agua categoría 3 para el metal Cadmio



D. COBRE:

Las concentraciones de Cobre para los (14) catorce puntos de muestreo, cumplen con el ECA-Agua categoría 3 y 4, ya que se encuentran muy por debajo de 0.2 mg/L (ECA3) y 0.1 mg/L (ECA4) respectivamente; siendo el punto QHuam1 perteneciente a minería legal el de mayor concentración con 0.0032 mg/L para ECA3 y 0.0030 mg/L para ECA4.

Figura 8: ECA-Agua categoría 3 y 4 para el metal Cobre

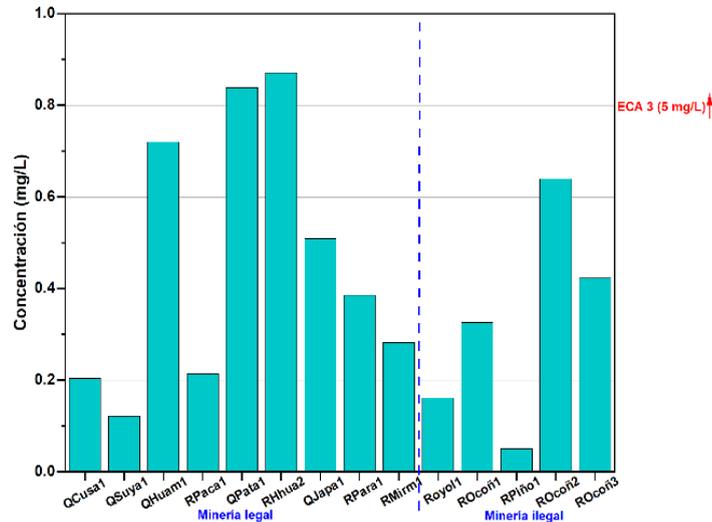


E. HIERRO:

Las concentraciones de Hierro para los (14) catorce puntos de muestreo, cumplen con el ECA-Agua categoría 3, ya que se encuentran muy por

debajo de 5mg/L (ECA3), siendo el punto RHua2 perteneciente a minería legal el de mayor concentración con 0.8708 mg/L.

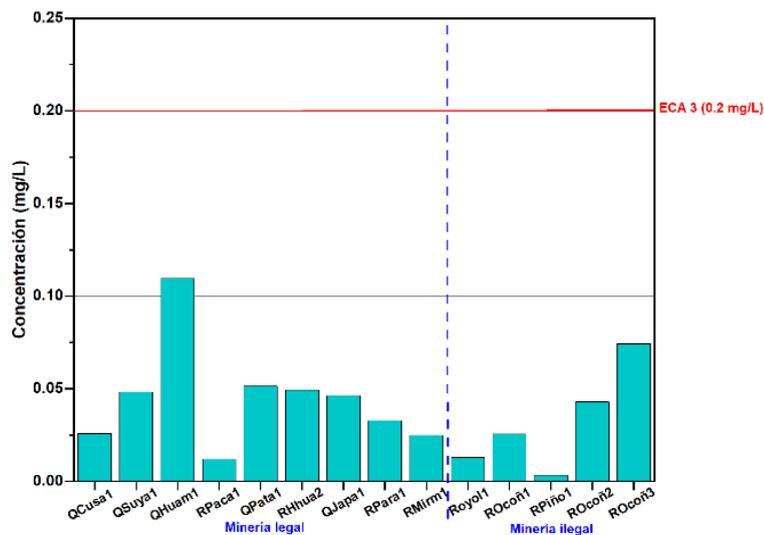
Figura 9: ECA-Agua categoría 3 para el metal Hierro



F. MANGANESO:

Las concentraciones de Manganeso para los puntos de muestreo, los mismos que cumplen el ECA 3, ya que se encuentran muy por debajo de 0.2mg/L (ECA3), siendo el punto QHua1 perteneciente a minería legal el de mayor concentración con 0.1096 mg/L.

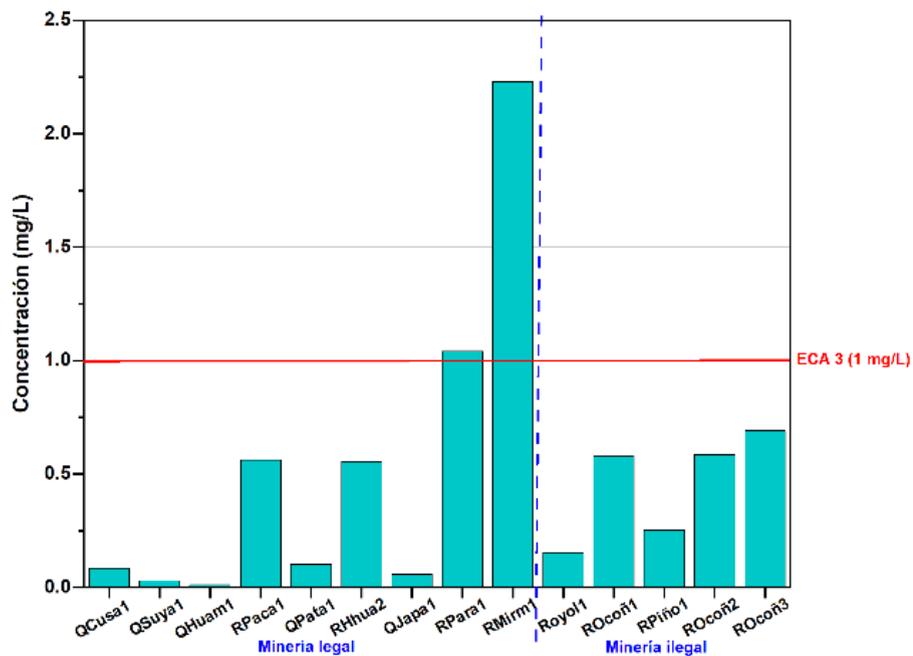
Figura 10: ECA-Agua categoría 3 para el metal Manganeso



G. BORO:

Para el metal Boro los ECA-Agua categoría 3 nos pide que los resultados estén por debajo de 1mg/L. Se puede observar que (2) dos de los (14) catorce puntos de monitoreo no cumplen con los ECA-Agua categoría 3; los puntos que no cumplen son: RPara1 y RMirm1, pertenecientes a la minería legal con concentraciones de 1.0407 mg/L y 2.2293 mg/L.

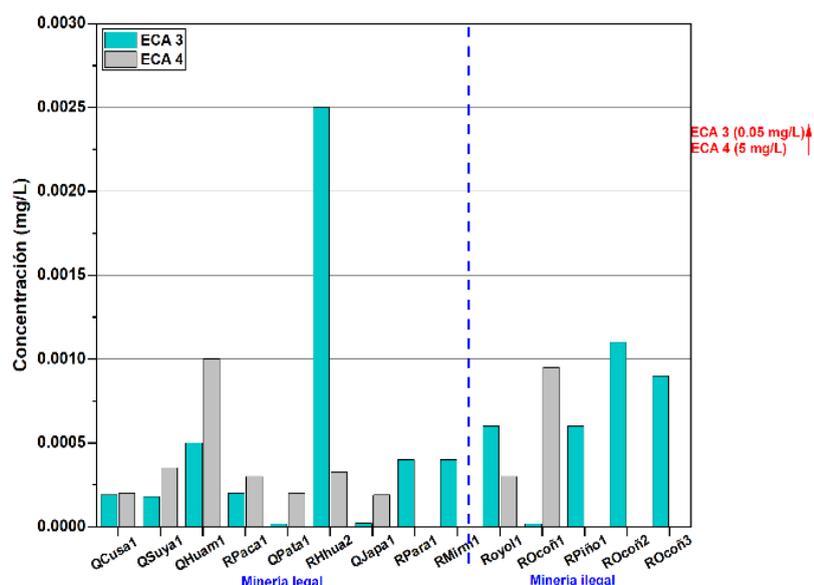
Figura 11: ECA-Agua categoría 3 para el metal Boro



H. PLOMO:

Las concentraciones de Plomo para los puntos de muestreo, los mismos que cumplen el ECA 3 y el ECA 4, ya que se encuentran por debajo de 0.05 mg/L (ECA3) y 5 mg/L (ECA4), siendo el punto RHua2 perteneciente a minería legal el de mayor concentración con 0.0025 mg/L para ECA3, y el punto QHuam1 perteneciente a minería legal el de mayor concentración con 0.0010 mg/L para ECA4.

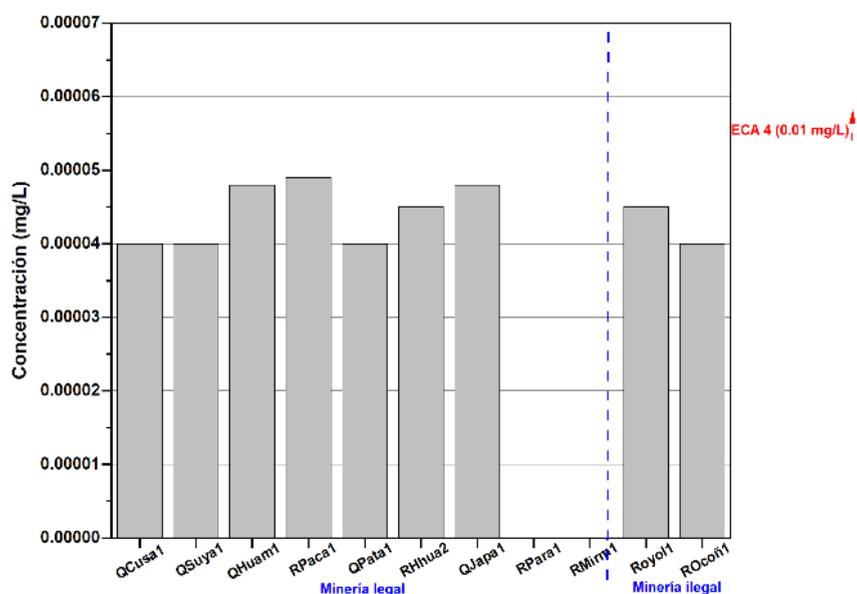
Figura 12: ECA-Agua categoría 3 y 4 para el metal Plomo



I. MERCURIO:

Los valores de Mercurio para los (14) catorce puntos de muestreo, se encuentran dentro del ECA-Agua Categoría 4 (< 0.01 mg/L), ya que todos los puntos de monitoreo tienen valores muy por debajo de 0.01 mg/L, siendo el punto RHua2 perteneciente a minería legal, el de mayor concentración con 0.000045 mg/L y Royol1 perteneciente a minería ilegal el de mayor concentración con 0.000045 mg/L.

Figura 13: ECA-Agua categoría 4 para el metal Mercurio



J. ZINC:

Los valores de Zinc para los (14) catorce puntos de muestreo, se encuentran dentro del ECA-Agua Categoría 4 (< 0.2 mg/L). Todos los puntos de monitoreo se encuentran muy por debajo de 0.2 mg/L, siendo el punto ROcoñ1 perteneciente a minería ilegal el de mayor concentración con 0.0245 mg/L.

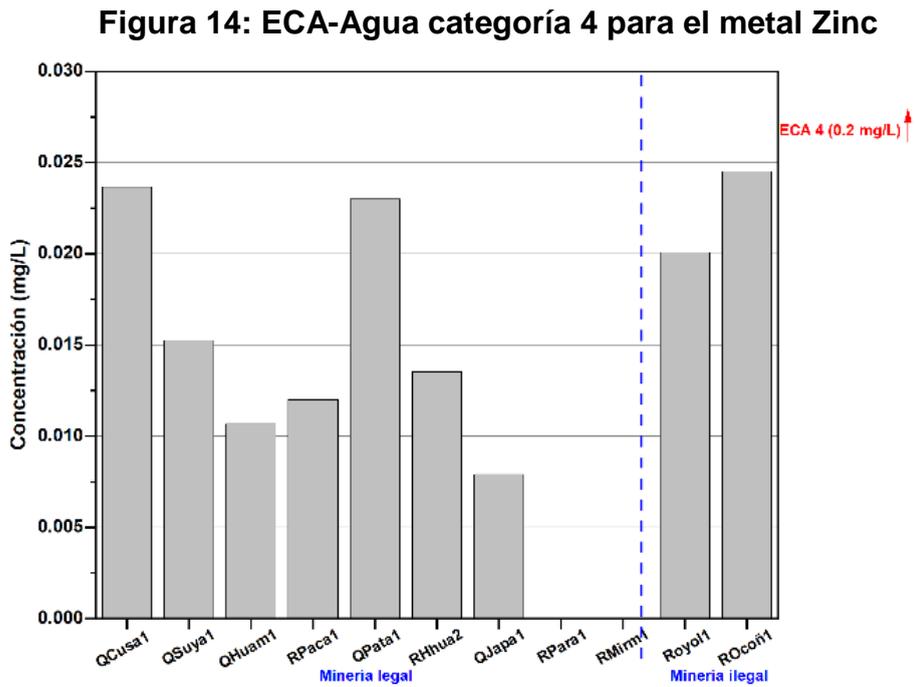
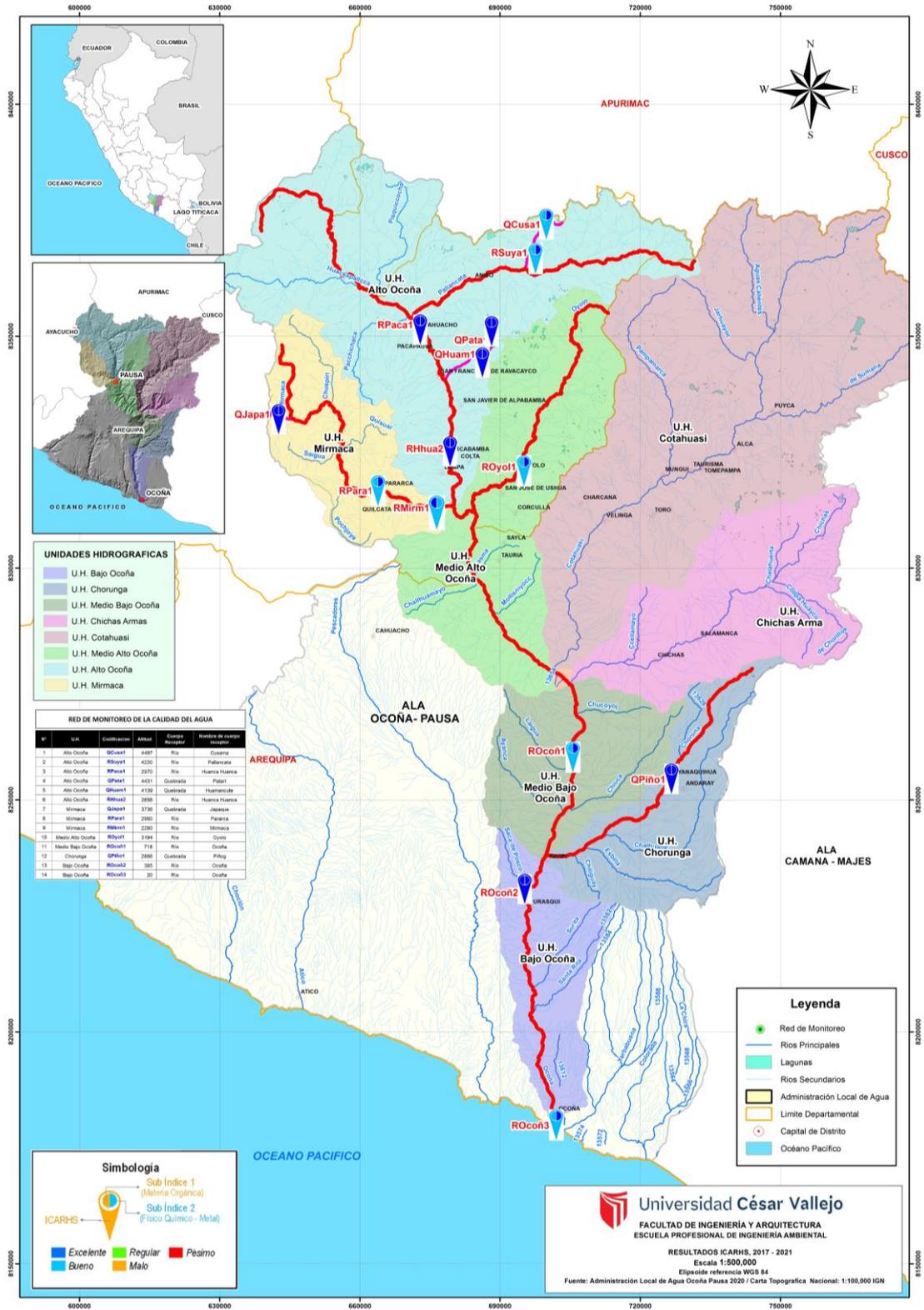


Figura 15: Mapa Resultados ICARHS Cuenca Ocoña



V. DISCUSIÓN

- En esta investigación se determinó el ICARHS en Ayacucho-Arequipa usando (19) parámetros establecidos en la metodología ICARHS, además se tomaron catorce puntos de control ubicados en puntos estratégicos donde se encuentra la minería legal e ilegal en las ciudades de Ayacucho-Arequipa, dichos puntos de control se encuentran en la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales y la categoría 4: Conservación del ambiente acuático; mientras que en el estudio realizado por Vargas Mendoza (2021), aplicó la misma metodología pero usando sólo catorce (14) de los veinte (20) parámetros establecidos por la metodología ICARHS y usando seis puntos de control en el río San Gabán, los cuales se encuentran dentro de la categoría nivel 3: riego de vegetales y bebida de animales; también Fuentes Torres (2021), estudió la metodología ICARHS, usando once (11) de los veinte (20) parámetros establecidos y consideró siete puntos de control para el río Cotahuasi en Arequipa, este cuerpo de agua se encuentra dentro de la categoría nivel 4.
- Se determinó el ICARHS en la Minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021, y se encontró que hay igualdad significativa entre los ICARHS de la minería legal e ilegal, tanto para categoría 3 como para categoría 4. Se tuvo para ECA categoría 3, promedios de 93.89 para minería legal y 94.00 para minería ilegal, ambos con una clasificación de “Excelente”; y para categoría 4, promedios de 93.43 para minería legal y 89.00 para minería ilegal, con una calificación que va de “Bueno” a “Excelente”; mientras que para el estudio de Vargas Mendoza (2020) en la cuenca del río San Gabán (Puno), donde se estudiaron seis puntos de monitoreo del 2016 al 2020, obtuvo valores entre 76 a 91, valores que se encuentran en la clasificación de “Regular” a “Bueno”. Al comparar también con la investigación de Fuentes Torres (2021), el autor analizó siete puntos de control y obtuvo valores que van desde 14.3 hasta 85.7, los cuales se clasifican desde “Pésimo” a “Excelente”.

- Se determinó los valores de la materia orgánica (subíndice 1) del ICARHS en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021 y al realizar la comparación de los valores de la materia orgánica, se determinó que hay igualdad entre los valores de la materia orgánica (subíndice 1) para ECA categoría nivel 3, con promedios de 95.22 para minería legal y 94.00 para minería ilegal obteniendo una calificación ICARHS de “Excelente”; mientras que para ECA categoría nivel 4, se determinó que también hay igualdad entre los valores de la materia orgánica (subíndice 1), con promedios de 93.43 para minería legal y 89.00 para minería ilegal obteniendo una calificación ICARHS de “Excelente” para minería legal y “Bueno” para minería ilegal. Al comparar los resultados según Gutiérrez (2018), en su estudio sobre la calidad del río Coata en su desembocadura del río Morococha donde utilizó dos metodologías: la metodología canadiense CCME-WQI junto con el ICA-PE, corroborando y concluyendo que el vertimiento de aguas residuales sobre los recursos hídricos superficiales incide directamente sobre su calidad, deteriorando el cuerpo de agua.
- Se determinó los valores Físico-químico Metal (subíndice 2) del ICARHS en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021 y se determinó que hay igualdad para ECA categoría 3, donde se tiene promedios de 98.00 para minería legal y 100.00 para minería ilegal obteniendo una calificación ICARHS de “Excelente” para ambas minerías; de igual manera sucede para el ECA categoría 4, donde se encontró que también hay igualdad entre los valores Físico-químico Metal (subíndice 2), con promedios de 99.71 para minería legal y 100.00 para minería ilegal obteniendo una calificación ICARHS de “Excelente” tanto para minería legal y como ilegal. Al comparar lo que indica Fuentes (2021), en su investigación sobre la determinación del ICARHS en la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón, en su subíndice 2 para los siete puntos de monitoreo, señala que sus parámetros arrojan en su gran mayoría una calidad de agua con una calificación de “Excelente”, y aclara que la intrusión de algunos parámetros del subíndice 2 obedecen netamente a las condiciones de la zona que van atadas a la temporalidad y ubicación de puntos de control.

- Al analizar los niveles de los subíndices 1 y 2 del ICARHS para la minería legal e ilegal para ECA categoría 3, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021, se encontró que para la “minería legal”, para el subíndice 1 (Materia orgánica), los puntos de monitoreo: QCusa1, RSuya1, QPata1, QHuam1, QJapa1 y RMirm1 obtuvieron una calificación ICARHS “Excelente” y los puntos de muestreo RPaca1, RHhua2 y RPara1 obtuvieron una calificación ICARHS de “Bueno”; para el subíndice 2 (Físico-químico Metal), los puntos de monitoreo: QCusa1, RSuya1, RPaca1, QPata1, QHuam1, RHhua2, QJapa1 y RPara1, obtuvieron una calificación ICARHS de “Excelente”; mientras que en el punto RMirm1 una calificación ICARHS de “Bueno”; mientras que para la “minería ilegal” ECA categoría 3, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021, se encontró que: para el subíndice 1 (Materia orgánica), los puntos de monitoreo: ROcoñ1 QPiño1 y ROcoñ2 obtuvieron una calificación ICARHS “Excelente”, el punto de muestreo ROcoñ3 obtuvo una calificación ICARHS “Bueno” y el punto de muestreo ROyol1 obtuvo una calificación ICARHS de “Regular”; para el subíndice 2 (Físico-químico Metal), los puntos de monitoreo: ROyol1, ROcoñ1, QPiño1, ROcoñ2 y ROcoñ3, obtuvieron una calificación ICARHS de “Excelente”. Según García Gonzales et. Al. (2021) en su investigación que tenía como objetivo determinar el índice de calidad del río de Santo Domingo de los Tsáchilas (Ecuador) haciendo uso de diferentes metodologías (ICA NSF), que indica que la calidad del agua está relacionado con el porcentaje de incumplimiento de la norma.
- De igual manera se analizaron los niveles de los subíndices 1 y 2 del ICARHS para la minería legal e ilegal para ECA categoría 4, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021, donde se muestra que para minería legal el subíndice 1 (materia orgánica) que los puntos de muestreo RPaca1, QPata1, QHuam1, RHhua2 y QJapa1 obtuvieron una calificación ICARHS de “Excelente”, los puntos de muestreo QCusa1 y RSuya1, presentaron una calificación ICARHS de “Bueno”. Para el caso del subíndice 2 (parámetros físico -químico metal) los puntos de muestreo QCusa1, RSuya1, RPaca1, QPata1, QHuam1, RHhua2 y QJapa1, presentaron una calificación ICARHS de “Excelente”. Se muestra para minería ilegal el subíndice 1 (materia orgánica) que los puntos de

muestreo ROyol1 y ROcoñ1 presentaron una calificación ICARHS de “Bueno”, el punto de muestreo ROcoñ3, presentó una calificación ICARHS de “Bueno” y el punto de muestreo ROyol1 presentó un nivel “Regular”. Para el caso del subíndice 2 (parámetros físico -químico metal) los puntos de muestreo ROyol1 y ROcoñ1, presentaron un nivel “Excelente”. Y según nos indica Fuentes Torres (2021), en su investigación con la metodología ICARHS en el río Cotahuasi, quien atribuye los niveles de gestión deficientes a la cercanía al centro poblado de Cotahuasi, presiones antropogénicas y el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento sobre los recursos hídricos, lo cual fue corroborado por Fernández y Guardado (2022) en su investigación del ICAsup (índice de calidad) en el río Cabaña en Cuba, donde el autor identifica como Fuente de contaminación y responsable de la degradación de la calidad del agua a las presiones antropogénicas.

- Se determinó los ECA-Agua para las categorías 3 y 4 para metales en minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021; encontrando que (2) dos de (10) parámetros investigados no cumplen con los ECA-Agua en la categoría 3: Arsénico (< 0.1 mg/L) y Boro (< 0.05 mg/L), teniendo para el metal Arsénico 0.17 mg/L y para Boro 1.04 mg/L (RPara1) y 2.23 mg/L (RMirm1). Ambos metales que incumplen el ECA-Agua en la categoría 3 se encuentran dentro de la zona de influencia de la minería legal; también se encontró que ningún metal tanto para categoría 3 y como categoría 4, se encuentran por debajo de los ECA-Agua para la minería ilegal. En cambio, Vargas Mendoza (2021), en su investigación del análisis espacio-temporal del ICARHS en el río San Gabán-Carabaya en Puno, encontró que, para el metal Arsénico, todos los puntos de estudio no superan los valores establecidos en el ECA-Agua categoría 4 (0.15 mg/L ECA Categoría 4: E2); para el Cadmio, sólo un punto de estudio (RSgab4) supera el ECA-Agua con 0.0003 mg/L, debiendo ser menor a 0.00025 mg/L para ECA Categoría 4: E2; y para los metales como Níquel, Cobre y Mercurio, todos los puntos de estudio no superan los valores establecidos en el ECA Categoría 4: E2. Y para SALAS-Ávila et al. (2021). En la evaluación de metales pesados en el río Suches en Puno, encontró que tanto el arsénico como el Cadmio superaron los límites recomendados por la

ISQG de Canadá, teniendo valores de 11.52 mg kg⁻¹ para Arsénico y 1.14 mg kg⁻¹ para Cadmio, señalando que la presencia de estos metales se debería a actividades mineras como excavaciones y drenajes propios de la actividad.

- En los ECA-Agua categoría 3 para metales en la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017-2021; se observó que, en el caso del Arsénico, en el punto de muestreo (RMirm1) superó los ECA-Agua Categoría 3 (< 0.1 mg/L) con 0.176 mg/L; y para Boro, en los puntos de muestreo (RPara1 y RMirm1) superan con 1.04 y 2.23 mg/L (ECA3 < 0.05 mg/L). Ambos metales fueron medidos en época de estiaje (o seca), por lo cual los datos obtenidos superan los ECA establecidos. En cambio, Vargas Mendoza (2021), para las concentraciones de Arsénico, Níquel, Cobre y Mercurio, tanto en época de avenida como de estiaje, en todos sus puntos de estudio, no superaron los valores establecidos en el ECA-Agua Categoría 4: E2.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó el ICARHS para el ECA categoría 3 y 4 de la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017 al 2021, concluyendo que para el ECA categoría 3, hay igualdad entre los ICARHS de la minería legal e ilegal, con promedios de 93.89 y 94.00 respectivamente, teniendo una calificación ICARHS de “Excelente”; y para el ECA categoría 4, concluye que no existe diferencias significativas entre los ICARHS de la minería legal e ilegal, con promedios de 93.43 y 89.00 respectivamente, con una calificación de “Excelente” a “Bueno”.
- Del objetivo principal también se puede concluir que hay igualdad entre los ICARHS de la “minería legal”, donde los ECA, tienen un promedio de 93.89 (categoría 3) y 93.43 (categoría 4), dando una calificación ICARHS de “Excelente”. Mientras que para la “minería ilegal”, los ECA tienen un promedio de 94.00 (categoría 3) y 89.00 (categoría 4), con una calificación ICARHS que va de “Excelente” a “Bueno”.
- Se determinaron los valores del subíndice 1 (materia orgánica) del ICARHS para el ECA categoría 3 y 4, de la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017 al 2021. Para categoría 3, se obtuvieron promedios de 95.22 (minería legal) y 94.00 (minería ilegal), se concluye que existe una igualdad entre los valores en la minería legal e ilegal con calificación ICARHS “Excelente”. Y para el ECA categoría 4 se obtuvieron promedios de 93.43 para minería legal y 89.00 para minería ilegal, concluyendo también que existe una igualdad entre los valores de materia orgánica en la minería legal e ilegal con una calificación de “Excelente” a “Bueno”.
- Se determinaron los valores del subíndice 2 (Físico-químico Metal) del ICARHS para el ECA categoría 3 y 4, de la minería legal e ilegal, Ayacucho-Arequipa, 2017 al 2021; donde, para categoría 3, se obtuvieron promedios de 98.00 (minería legal) y 100.00 (minería ilegal), concluyendo que existe una igualdad entre los valores en la minería legal e ilegal con calificación ICARHS “Excelente”. Y para el ECA categoría 4 se obtuvieron promedios de 99.71

para minería legal y 100.00 para minería ilegal, concluyendo también que existe una igualdad entre los valores de materia orgánica en la minería legal e ilegal con una calificación de “Excelente”.

- Con respecto a los ECA-Agua para la categoría 3, se concluyó que (6) seis de (8) ocho parámetros estudiados cumplen el ECA-Agua, siendo sólo el Arsénico y el Boro, los únicos metales que no cumplen con este estándar.
- Con respecto a los ECA-Agua para la categoría 3, se concluyó que los resultados obtenidos de los metales Arsénico y Boro que superaron los ECA-Agua Categoría 3, pertenecen sólo a la minería legal, mientras que los valores obtenidos en los puntos de monitoreo de la minería ilegal se encuentran dentro de los ECA-3.
- Para el caso de los metales Arsénico y Boro que superaron los ECA-Agua Categoría 3, se concluyó que todas las mediciones realizadas en los puntos de monitoreo RPara1 y RMirm1 fueron tomadas en época de estiaje (seca).
- Con respecto a los ECA-Agua para la categoría 4, se concluyó que los (5) cinco parámetros estudiados cumplen el ECA-Agua, tanto para minería legal como ilegal.

VII. RECOMENDACIONES

- La presente investigación debe ser publicada para dar a conocer los resultados del estado de la calidad del agua superficial en el cauce del río Ocoña y sus afluentes, en la subcuenca del río Marán y Ocoña con la finalidad de que el público en general tenga de conocimiento que hay una buena gestión de la calidad del agua superficiales que se viene realizando, debiendo mantenerse y garantizar la disponibilidad del agua de buena calidad, y que esta a su vez sea gestionada de manera sostenible asegurando la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua.
- Continuar con los monitoreos de calidad de los recursos hídricos, en los cuerpos de agua superficiales debiendo ser participativos, estableciéndose como mínimo 2 veces en la época de estiaje y 2 veces en la época de lluvia.
- Continuar aplicando la metodología ICARHS, por ser un modelamiento matemático que se ajusta de manera más apropiada a las características de la calidad del agua en la cuenca del río Ocoña.
- Se debe mejorar la red de puntos de muestreo en los cuales se evalúe la calidad de los recursos hídricos superficiales en la cuenca Ocoña usando como base los puntos de muestreo que se monitorea de manera activa en los últimos 4 años por la ANA, pudiéndose incrementar la red según la demanda de datos que se requiera.
- Considerar en los próximos análisis la variable caudal, para ello se debe procurar implantar estaciones de aforo en las estaciones de muestreo de la calidad del agua.
- Se recomienda utilizar los resultados de esta investigación para promover el desarrollo de estudios técnicos científicos que sustenten la influencia de las características geológicas que pueda influir en la calidad ambiental de los cuerpos de agua.

REFERENCIAS

- ABBASI, T., & Abbasi, S. A. Water quality indices. Elsevier. Environmental Earth Sciences [en línea]. Volumen 71, número x, Mayo 2014. 4625-4628.
Disponible en: 10.1007/s12665-014-3141-9
ISBN: 978-0-444-54305-9
- ALARCÓN Corro, Jorge Fernando. Aplicación de métodos de Índices de calidad de Agua (ICA) en el río Rímac. Tesis (Ingeniero Geógrafo). Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2019. 163 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/12169>
- AUCALLA Carbajal, Antonny Gino. Evaluación de la calidad del agua del río Oro y quebrada Quinceañera del Parque Nacional Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2019. p. 1-69.
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9653/UPlaorjr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua. 10 de mayo de 2022. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/3_msc._betty_chung_parametros_de_calidad_de_agua_e_indicadores_de_contaminacion_0.pdf?msckid=96668101cf5511ec8e14ba53f17b1de1
- ANA. (13 de Febrero de 2018). Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. Obtenido de repositorio.ana.gob.pe: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2439>
- ANA. (21 de Febrero de 2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Obtenido de Repositorio de la Autoridad Nacional del Agua: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- ANA. (25 de Abril de 2018). R.J. 136-2018-ANA Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionados con los recursos hídricos. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua, Normatividad: <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/R.J.%20136-2018-ANA.pdf>

- Autoridad Nacional del Agua. Parámetros de calidad del agua e indicadores de contaminación. [Fecha de Consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/3_msc._betty_chung_parametros_de_calidad_de_agua_e_indicadores_de_contaminacion_0.pdf?msckid=96668101cf5511ec8e14ba53f17b1de1

- BROUSETT-MINAYA, M. A., RONDAN-SANABRIA, G. G. y CHIRINOS-MARROQUÍN, M. Impacto de la Minería en Aguas Superficiales de la Región Puno – Perú. Marzo 2021. Volumen 21. Págs. 187-207. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
ISSN: 2411-0035

- CCME. (30 de enero de 2001). CANADÁ, CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT WINNIPEG. Obtenido de Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0: <http://www.ccme.ca/sourcetotap/>

- CHAVEZ Martinez, Luz Nalleli. Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazonas en Coatzintla, México. Tesis (Maestra en Ciencias del Ambiente). México. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Enero 2015. p. 1-48.
Disponible en: https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2019/05/G02_Luz-Nalleli-Chavez-Martinez.pdf

- CHOQUE-QUISPE, David. Índice de calidad de agua en la microcuenca altoandina del río Chumbao, Andahuaylas, Apurímac, Perú. Revista Tecnología y Ciencias del Agua [en línea]. Volumen 12, número 1, enero-febrero 2021, p. 1-58. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2076/2282>
ISSN: 2007-2422

- CUSTODIO, CHANAME Y BULEGE. Evaluación de la calidad del agua del río Cunas mediante índices fisicoquímicos y biológicos, Junín Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. Págs. 17-24. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4686>
- Decreto Supremo N° 014-92-EM. Ley General de Minería. TUO. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LGM/LGM%202018.pdf>
- Decreto Supremo N° 004-2012-MINAM – Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo (IGAC), para la Formalización de Actividades de pequeña minería y minería artesanal en curso. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 6 de setiembre de 2012. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317440-004-2012-minam>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- DÍAZ Toribio, Yeselin Margi. Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua de la Cuenca Baja del Río Chillón. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Nacional Federico Villarreal. 2019. 184 pp.
Disponible: http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3807/UNFV_Diaz%20Toribio_Yeselin%20Margi_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ESTELA Pérez, Morella. Niveles de contaminación de las aguas residuales del centro poblado Huaca Blanca y su efecto en la calidad del agua del río Chancay. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017. 89 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/11187>

- FIGUEROA, Ricardo [et al.]. Macro invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de los ríos del Sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural [en línea]. Volumen 76, número 2, 2003, p. 275- 285.
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
ISSN: 0716-078X (impresa)
- FLORES Ruiz, Steven y VELA Panduro, Noluz. Índice de la Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de la Unidad Hidrográfica Bajo Marañón, Periodo 2014-2020. Tesis (Grado en Ingeniería). Loreto. Universidad Científica del Perú. 2021. 43 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88817>
- FUENTES Torres, Alberto Giancarlo. Índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales para la gestión de calidad del agua, subcuenca del Río Cotahuasi, Arequipa, 2021. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú. Universidad César Vallejo. 2021. 103 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88817>
- GUTIÉRREZ Cabana, Verónica Reyna. 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 (Ingeniero Ambiental). Juliaca. Universidad Peruana Unión. 2018. 95 pp.
Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1771>
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. Y MENDOZA, C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México. Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018. 714 pp.
ISBN: 978-1-4562-6096-5
- The murky future of global water quality: New global study projects rapid deterioration in water quality. International food policy research institute (IFPRI) and Veolia [en línea]. 2015. 12 pp.
Disponible en: <https://www.ifpri.org/publication/murky-future-global-water-quality-new-global-study-projects-rapid-deterioration-water>

- JIMÉNEZ Cotrina, Jhon Abner y LLICO Portal, Merly Evelin. Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el índice de calidad ambiental para agua, Cajamarca 2019. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad Privada del Norte. 2020. 127 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/23984>

- LOZANO-RIVAS, William Antonio y LOZANO Bravo, Guillermo. Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio. 1era ed. Bogotá. Universidad Piloto de Colombia, 2015. Págs. 13-63. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <https://searchworks.stanford.edu/view/11830795>
ISBN: 9789588537917 (libro electrónico)
ISBN: 9588537916 (libro electrónico)

- MCINTYRE, Neil; BULOVIC, Nevenka; CANE, Isabel y MCKENNA Phill. A multi-disciplinary approach to understanding the impacts of mines on traditional uses of water in Northern Mongolia. Science of the Total Environment 557-558 [en línea]. 2016. 404-414 pp.
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.092>

- MAGDALENO, Anahí [et al.]. Evaluación del impacto de las actividades rurales en la calidad del agua en la microcuenca del arroyo Burgos (San Pedro, Provincia de Buenos Aires). Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie [en línea]. Volumen 20, número 2, 2018, p. 239 a 250. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022].
Disponible en: <http://revista.macn.gob.ar/ojs/index.php/RevMus/article/view/588/508>
ISSN 1514-5158 (impresa)
ISSN 1853-0400 (en línea)

- MINAM, Ministerio del Ambiente. Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo - IGAC. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2022]. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/politicas/instrumento-de-gestion-ambiental-correctivo-igac/>

- MINAM, Ministerio del Ambiente. (2017). Estándares de calidad ambiental para agua. El Peruano, Lima, 7 de junio 2017. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

- PÉREZ-Castillo, Ana Gabriela y Rodríguez, Alexis. Índice fisicoquímico de la calidad del agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista Biol. Trop.* [en línea]. Volumen 56, número 4, diciembre 2008, p. 1905-1918. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v56i4.5769>
ISSN: 0034-7744.

- PUERTA López, Cesia Yovani. 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 (Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad Nacional de San Martín. 2019. 94 pp.
Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3460>

- ORTIZ Laura, Joel Reynaldo. Gestión de la calidad del agua del río Chili mediante el empleo de índices físico químicos de calidad ambiental, Arequipa. Universidad Nacional San Agustín. 2019. Págs. 1-166.
Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4686>

- SALAS-Ávila, Dante [et al.]. Evaluación de metales pesados y comportamiento social asociados con la calidad del agua en el río Suches, Puno, Perú. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea]. Volumen 12, número 6, 145-195 pp. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022].
Disponible en: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-04>
ISSN: 2007-2422

- SANABRIA-SUÁREZ, Andrea Cecilia; MONTENEGRO-MARÍN, Carlos; CASTRO-FERNÁNDEZ, Mario Fernando y DÍAZ-CASALLAS, Daissy Milena. Análisis multitemporal de los indicadores de calidad de agua en corrientes

superficiales (ICA) de la cuenca alta del río Bogotá (Colombia). Ingeniería Solidaria [en línea]. Volumen 13, número 22, mayo 2017, p. 39-54. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].

Disponible en DOI: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v13i22.1751>

ISSN: 1900-3102.

- SEISDED0 Loza, Mabel y DÍAZ Asencio, Misael. Influence of environmental processes on indicators of water quality in the Hanabanilla reservoir, Cuba. Revista Panamericana de Ciencias Acuáticas [en línea]. Volumen 16, número 3, 2021, p. 219 a 230. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: [http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_16\(3\)_219-230.pdf](http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_16(3)_219-230.pdf)
- SILVA Puelles, María del Rosario. Evaluación del grado de afectación de la calidad del agua del río Tumbes y propuesta de recuperación sector peruano. Tesis (Magister en Gestión Ambiental). Tumbes – Perú. Universidad Nacional de Tumbes. 2018.
Disponible en: <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/268/TESIS%20DE%20MAESTRIA%20-%20SILVA%20PUELLES%20ROSARIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 8(15), 79-94.
- VARGAS MENDOZA, Brígida Emperatriz. Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad ambiental de recursos hídricos superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2021. 91 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/71364>

- VELOZ Mayorga, Nancy Cecilia y CARBONEL H., Carlos A. A. Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM [en línea]. Volumen 21, número 42, 2018, p. 13-26. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15784/13520>
ISSN-L:1561-0888

- ULLOA, Astrid [et al.]. Monitoreos hídricos comunitarios: conocimientos locales como defensa territorial y ambiental en Argentina, Perú y Colombia. ICONOS Revista de Ciencias Sociales [en línea]. Volumen XXV (1er cuatrimestre), n° 69, enero-abril 2021, p. 77-97. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <https://doi.org/10.17141/iconos.69.2021.4489>
ISSN: 1390-1249
e-ISSN: 1390-8065

- 2016 Annual Report. Recursos internet (evidence-based water internet links) [en línea]. Estocolmo, Suecia: Global Water Partnership-GWP. Green Ink. 2017. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <https://www.gwp.org/>
ISSN: 1650-9137
ISBN: 978-91-87823-36-7

- 2017 Annual Report. Recursos internet (evidence-based water internet links) [en línea]. Estocolmo, Suecia: Global Water Partnership-GWP. Green Ink. 2018. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].
Disponible en: <https://www.gwp.org/>
ISSN: 1650-9137
ISBN: 978-91-87823-49-7

- 2021 Annual Report. Recursos internet (evidence-based water internet links) [en línea]. Estocolmo, Suecia: Global Water Security & Sanitation Partnership-GWSP. World Bank Publications. 2022. [Fecha de consulta: 03 de marzo de 2022].

Disponible en: <https://www.gwp.org/>

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/470921636660686226/pdf/Global-Water-Security-and-Sanitation-Partnership-Annual-Report-2021.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1 – PARÁMETROS A EVALUAR EN EL ICARHS

	Categoría 1 Subcategoría A2 1/	Categoría 3 2/	Categoría 4 Subcategoría E2 3/	
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	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 (NO ³⁻)			X
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/			X
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X	X
	Arsénico	X	X	X
	Aluminio	X	X	
	Manganeso	X	X	
	Hierro	X	X	
	Cadmio	X	X	
	Plomo	X	X	X
	Boro 5/	X	X	
	Cobre		X	X
	Mercurio			X
	Zinc			X
	Sólidos suspendidos totales			X

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

Elaboración: Autoridad Nacional del Agua, DCERH.

**ANEXO N° 2: INSTRUMENTO DE REGISTRO DE DATOS DE LOS
MONITOREOS DE AGUA – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2**

PARÁMETROS	UNIDAD	ECA- Categ. 3-D1 (mg/L)	ECA- Categ. 3-D2 (mg/L)	Punto QCusa1				
				DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA				
				2017	2018	2019	2020	2021
FÍSICO-QUÍMICOS								
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15					
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40					
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5	8.4					
INORGÁNICOS								
Aluminio (Al)	mg/L	5	5					
Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.2					
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.05					
Cobre (Cu)	mg/L	0.2	0.5					
Hierro (Fe)	mg/L	5	---					
Manganeso (Mn)	mg/L	0.2	0.2					
Boro (B)	mg/L	1	5					
Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.05					
MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	1000					

ECA CATEGORÍA 3-D1: Agua para riego no restringido

ECA CATEGORÍA 3-D2: Bebida de animales

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

**ANEXO N° 3: INSTRUMENTO DE REGISTRO DE DATOS DE LOS
MONITOREOS DE AGUA – ECA CATEGORÍA 4-E2**

PARÁMETROS	UNIDAD	ECA- Categ. 4-E2 (mg/L)	Punto QCusa1				
			DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA				
			2019	2019	2020	2021	2022
FÍSICO-QUÍMICOS							
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	10					
Nitratos, NO3-	mg/L	13					
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0.5					
Fósforo Total	mg/L	0.05					
Potencial de Hidrógeno	pH	9.0					
INORGÁNICOS							
Arsénico (As)	mg/L	0.15					
Cobre (Cu)	mg/L	01					
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001					
Plomo (Pb)	mg/L	0.0025					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	400					
Zinc (Zn)	mg/L	0.12					
MICROBIOLÓGICO							
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	2000	<1.8	2	-	-	-

ECA CATEGORÍA 4-E2: Ríos, Costa y Sierra

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

ANEXO N° 4: INSTRUMENTO DE CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2

	PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto x				
			DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA				
			2017	2018	2019	2020	2021
Sub índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L					
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L					
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L					
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL					
	F1	$\frac{\text{N° de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N° total de parámetros a evaluar}}$					
	F2	$\frac{\text{N° de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N° total de datos evaluados}}$					
	Sumatoria de excedentes						
	F3	$\left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) \cdot 100$					
Calificación Sub Índice 1	$100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$						
Sub índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH					
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L					
	Arsénico (As)	mg/L					
	Cadmio (Cd)	mg/L					
	Cobre (Cu)	mg/L					
	Hierro (Fe)	mg/L					
	Manganeso (Mn)	mg/L					
	Boro (B)	mg/L					
	Plomo (Pb)	mg/L					
	F1	$\frac{\text{N° de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N° total de parámetros a evaluar}}$					
	F2	$\frac{\text{N° de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N° total de datos evaluados}}$					
	Sumatoria de los excedentes						
	F3	$\left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) \cdot 100$					
Calificación Sub Índice 2	$100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$						
ICARHS		Valor mínimo de la calificación de los Sub Índices 1 y 2					

ECA CATEGORÍA 3-D1: Agua para riego no restringido

ECA CATEGORÍA 3-D2: Bebida de animales

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

ANEXO N° 5: INSTRUMENTO DE CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2

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

ECA CATEGORÍA 4-E2: Ríos, Costa y Sierra
Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

**ANEXO N° 6: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO QCusa1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QCusa1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	7.02	7.08	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	5	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
	Calificación Sub Índice 1		100				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	6.15	6.86	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.274	0.178	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.003	0.002	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.0004	0.0004	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.249	0.159	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.037	0.014	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.084	<0.002	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	-	-	-
	F1		0.11				
	F2		0.06				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
F3		0.32					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		100					

**ANEXO N° 7: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO Qcusa 1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QCusa1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5.47	5.43	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	2	<2	-	-	-
	Nitratos (NO3-)	mg/L	<0.009	<0.009	-	-	-
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	0.113	<0.010	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	<1.8	2	-	-	-
	F1		0.17				
	F2		0.10				
	Sumatoria de excedentes		0.13				
	F3		11.19				
	Calificación Sub Índice 1		91				
	Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS					
Potencial de Hidrógeno		pH	6.14	7.21	-	-	-
INORGÁNICOS							
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	3	5	-	-	-
Arsénico (As)		mg/L	0.00234	0.0035	-	-	-
Cobre (Cu)		mg/L	<0.00003	0.001	-	-	-
Mercurio (Hg)		mg/L	<0.00003	<0.00005	-	-	-
Zinc (zn)		mg/L	0.019	0.028	-	-	-
Plomo (Pb)		mg/L	<0.0002	<0.0002	-	-	-
F1			0.00				
F2			0.00				
Sumatoria de los excedentes			0.00				
F3			0.42				
Calificación Sub Índice 2			100				
ICARHS		91					

**ANEXO N° 8: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO RSuya 1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RSuya1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	6.91	7.63	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	3	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
	Calificación Sub Índice 1		100				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	6.96	6.30	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.178	0.273	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.003	0.002	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.001	0.002	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.055	0.187	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.058	0.039	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.056	0.004	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	-	-	-
	F1		0.11				
	F2		0.06				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
F3		0.18					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		100					

**ANEXO N° 9: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO RSuya1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RSuya1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2019	2020	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	-	7.13	5.69	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	-	<2	<2	-
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	-	0.01	1.25	-
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	-	0.052	0.197	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	12	790	-
	F1		0.17				
	F2		0.20				
	Sumatoria de excedentes		0.30				
	F3		22.96				
	Calificación Sub Índice 1		83				
	Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS					
Potencial de Hidrógeno		pH	-	-	6.76	8.86	-
INORGÁNICOS							
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	-	-	24	8	-
Arsénico (As)		mg/L	-	-	0.00166	0.0037	-
Cobre (Cu)		mg/L	-	-	0.001	0.004	-
Mercurio (Hg)		mg/L	-	-	<0.00003	<0.00005	-
Zinc (zn)		mg/L	-	-	0.012	0.019	-
Plomo (Pb)		mg/L	-	-	0.001	<0.0002	-
F1		0.00					
F2		0.00					
Sumatoria de los excedentes		0.00					
F3		0.00					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		83					

**ANEXO N° 10: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO RPaca1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RPaca1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	1.28	8.95	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	5	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.25				
	F2		0.17				
	Sumatoria de excedentes		0.35				
	F3		26.15				
	Calificación Sub Índice 1		80				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	7.900	6.580	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.325	0.443	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.023	0.443	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.001	0.001	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.124	0.303	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.009	0.015	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.889	0.233	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
	F3		0.00				
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		80					

**ANEXO N° 11: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO RPaca1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RPaca1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2019	2020	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	-	6.97	7.74	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	-	<2	<2	-
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	-	0.03	<0.009	-
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	-	<0.010	0.007	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	11	<1.8	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
	Calificación Sub Índice 1		100				
	Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS					
Potencial de Hidrógeno		pH			8.17	8.94	
INORGÁNICOS							
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L			<3	4	
Arsénico (As)		mg/L			0.0232	0.0160	
Cobre (Cu)		mg/L			0.0003	0.0008	
Mercurio (Hg)		mg/L			<0.00005	<0.00005	
Zinc (zn)		mg/L			0.016	<0.008	
Plomo (Pb)		mg/L			<0.0002	0.00040	
F1		0.00					
F2		0.00					
Sumatoria de los excedentes		0.00					
F3		0.00					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		100					

**ANEXO N° 12: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO QPata1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QPata1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5.71	6.92	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
	Calificación Sub Índice 1		100				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	5.39	6.95	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	3.098	0.381	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	<0.00003	<0.00003	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.003	0.001	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	1.369	0.308	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.082	0.021	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.200	<0.002	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	-	-	-
	F1		0.11				
	F2		0.06				
	Sumatoria de los excedentes		0.01				
	F3		1.13				
Calificación Sub Índice 2		99					
ICARHS		99					

**ANEXO N° 13: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO QPata1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QPata1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2019	2020	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	-	5.51	5.91	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	-	3	<2	-
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	-	<0.009	0.058	-
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	-	0.046	0.09	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	7	<1.8	-
	F1		0.17				
	F2		0.10				
	Sumatoria de excedentes		0.08				
	F3		7.41				
	Calificación Sub Índice 1		94				
	Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS					
Potencial de Hidrógeno		pH	-	-	7.75	4.99	-
INORGÁNICOS							
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	-	-	3	27	-
Arsénico (As)		mg/L	-	-	<0.00003	<0.0001	-
Cobre (Cu)		mg/L	-	-	0.002	0.0038	-
Mercurio (Hg)		mg/L	-	-	<0.00003	<0.00005	-
Zinc (zn)		mg/L	-	-	<0.0100	0.036	-
Plomo (Pb)		mg/L	-	-	<0.0002	<0.0002	-
F1		0.00					
F2		0.00					
Sumatoria de los excedentes		0.02					
F3		2.12					
Calificación Sub Índice 2		98					
ICARHS		94					

**ANEXO N° 14: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO QHuam1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QHuam1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	6.61	7.19	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
	Calificación Sub Índice 1		100				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	7.79	6.43	-	-	-
	INORGANICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.191	1.348	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.00271	0.00152	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.002	0.005	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.075	1.365	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.041	0.179	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	<0.002	0.011	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	0.001	-	-	-
	F1		0.11				
	F2		0.06				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
	F3		0.06				
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		100					

**ANEXO N° 15: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO QHuam1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QHuam1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	-	5.8	6.25	6.93
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	-	2	3	<2
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	-	5.60	3.142	2.348
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	-	<0.010	0.092	<0.007
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	2	<1.8	<1.8
	F1		0.17				
	F2		0.07				
	Sumatoria de excedentes		0.06				
	F3		5.30				
	Calificación Sub Índice 1		96				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	-	-	7.08	7.02	8.7
	INORGÁNICOS						
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	10	<3	6
	Arsénico (As)	mg/L	-	-	0.0035	0.0291	0.0035
	Cobre (Cu)	mg/L	-	-	0.007	0.0007	0.0017
	Mercurio (Hg)	mg/L	-	-	<0.00005	<0.00005	<0.00005
	Zinc (zn)	mg/L	-	-	0.011	0.013	<0.008
	Plomo (Pb)	mg/L	-	-	0.002	<0.0002	0.0012
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
	F3		0.00				
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		96					

**ANEXO N° 16: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO RHua2**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RHua2					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	1.87	9.30	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	6	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.25				
	F2		0.17				
	Sumatoria de excedentes		0.19				
	F3		15.96				
Calificación Sub Índice 1		88					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	7.61	7.16	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.181	2.215	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.02327	0.01074	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	<0.00003	0.002	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.074	1.668	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.009	0.089	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.904	0.204	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	0.003	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
F3		0.00					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		88					

**ANEXO N° 17: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO RHua2**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RHua2					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	7.57	7.28	7.8	7.74
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	<2	<2	2	2
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	0.355	0.097	<0.009	<0.009
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-				
	Fósforo Total	mg/L	-	0.04	0.084	0.082	0.011
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	70	4	<1.8	<1.8
	F1		0.17				
	F2		0.10				
	Sumatoria de excedentes		0.07				
	F3		6.19				
	Calificación Sub Índice 1		95				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	-	7.23	8.62	7.20	8.22
	INORGÁNICOS						
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	69	<3	<3	5
	Arsénico (As)	mg/L	-	0.00753	0.0286	0.0285	0.0167
	Cobre (Cu)	mg/L	-	0.00126	0.0009	0.001	0.0006
	Mercurio (Hg)	mg/L	-	<0.00003	<0.00005	<.00005	<0.00005
	Zinc (zn)	mg/L	-	0.0161	0.018	0.012	<0.008
	Plomo (Pb)	mg/L	-	0.0007	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
	F3		0.00				
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		95					

**ANEXO N° 18: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO QJapa1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QJapa1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	6.86	8.14	7.21	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	<2	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	<2	13	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
Calificación Sub Índice 1		100					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	6.93	6.29	7.41	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.048	0.065	0.062	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	<0.00003	0.0008	0.00084	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.001	0.001	0.001	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.300	0.548	0.680	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.050	0.033	0.056	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.032	0.014	0.129	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	-	-
	F1		0.11				
	F2		0.04				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
F3		0.12					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		100					

**ANEXO N° 19: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO QJapa1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QJapa1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2018	2019	2020	2021	2022	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	6.31	-	7.17	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	<2	-	3	-
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	<0.009	-	<0.009	-
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	0.084	-	<0.007	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	5	-	<1.8	-
	F1		0.17				
	F2		0.10				
	Sumatoria de excedentes		0.07				
	F3		6.37				
	Calificación Sub Índice 1		95				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	-	7.58	-	6.91	-
	INORGÁNICOS						
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	5	-	3	-
	Arsénico (As)	mg/L	-	0.0009	-	0.0007	-
	Cobre (Cu)	mg/L	-	0.0007	-	0.0009	-
	Mercurio (Hg)	mg/L	-	<0.00005	-	<0.00005	-
	Zinc (zn)	mg/L	-	<0.008	-	<0.008	-
	Plomo (Pb)	mg/L	-	<0.0002	-	<0.0002	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
	F3		0.00				
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		95					

**ANEXO N° 20: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO RPara1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RPara1						
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA						
		2017	2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	1.28	7.52	7.07	6.31	7.8	7.12
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	<2	<2	3	<2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	8	17	<2	7	<2
	MICROBIOLÓGICOS							
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	17	13	33	460
	F1		0.25					
	F2		0.25					
	Sumatoria de excedentes		0.10					
	F3		8.81					
	Calificación Sub Índice 1		93					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.39	6.61	7.37	8.83	7.48	8.32
	INORGÁNICOS							
	Aluminio (Al)	mg/L	0.556	0.663	0.557	0.434	0.414	0.309
	Arsénico (As)	mg/L	0.046	0.02052	0.01735	0.0508	0.0449	0.037
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00010	<0.00010	<0.00010
	Cobre (Cu)	mg/L	0.001	0.002	0.003	0.001	0.0013	0.001
	Hierro (Fe)	mg/L	0.362	0.581	0.423	0.360	0.32	0.271
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.040	0.031	0.031	0.028	0.0425	0.025
	Boro (B)	mg/L	1.462	0.404	0.394	1.660	1	0.938
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	0.0006	<0.0002	<0.0002	0.00030	0.0003
	F1		0.22					
	F2		0.07					
	Sumatoria de los excedentes		0.03					
F3		2.81						
Calificación Sub Índice 2		98						
ICARHS		93						

**ANEXO N° 21: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO RMirm1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto RMirm1						
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA						
		2017	2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	1.91	8.18	7.12	7.77	7.03	8.32
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	<2	<2	3	<2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	7	22	<2	9	<2
	MICROBIOLÓGICOS							
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	40	33	<1.8	110
	F1		0.25					
	F2		0.05					
	Sumatoria de excedentes		0.05					
	F3		4.74					
Calificación Sub Índice 1		96						
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.15	7.01	7.45	8.1	7.5	8.03
	INORGÁNICOS							
	Aluminio (Al)	mg/L	0.236	0.645	0.601	0.262	0.239	0.34
	Arsénico (As)	mg/L	0.21258	0.05277	0.04421	0.203	0.4034	0.1427
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.000 10	<0.000 10	<0.000 10
	Cobre (Cu)	mg/L	0.001	0.002	0.003	0.001	0.0013	0.0011
	Hierro (Fe)	mg/L	0.123	0.548	0.404	0.218	0.17	0.231
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.018	0.029	0.029	0.023	0.0322 0	0.0195
	Boro (B)	mg/L	2.884	0.734	0.690	2.970	4.094	2.004
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	0.0005	0.0004	<0.000 2	0.0003 0	<0.000 2
	F1		0.22					
	F2		0.15					
	Sumatoria de los excedentes		0.25					
	F3		20.08					
Calificación Sub Índice 2		85						
ICARHS		85						

**ANEXO N° 22: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO ROYol1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto ROYol1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	1.15	9.18	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	7	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-
	F1		0.25				
	F2		0.17				
	Sumatoria de excedentes		0.41				
	F3		29.23				
Calificación Sub Índice 1		78					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.21	6.75	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.04	0.22	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.00	0.00106	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.00	0.00065	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.05	0.268	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.01	0.01788	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.28	0.025	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	0.001	<0.0002	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
F3		0.00					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		78					

**ANEXO N° 23: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO ROYol1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto ROYol1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	7.43	7.20	7.94	7.37
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	<2	<2	3	<2
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	0.496	0.625	0.80	0.07
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	0.024	0.09	0.11	0.019
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	94	2	<1.8	<1.8
	F1		0.17				
	F2		0.10				
	Sumatoria de excedentes		0.10				
	F3		9.09				
	Calificación Sub Índice 1		93				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	-	6.96	7.90	6.44	8.76
	INORGÁNICOS						
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	22	<3	<3	4
	Arsénico (As)	mg/L	-	0.00094	0.0027	0.0028	0.0014
	Cobre (Cu)	mg/L	-	0.00114	0.001	0.001	0.001
	Mercurio (Hg)	mg/L	-	<0.00003	<0.00005	<0.00005	0.00005
	Zinc (zn)	mg/L	-	0.0173	0.015	<0.008	0.040
	Plomo (Pb)	mg/L	-	<0.0002	0.0006	<0.0002	<0.0002
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
	F3		0.03				
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		93					

**ANEXO N° 24: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO ROcoñ1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto ROcoñ1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	8.01	9.15	-	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	-	-	-
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<2	7	-	-	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	<1.8	130	-	-	-
	F1		0.00				
	F2		0.00				
	Sumatoria de excedentes		0.00				
	F3		0.00				
	Calificación Sub Índice 1		100				
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.94	7.84	-	-	-
	INORGÁNICOS						
	Aluminio (Al)	mg/L	0.41	0.341	-	-	-
	Arsénico (As)	mg/L	0.04	0.02182	-	-	-
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	-	-	-
	Cobre (Cu)	mg/L	0.002	0.00277	-	-	-
	Hierro (Fe)	mg/L	0.32	0.3312	-	-	-
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.03	0.02016	-	-	-
	Boro (B)	mg/L	0.78	0.378	-	-	-
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	-	-	-
	F1		0.11				
	F2		0.06				
	Sumatoria de los excedentes		0.00				
F3		0.36					
Calificación Sub Índice 2		100					
ICARHS		100					

**ANEXO N° 25: CALCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 4-E2
PUNTO ROcoñ1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto ROcoñ1					
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA					
		2017	2018	2019	2019	2020	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS						
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	-	-	717	8.40	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	-	-	<2	<2	-
	Nitratos (NO3-)	mg/L	-	-	0.356	0.204	-
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	-	-	-	-	-
	Fósforo Total	mg/L	-	-	0.073	0.148	-
	MICROBIOLÓGICOS						
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	79	79	-
	F1		0.17				
	F2		0.20				
	Sumatoria de excedentes		0.24				
	F3		19.48				
	Calificación Sub Índice 1		85				
	Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS					
Potencial de Hidrógeno		pH	-	-	7.75	8.61	-
INORGÁNICOS							
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	-	-	95	53	-
Arsénico (As)		mg/L	-	-	0.01992	0.0344	-
Cobre (Cu)		mg/L	-	-	0.0028	0.0024	-
Mercurio (Hg)		mg/L	-	-	<0.00003	<0.00005	-
Zinc (zn)		mg/L	-	-	0.019	0.03	-
Plomo (Pb)		mg/L	-	-	0.001	0.0009	-
F1			0.00				
F2			0.00				
Sumatoria de los excedentes			0.00				
F3			0.00				
Calificación Sub Índice 2			100				
ICARHS		85					

**ANEXO N° 26: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO QPiño1**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto QPiño1						
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA						
		2017	2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	7.56	9.20	7.36	7.66	7.8	8.43
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	8	<2	<2	2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	6.00	<2	20	<2	<2	10
	MICROBIOLÓGICOS							
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	5	110	140	110	<1.8	<1.8
	F1		0.00					
	F2		0.00					
	Sumatoria de excedentes		0.00					
	F3		0.00					
	Calificación Sub Índice 1		100					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.04	7.31	7.70	8.39	7.8	7.76
	INORGÁNICOS							
	Aluminio (Al)	mg/L	<0.002	0.055	0.088	0.043	0.029	0.061
	Arsénico (As)	mg/L	0.03	0.02389	0.01936	0.0448	0.0328	0.0258
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00010	<0.00010	<0.00010
	Cobre (Cu)	mg/L	0.001	<0.00003	0.001	0.001	<0.0003	0.0012
	Hierro (Fe)	mg/L	<0.0004	0.0515	0.077	0.044	0.02	0.053
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.001	0.00232	0.010	0.002	0.00090	0.0033
	Boro (B)	mg/L	0.32	0.155	0.136	0.397	0.31	0.195
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.00060	<0.0002
	F1		0.00					
	F2		0.00					
	Sumatoria de los excedentes		0.00					
	F3		0.00					
Calificación Sub Índice 2		100						
ICARHS		100						

**ANEXO N° 27: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO ROcoñ2**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto ROcoñ2						
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA						
		2017	2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	5.41	9.44	9.20	8	8.44	9.18
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	10
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	11.00	9	31	9	9	4
	MICROBIOLÓGICOS							
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	2	280	<1.8	110	79	130
	F1		0.00					
	F2		0.00					
	Sumatoria de excedentes		0.00					
	F3		0.00					
	Calificación Sub Índice 1		100					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.66	7.61	7.01	9.05	8.94	8.32
	INORGÁNICOS							
	Aluminio (Al)	mg/L	0.22	0.462	2.141	1.092	0.615	0.28
	Arsénico (As)	mg/L	0.04	0.02279	0.02148	0.0357	0.0500	0.0283
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00010	<0.00010	<0.00010
	Cobre (Cu)	mg/L	0.00	0.00123	0.007	0.003	0.0026	0.0015
	Hierro (Fe)	mg/L	0.18	0.4026	1.731	0.849	0.44	0.233
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.02	0.02867	0.092	0.066	0.03180	0.0157
	Boro (B)	mg/L	0.74	0.419	0.315	0.638	1	0.532
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.002	0.0010	0.00050	0.0005
	F1		0.11					
	F2		0.06					
	Sumatoria de los excedentes		0.00					
	F3		0.32					
Calificación Sub Índice 2		100						
ICARHS		100						

**ANEXO N° 28: CÁLCULO DEL ICARHS – ECA CATEGORÍA 3-D1 Y 3-D2
PUNTO ROcoñ3**

PARÁMETROS A EVALUAR	UNIDAD	Punto ROcoñ3						
		DATOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA						
		2017	2018	2019	2019	2020	2021	
Sub Índice 1	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	9.48	10.20	8.97	7.63	8.31	10.23
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	10
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	12.00	<2	23	9	11	3
	MICROBIOLÓGICOS							
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1	220	2800	2200	700	240
	F1		0.25					
	F2		0.08					
	Sumatoria de excedentes		0.13					
	F3		11.11					
	Calificación Sub Índice 1		92					
Sub Índice 2	FÍSICO-QUÍMICOS							
	Potencial de Hidrógeno	pH	8.66	7.61	7.01	9.05	8.94	8.32
	INORGÁNICOS							
	Aluminio (Al)	mg/L	0.22	0.462	2.141	1.092	0.615	0.28
	Arsénico (As)	mg/L	0.04	0.02279	0.02148	0.0357	0.0500	0.0283
	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00010	<0.00010	<0.00010
	Cobre (Cu)	mg/L	0.00	0.00123	0.007	0.003	0.0026	0.0015
	Hierro (Fe)	mg/L	0.18	0.4026	1.731	0.849	0.44	0.233
	Manganeso (Mn)	mg/L	0.02	0.02867	0.092	0.066	0.03180	0.0157
	Boro (B)	mg/L	0.74	0.419	0.315	0.638	1	0.532
	Plomo (Pb)	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.002	0.0010	0.00050	0.0005
	F1		0.11					
	F2		0.06					
	Sumatoria de los excedentes		0.00					
	F3		0.10					
Calificación Sub Índice 2		100						
ICARHS		92						