



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Autoridad Nacional del Agua

ANA	FOLIO N°
DCEPH	-47-

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades de mujeres y hombres"
"Año del Dialogo y la Reconciliación"

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA- PE, APLICADO A LOS CUERPOS DE AGUA CONTINENTALES SUPERFICIALES

Autoridad Nacional del Agua

Calle Diecisiete N.° 355, Urb. El Palomar, Lima 27
Teléfono: (511) 224 3298

www.ana.gob.pe



Lima, febrero 2018

Autoridad Nacional del Agua
Ministerio de Agricultura y Riego

Jefe de la Autoridad Nacional del Agua
Ing. Abelardo De La Torre Villanueva

Secretaría General
Abg. Yuri A. Pinto Ortiz

Director de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos
Dr. Juan Carlos Castro Vargas



Equipo Técnico

Ing. Lili Zea Luna- Responsable
Qco. Daniel Medrano Mallqui
Blga. Melissa Salbatier Portugal
Blgo. Percy Perez Diaz
Ing. Rosa Ruiz Rios
Blgo. Wilfredo Quispe Quispe

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA- PE

Aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más abundante e indispensable para la vida, su calidad es un factor que incide directamente en la conservación de los ecosistemas y el bienestar humano, la cual se define por su uso final¹. En las últimas décadas, en nuestro país, el aumento de la población y las actividades industriales generadas por los sectores minero- energético, hidrocarburos, agrícola, pesquero, saneamiento, entre otros, son factores claves que contribuyen al deterioro de la calidad del agua a nivel nacional, a los cuales se está sumando ya el cambio climático. Por otro lado, los cambios en las características físicas y químicas (parámetros inorgánicos) de la calidad del agua, están influenciados no solo por los factores antropogénicos, antes mencionados sino por la interacción combinada de diversos procesos naturales tales como las condiciones geológicas, erosión natural, entre otros.

En ese contexto, la Autoridad Nacional del Agua- ANA, en el marco de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH) cuya finalidad es asegurar la gestión integrada, participativa y multisectorial del agua, además de desarrollar acciones de vigilancia, control y fiscalización, para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de aguas y de los bienes naturales asociados a estas².

Asimismo, la ANA desde el año 2009 viene realizando monitoreos participativos de la calidad del agua, a fin de evaluar el estado de su calidad de las fuentes naturales de agua en función a los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECA- Agua) según la categorización asignada por la Autoridad y la identificación de fuentes contaminantes en las cuencas hidrográficas a nivel nacional.

Por lo expuesto, es necesario diseñar una herramienta que permita resumir y promediar la calidad del agua y expresar los resultados de manera simplificada facilitando su manejo, interpretación y comparación por parte de los especialistas de calidad de agua, actores vinculados con la gestión y administración de los recursos hídricos y el público en general.

Por ello, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el marco de sus funciones establecidas en la Ley N° 29338, presenta la "Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA- PE, aplicado en los cuerpos de agua continentales superficiales", como una herramienta que tiene como principal finalidad la valoración simplificada del estado de la calidad del agua, y que contribuirá con una mejor presentación y a la gestión de calidad de los recursos hídricos.



¹ 3er Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo «El agua en un mundo en constante cambio». WWAP, 2009.

² Artículo 15 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos

II. OBJETIVO

Presentar la Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA- PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales, como una herramienta que representa el estado de la calidad del agua en los cuerpos naturales de agua, de una forma resumida y comprensible.

III. ALCANCE Y FINALIDAD

El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, como parte de las acciones de la vigilancia de los recursos hídricos, presenta los resultados de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados en puntos de monitoreo ubicados en los diferentes cuerpos naturales de agua superficial ubicados en el ámbito nacional, los cuales son comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA– Agua) según Clasificación de los mismos; se precisa que estos resultados solo permiten realizar una comparación de dichos valores y no una evaluación real del estado de la calidad del agua.

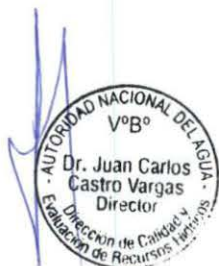
Por ello, la finalidad de establecer la metodología del cálculo del índice de calidad de agua, es expresar la condición o estado de la calidad del agua a partir de rangos establecidos, a través de un método simple, conciso y válido, sobre la base de los resultados generados en el análisis de las muestras de agua, en un curso de agua, río o cuenca en el ámbito nacional. Asimismo, brindar la información oportuna a la población, quién es el público de interés y el tener conocimiento del estado de la calidad del agua, les satisface conocer mediante una herramienta que se visualice, interprete y comprenda, y así ellos mismo mediante los índices de calidad puedan tener mejor referencia de la situación de la zona de interés.

El alcance es de aplicación único y obligatorio para la Autoridad Nacional del Agua, asimismo se precisa para los órganos desconcentrados o Autoridades Administrativas del Agua (AAA) y unidades orgánicas o Administraciones Locales de Agua (ALA), en todas las actividades que involucren la vigilancia y supervisión de los recursos hídricos, y como referencia otras actividades a fines, en cumplimiento de la Ley N° 29338 y su Reglamento.

Como referencia en el ámbito nacional para las instituciones públicas, privadas y la sociedad civil vinculada a la calidad de los recursos hídricos.

IV. BASE LEGAL

- 4.1 Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- 4.2 Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- 4.3 Decreto Legislativo N° 997, que establece la naturaleza jurídica, ámbito de competencia, las funciones y la organización interna del Ministerio de Agricultura, modificado por Ley N°30048.
- 4.4 Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2017-AG.
- 4.5 Decreto Supremo N° 006-2010-AG, Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua.



- 4.6 Decreto Supremo N° 006-2015-MINAGRI que aprueba la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.
- 4.7 Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.
- 4.8 Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros.
- 4.9 Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial.
- 4.10 Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA, Clasificación de Cuerpos de Agua Marino Costeros.
- 4.11 Resolución Jefatural N° 042-2016-ANA, aprueban la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos.

V. LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ

5.1 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA

El Perú, con respecto a uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, estuvo enmarcado durante siete décadas en un Código de Agua, cuyos orígenes se remontan al siglo XIX, fue un instrumento que permitió la consolidación del control de la agricultura por los grandes hacendados. Esta situación, cambiaría drásticamente en julio del año 1969, con la aplicación de la Ley General de Aguas, a través del D.L N° 17752, esta ley experimento algunas modificaciones respecto a la regulación en el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos hasta la creación del MINAM y la posterior aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

La precitada Ley y su Reglamento³, decreta siete (07) clasificaciones de agua ya sea terrestre o marítima relacionado con respecto al uso, las cuales son:

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección;
- II. Aguas de abastecimiento domestico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación. Filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud;
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales;
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares);
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos;
- VI. Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial.

Asimismo, define veintitrés parámetros (23), agrupados en bacteriológicos, sustancias potenciales peligrosas y parámetros potenciales perjudiciales. Dicha Ley de Aguas tuvo una vigencia de 39 años.

Con la creación del Ministerio del Ambiente en el año 2008, se dio luego la aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua⁴, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias, o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componentes básico de los

³ D.S N° 261.69-AP, Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas, Decreto Ley 17752, aprobado por el Ministerio de Agricultura

⁴ D.S N° 002-2008-MINAM aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Estos estándares son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural. Dichos estándares estaban agrupados en 4 categorías: Categoría 1: Poblacional y recreacional; Categoría 2: Actividades marino costeros; Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático. Asimismo, estas categorías estaban conformados por 15 sub categorías y contaban con 104 parámetros distribuidos en las quince (15) subcategorías.

El MINAM, en diciembre de 2015, establece la modificación de los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado con el D.S N° 002-2008-MINAM⁵. La modificación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, se encuentra clasificado en 4 Categorías y 16 sub categorías.

En el año 2017, el MINAM a través del D.S N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, el objeto de este decreto es compilar las disposiciones aprobadas mediante el D.S. N° 002-2008-MINAM, D.S. N° 023-2009-MINAM y el D.S. N° 015-2015-MINAM, que aprueban los ECA-Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente decreto supremo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA- Agua y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

El presente ECA- Agua aprobado en el año 2017, cuenta con 4 cuatro categorías y 17 subcategorías:

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 - a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable
 - A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
 - A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
 - A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
 - b) Subcategorías B: Agua superficiales destinadas para recreación
 - B1: Contacto primario
 - B2: Contacto secundario
- Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales
 - a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicadas en aguas marinos costeras
 - b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras
 - c) Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras
 - d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas

⁵ D.S N° 015-2015-MINAM, Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación



- Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales
 - a) Subcategoría D1: Riego de vegetales
 - Agua para riego no restringido
 - Agua para riego restringido
 - b) Subcategoría D2: Bebida de animales
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
 - a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos
 - b) Subcategoría E2: Ríos
 - Ríos de la costa y sierra
 - Ríos de la selva
 - c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeras y marinas
 - Estuarios
 - Marinos

Los ECA- Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo condiciones naturales o niveles de fondo, y el diseño de normas legales, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Es un instrumento útil para evaluar el estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua en las cuencas hidrográficas del país.

5.2 CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL

La categoría de un cuerpo de agua, es la representación de la calidad ideal a donde queremos llegar como Estado peruano, que tiene como función proteger, conservar y recuperar los recursos hídricos.

La **clasificación** de los cuerpos de agua aplicando el ECA- Agua, es una herramienta que se emplea como paso previo para evaluar el estado de la **calidad** de los recursos hídricos, en condición de cuerpos receptores.

De aquí radica la importancia de "clasificar" los cuerpos de agua en función a normas estandarizadas para su evaluación ambiental, lo que quiere decir que cada espacio marino, estuario, río, quebrada, lago, laguna, se le asigna una categoría establecida, considerando la priorización de los recursos naturales frágiles, sensibles y vulnerables, identificados en el proceso de integración; conservando así la diversidad biológica, priorizando la salud humana y fomentando la seguridad alimentaria; constituyéndose un instrumento de gestión eficaz y base fundamental para el ordenamiento y planificación territorial.

El artículo 73° de la Ley N° 29338, establece que: los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional del Agua, teniendo en cuenta la cantidad y la calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas. Asimismo, el numeral 4.1 del artículo 4° de la el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM señala que: La Autoridad Nacional del Agua, es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

En este sentido, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos de la ANA, en el marco de sus competencias Aprobó la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, que la Clasificación de cuerpos de agua superficiales continentales, referidos a los principales cuerpos naturales de agua (ríos, quebradas, lagos, lagunas e inclusive embalses o reservorios) en el ámbito



de las 159 unidades hidrográficas del país; considerando las actividades de uso poblacional y las diversas actividades socioeconómicas.

Correspondiendo, 294 cursos de agua clasificados de los cuales 213 están en la "Categoría 3"; 26 en la "Categoría 1- A2" y 55 en la "Categoría 4"; 33 lagos y lagunas de las cuales 27 están en la "Categoría 4", 5 en la "Categoría 3" y una en la "Categoría 1-A1"; y 31 cuerpos marino costeros que se encuentran clasificados con "Categoría 4".

Posteriormente mediante Resolución Jefatural N°030-2016-ANA, se aprobó la "Clasificación del Cuerpo de Agua Marino-Costero" del Perú; la cual delimita el ámbito del Mar de Grau (dominio marítimo, aguas interiores y zona de estuarios) clasificando 133 unidades marinas frente a los 10 departamentos costeros, en 45 tramos a lo largo del litoral y proyectados en 3 franjas; y de acuerdo a los Estándares ECA- Agua se consideraron tres (3) categorías y siete (7) subcategorías.

- Categorías 1: Poblacional y Recreacional con dos subcategorías, 23 unidades clasificadas (18% de las unidades marinas)
- Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales con tres subcategorías, se tiene 59 unidades clasificadas (44%); y
- Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático con dos subcategorías, 51 unidades clasificadas (38%).

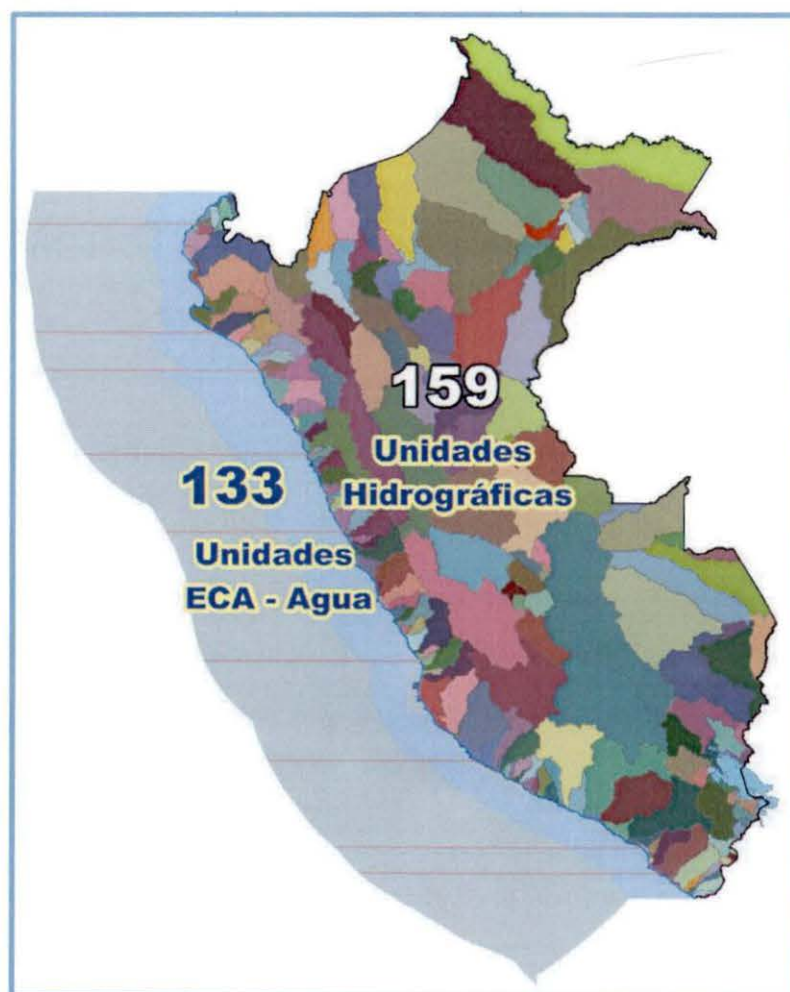


Figura N°01: "Unidades Hidrográficas en el Perú"



5.3 ESTADO SITUACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

En el Perú se estima que discurre aproximadamente 2 millones de metros cúbicos de agua dulce, representando el 5% de la disponibilidad a nivel mundial. La presencia de la Cordillera de Los Andes permite que nuestro territorio, desde el punto de vista hídrico sea dividido en tres (3) grandes regiones hidrográficas: La vertiente del Pacífico que cuenta con 62 unidades hidrográficas (U.H.), la vertiente del Amazonas que cuenta con 84 U.H., y la del Lago Titicaca que tiene 13 U.H. La vertiente del Pacífico tiene una disponibilidad hídrica de 2.18% y alberga al 65.98% de la población mientras que en la vertiente del Amazonas se tiene una disponibilidad hídrica de 97.27% con una población del 30.76%; asimismo, en la vertiente del Titicaca se tiene una disponibilidad hídrica de 0.56% y una población de 3.26%.

El crecimiento demográfico y las actividades económicas asentadas en las cuencas hidrográficas vienen afectando los recursos hídricos, por el uso indiscriminado del agua, la producción y manejo inadecuado de residuos, aguas residuales y residuos sólidos y aquellos procedentes de pasivos ambientales, minería informal, entre otros; que, al ser dispuestos en los cuerpos de agua, alteran su calidad afectando los diferentes usos y afectando los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, el Perú alberga una vasta riqueza mineralógica, que ha permitido que ocupe lugares importantes en Latinoamérica y el mundo por su producción y potencial minero⁶. Dichas características contribuyen a que algunos cuerpos de agua contengan elevadas concentraciones de minerales debido a la geología de la zona que los albergan.

La ANA, en cumplimiento a las funciones de protección de la calidad del agua⁷, realiza desde el año 2009, acciones de monitoreo para determinar el estado de la calidad de los recursos hídricos. A la fecha 2017 se han intervenido en 131 unidades hidrográficas de las 159 existentes a nivel nacional. Los monitoreos se realizan sobre la base el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, el cual estandariza los criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos continentales y marino-costeros.

Los resultados de los parámetros monitoreados tomando como referencia los ECA- Agua y la Clasificación de los Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros correspondiente a los años 2012 al 2016 determinaron que los parámetros Coliformes Termotolerantes, nitrógeno amoniacal, *Escherichia coli*, fosfatos, aceites y grasas, hierro, manganeso, plomo, aluminio y arsénico, superan frecuentemente los ECA- Agua.

Cabe señalar que los resultados de la calidad del agua son variables en el espacio y tiempo, debido a que representa una combinación de influencias naturales e impactos antropogénicos, siendo necesario precisar el nivel de la calidad de agua obtenida, que permita una mejor interpretación, comprensión y comunicación del estado de la calidad de los recursos hídricos del Perú.



⁶ MINEM. http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/INVERSION/2017/CARTERA07_2017.pdf

⁷ Inciso 123.2 del Reglamento de Ley 29338 (D.L): "La Autoridad Administrativa del Agua ejerce acciones de vigilancia y monitoreo del estado de la calidad de los cuerpos de agua y control de los vertimientos,...".

VI. INDICE DE CALIDAD DE AGUA

En el Perú, la evaluación de la calidad del agua se realiza a través de la comparación de los resultados de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el ECA-Agua según la categoría del cuerpo de agua superficial correspondiente; lo que determina su cumplimiento o incumplimiento, precisando únicamente los parámetros críticos y su correspondiente concentración. Sin embargo, esta evaluación es ambigua a la hora de precisar o establecer el nivel de calidad de agua del recurso hídrico, es decir si esta tiene una calidad excelente, buena, regular, mala o pésima.

Los índices de calidad de agua (ICA), constituyen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua.

De acuerdo con la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), los indicadores ambientales tienen dos funciones principales:

1. Reducen el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requieran para hacer una representación exacta de una situación y
2. Simplifican el proceso de comunicación de los resultados de la medición.

En ese sentido, los ICA's constituyen un instrumento fundamental en la gestión de la calidad de los recursos hídricos debido a que permite transmitir información de manera sencilla sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general; e identifica y compara las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0-100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente. Por lo expuesto, este índice ha tenido un uso generalizado desde su creación y es empleado por varios países. Diversos índices han sido desarrollados y empleados en diferentes investigaciones para clasificar la aptitud de las aguas para disímiles usos, cada uno de ellos tiene sus características propias y generalmente se alcanzan buenos resultados en las zonas en que se obtuvieron (Amado et al., 2006; Sadiq y Tesfamariam, 2007; Sánchez et al., 2007; Królak et al., 2009; Lermontov et al., 2009; Beamonte et al., 2010; Gazzaz et al., 2012; Srebotnjak et al., 2012; Ma et al., 2013).

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés), el cual propone una evaluación más amplia de la calidad del agua en un periodo de tiempo determinado teniendo en cuenta el número de parámetros que superan un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001). Con la finalidad de integrar toda la información obtenida y evaluar el estado de la calidad del cuerpo de agua, con un valor único que califica el estado de la calidad del agua (ICA).

Por su elaboración metodológica, la propuesta del ICA seleccionado de la evaluación de diferentes indicadores aplicado en otros países, es adoptado porque nos permite adaptar todo lo que requiere para su determinación y cálculo, como la información base necesaria (resultados de los monitoreos), la clasificación de los cuerpos de agua (la categoría a ser evaluada según normativa) y los ECA-Agua, que como Autoridad competente en materia de agua en nuestro país se



tiene: la base de datos, herramientas y normativas, sin la necesidad de requerir alguna referencia de otros países.

Además de requerir menos información en relación al gran número de parámetros que se obtiene en un monitoreo para la evaluación de la calidad del agua, por ende, este ICA tiene la capacidad de resumir y simplificar datos y transformar la información haciéndola fácilmente entendible por los responsables de la gestión de la calidad de los recursos hídricos, por el público, los medios y los usuarios.

Este ICA es denominado por la Autoridad como ICA-PE, durante el desarrollo del procedimiento y aplicación.

VII. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-PE)

7.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DATOS DE CALIDAD DE AGUA

7.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua puede verse afectada por sustancias que al alcanzar ciertas concentraciones podrían ser dañinos a los organismos (humanos, plantas y animales) o exceder un estándar de calidad ambiental (WHO/UNEP 1997, Glossary of Environment Statistics 1997). En el Cuadro N° 01, se describe la importancia de cada agente contaminante.

Cuadro N° 01: Descripción de los Agentes Contaminantes

Agentes/ Fuentes Contaminantes	Descripción
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable. Esta última se mide en la mayoría de las ocasiones en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (demanda química de oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos (bacterias, virus, protozoarios, gusanos)	Trasmiten enfermedades contagiosas tales como el cólera, tífus, disentería, gastroenteritis, hepatitis, poliomielitis, esquistomiasis. Estos agentes pueden causar altas tasas de morbilidad y mortalidad si no se toman las medidas adecuadas de higiene y desinfección, o de búsqueda de otras fuentes de agua de mejor calidad.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono son nutrientes esenciales para el crecimiento de algas. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de algas produciendo las floraciones algales. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, pueden provocar la contaminación de agua subterránea.



Agentes/ Fuentes Contaminantes	Descripción
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son frecuentemente añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio, y los sulfatos se añaden de suministro como consecuencia del uso del agua y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.
Sólidos sedimentables	Entre los contaminantes sólidos se encuentran arena, arcillas, tierra, cenizas, materia vegetal agrícola, grasas, brea, papel, hule, plásticos, madera y metales. Las partículas del suelo o sólidos de basura se acumulan en el cauce de los ríos perjudicando a la biota existente. Si los sedimentos acarrear sustancias tóxicas, estos pueden ser transmitidos a otros organismos a través de la cadena alimentaria ocasionando la muerte de los organismos acuáticos. Otras partículas flotan cerca de la superficie enturbiando el agua y obstaculizando la penetración de la luz y por ende el proceso de fotosíntesis.
Energía radiactiva	Producen muerte de especies de flora y fauna, problemas en la salud humana, alteraciones genéticas y cáncer.
Energía térmica	Los procesos industriales producen en numerosos casos aguas a elevadas temperaturas. Cuando éstas llegan a canales, ríos, lagos o mares causan varios efectos químicos, físicos y biológicos. Uno de los más graves es la descomposición del agua, agotando el oxígeno que ésta contiene. El aumento notable de la temperatura del agua afecta, además, los ciclos reproductivos, la digestión y la respiración de los organismos que habitan las aguas y cuando la temperatura es demasiado elevada, se presenta muerte de peces.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los parámetros (elementos o compuestos) establecidos en la normatividad ambiental y que son considerados para la evaluación de la calidad del agua:

Oxígeno Disuelto: Es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua superficial, su presencia en el agua se debe al aporte del oxígeno de la atmósfera y de la actividad biológica (fotosíntesis) en la masa de agua.

El oxígeno disuelto, es un parámetro ambiental vital, porque su evaluación permite informar y/o reflejar la capacidad recuperadora de un curso de agua y la subsistencia de la vida acuática.

Clorofila A: La Clorofila, es un parámetro ambiental para determinar la biomasa de los fitopláctones. Todas las plantas verdes contienen clorofila A, que representa aproximadamente del 1 al 2% de todo el peso seco de las algas del plancton.



Demanda Química de Oxígeno (DQO): La DQO se usa como una medida del oxígeno equivalente del contenido de materia orgánica. Es una variable importante que puede medirse rápidamente para determinar la contaminación de los cuerpos naturales de agua superficiales por las aguas servidas, desechos industriales de tipo orgánico y efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticos e industrial con alto contenido de materia orgánica.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): La DBO₅ es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas, su determinación es en base a la oxidación natural de degradación.

Asimismo, como antecedente se puede mencionar que en los monitoreos de calidad del agua de las cuencas hidrográficas del Perú, se han encontrado presencia de este parámetro cuyas concentraciones superan los ECA- Agua.

Coliformes Termotolerantes (Fecales): La presencia de este parámetro en los cuerpos de agua superficial se debe a la contaminación fecal, cuyo origen pueden ser por los vertidos domésticos sin tratamiento a los cuerpos receptores (ríos, quebradas) y otros de los factores, es por la inadecuada disposición de residuos sólidos que se depositan en los cauces de los ríos.

Huevos y Larvas de Helmintos: Los helmintos hacen referencia a todos los tipos de gusanos, tanto los parasitarios como los no parasitarios. Los helmintos parásitos infectan a numerosas personas y animales. Este parásito está asociado a las aguas residuales domésticas sin tratamiento, su vía de infección es por el consumo de agua contaminada.

Metales Tóxicos

Arsénico: Metal pesado venenoso y muy tóxico, en aguas naturales se presenta como arseniato (AsO_4^{3-}) y arsenito (AsO_2^-); su presencia puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas.

De acuerdo a los estudios realizados por la ANA se ha encontrado en algunos puntos de muestreo de las cuencas hidrográficas evaluadas la presencia del arsénico debido a su aportación litológica de la zona. La actividad minera aporta de manera puntual la presencia de este elemento en las aguas.

Mercurio: Su presencia en las aguas se debe principalmente a las actividades antrópicas (minería, etc.), salvo en algunos lugares que por su propia naturaleza se encuentran depósitos de este mineral. Generalmente es un elemento que no abunda en la naturaleza (corteza terrestre).

Plomo: El Plomo es un elemento relativamente de menor importancia en la corteza terrestre, pero está ampliamente distribuida en bajas concentraciones en rocas sedimentarias y suelos no contaminados.

El plomo es tóxico para los organismos acuáticos pero el grado de toxicidad varía mucho, según sea las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio. En los monitoreos en ríos de la selva realizado por la ANA, se han evidenciado la presencia de Plomo, cuyas concentraciones exceden los ECA-Agua.

Cadmio: El Cadmio se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro y como impureza de minerales de zinc y plomo. Su presencia en el agua es debido a las actividades mineras y de fundición.

Cromo: La concentración de cromo en los cuerpos naturales de agua por lo general es muy pequeña. La actividad minera y los procesos industriales pueden producir elevadas concentraciones de este elemento. Es un metal tóxico para la salud humana.

Cobre: Es un elemento traza altamente distribuido en las cuencas hidrográficas, pero la mayoría de los minerales de cobre son relativamente insolubles y a que el cobre es absorbido en fase sólida, solo existe en bajas concentraciones en las aguas naturales. Debido a la presencia de sulfuros, el cobre debería ser aún menos soluble en ambientes anóxicos. La presencia de mayor concentración en aguas naturales superficiales puede atribuirse a desechos industriales y/o actividades de minería.

Zinc: Es un elemento que abunda en las rocas y minerales, pero su presencia en las aguas naturales es en baja concentración debido a la falta de solubilidad del metal. Está presente en cantidades trazas en casi todas las aguas alcalinas superficiales, pero se eleva su concentración en aguas ácidas.

En concentraciones moderadas es considerado como un parámetro esencial para la nutrición del hombre. Es considerado tóxico para los organismos acuáticos debido a su variación en concentración y a los factores según sean las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio.

Hierro: Es un elemento que abunda en la corteza terrestre, pero, por lo general, se da en pequeña concentración en los sistemas de aguas naturales. La forma y solubilidad del hierro en las aguas naturales depende en gran medida del pH y potencial redox del agua. El hierro se presenta en estado de oxidación +2 y +3. Su selección es para definir que su presencia en las aguas naturales se debe al aporte de su propia naturaleza del lugar.

Manganeso: El manganeso es metal relativamente común en las rocas y suelos, donde se presenta como óxidos e hidróxidos. Su evaluación es de gran importancia para controlar las concentraciones de diversos metales trazas existentes en los cuerpos de agua natural. Su elección de este parámetro es para comprobar que su presencia es netamente natural.

Aluminio: Es uno de los elementos que más abunda en la corteza terrestre, pero su presencia en las aguas naturales es ínfima. Dado que el aluminio existe en muchas rocas, minerales y arcillas, está presente en todas las aguas superficiales, pero su concentración en



las aguas con un pH cercano a natural raramente supera unas pocas décimas a 1mg/l.

Boro: El boro, es un elemento que se encuentra en las aguas naturales debido a dos factores, al aporte de la geología natural y/o a los vertidos de efluentes de aguas residuales tratadas y no tratadas. Su presencia de este elemento en el agua tiene un efecto nocivo en ciertos productos agrícolas, incluidos los cítricos. Asimismo, para aguas destinada para el consumo poblacional que contiene boro, puede originar un problema en la salud de las personas.

pH: El pH en las cuencas hidrográficas donde escurren aguas naturales sin actividad antrópica, en cierta forma está determinado por la geología de la cuenca y se rige por los equilibrios dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato. El pH en la mayoría de las aguas varía entre 6,5 a 8,5 (turbulencia y aireación).

La evolución química de muchos metales, su solubilidad del agua y biodisponibilidad están determinadas por el pH. Por tanto, es un parámetro de mucha importancia en la evaluación de la calidad del agua.

Sólidos suspendidos totales: Su presencia en los cuerpos de agua natural se relaciona con los factores estacionales y regímenes de caudal y es afectado por la precipitación. Su concentración varía de lugar a otro lugar, según sea la hidrodinámica del cauce, el suelo, la cubierta vegetal, el lecho, las rocas y actividades antrópicas como la agricultura, minería, entre otros. Su evaluación en la calidad del agua es de mucha utilidad, se debe a que afecta la claridad del agua y la penetración de la luz, temperatura y el proceso de la fotosíntesis.

Fósforo: El fósforo ingresa a las aguas superficiales por los vertimientos de saneamiento, es el segundo principal nutriente y responsable de eutrofización de los cuerpos de agua superficial.

Todos estos tipos de fósforo ingresan a las aguas naturales superficiales a través de vertidos residuales domésticos y por escorrentía de la actividad agrícola y debido a su capacidad como nutriente, es la responsable del crecimiento de las algas en los cuerpos naturales de agua.

Amoniaco: Se forma por desanimación de compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea. El amoniaco es fácilmente captado por las plantas y puede contribuir a la productividad biológica, en presencia de oxígeno se oxida a nitritos y nitratos (nitrificación). En condiciones anaeróbicas, el nitrógeno orgánico se convierte en amoniaco ionizado (NH_4^{+1}) y no ionizado (NH_3). El amoniaco no ionizado es tóxico para los peces a concentraciones relativamente bajas. Sin embargo, está en equilibrio con el ion NH_4^{+1} menos tóxico y para el pH y temperatura de la mayor parte de las aguas naturales, su concentración relativa es bastante baja.

Nitrógeno Total: Su estudio es de gran importancia debido a los procesos vitales como nutrientes para las plantas, su aporte a las aguas naturales superficiales se debe a las aguas residuales



domésticas sin tratamiento. Además, los vertidos ricos en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación, con la consecuente concentración de nitratos y riesgos de contaminación para los usuarios que consumen estas aguas. Asimismo, es uno de los elementos esenciales para el crecimiento de las algas y, por otra, causa una demanda de oxígeno al ser oxidado por las bacterias nitrificantes, reduciendo los niveles de oxígeno disuelto.

Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH): Es un compuesto muy insoluble en el agua y resulta muy tóxico para los organismos acuáticos. La presencia de este compuesto en el ambiente y en especial en el recurso hídrico, es debido a los accidentes, desde industrias o como productos secundarios a raíz de su uso comercial o privado.

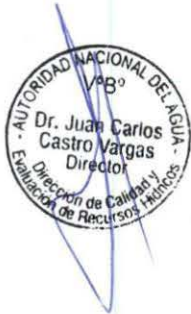
Cuando hay derrames de TPH directamente al agua, algunas fracciones de los TPH flotarán en el agua, formando una capa delgada en la superficie. Otras fracciones más pesadas se acumularán en el sedimento del fondo, lo que puede afectar a peces y a otros organismos que se alimentan en el fondo.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH): Los PAH, constituyen un grupo variado de compuestos orgánicos que contienen dos o más anillos aromáticos condensados. La mayoría de los PAH llegan al medio ambiente por medio de la atmosfera procedentes de procesos de combustión y pirolisis. Dada su solubilidad baja y afinidad alta por las partículas, no se suelen encontrar en el agua en concentraciones significantes. A este grupo pertenece el benzopireno, antraceno y flueranteno.

7.1.2 PARÁMETROS A EVALUAR EN EL ICA-PE

De acuerdo al análisis de la información procedente de los monitoreos de la calidad de los cuerpos de agua superficial realizados por la ANA, se han identificado los parámetros recurrentes de evaluación en concordancia con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, así como la posible alteración al recurso hídrico y eventual riesgo a la salud y al ambiente.

Además, de tener en cuenta la categoría asignada al cuerpo de agua, se alinea a la "Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales" y a los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA- Agua) para los parámetros seleccionados en la aplicación de la metodología ICA-PE.



Cuadro N° 02: Categoría 1-A2

POBLACIONAL Y RECREACIONAL: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional		
N°	Parámetro	Unidades
01	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L
03	Arsénico	mg/L
04	Cadmio	mg/L
05	Cobre	mg/L
06	Cromo Total	mg/L
07	Hierro	mg/L
08	Manganeso	mg/L
09	Plomo	mg/L
10	Mercurio	mg/L
11	Zinc	mg/L
12	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. de pH
13	Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml

Cuadro N° 03: Categoría 3

RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES		
N°	Parámetro	Unidades
01	Cloruros	mg/L
02	Conductividad	mg/L
03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L
04	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L
05	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. de pH
06	Aluminio	mg/L
07	Arsénico	mg/L
08	Boro	mg/L
09	Cadmio	mg/L
10	Cobre	mg/L
11	Hierro	mg/L
12	Manganeso	mg/L
13	Mercurio	mg/L
14	Plomo	mg/L
15	Zinc	mg/L
16	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
17	Huevos y larvas helmintos	Huevos/L



Cuadro N° 04: Categoría 4

CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO		
N°	Parámetro	Unidades
1	Aceites y Grasas (MEH)	mg/L
2	Clorofila A	mg/L
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L
4	Fósforo Total	mg/L
5	Amoniaco- N	mg/L
6	Nitrógeno Total	mg/L
7	Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L
8	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. de pH
9	Arsénico	mg/L
10	Cadmio	mg/L
11	Mercurio	mg/L
12	Plomo	mg/L
13	Zinc	mg/L
14	Hidrocarburos de petróleo HTTP	mg/L
15	Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml
16	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L
17	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (benzopireno, antraceno, fluoranteno)	mg/L

7.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA DETERMINAR EL ICA-PE

7.2.1 DEFINICION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Una vez identificada la zona de estudio ya sea una cuenca, río o parte de un curso de agua, es necesario realizar una breve descripción de la misma, ubicación política y geográfica, destacando las características hidrográficas (vertiente hidrográfica, río principal y afluentes, naciente, entre otras); así como señalar las principales actividades productivas y/o poblaciones presentes.

7.2.2 INFORMACIÓN BASE NECESARIA

Para la determinación del ICA de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca; es necesario contar con la data suficiente, información que proviene de las actividades que realiza la ANA en el marco del control y la vigilancia de los recursos hídricos.

En este caso para la ANA, el **monitoreo** de la calidad del agua de las cuencas constituye una de las actividades primordiales dentro de la gestión de los recursos hídricos. Cuyos resultados son presentados mediante informes técnicos, que contienen la evaluación del estado de la calidad del agua de la cuenca (o parte de un curso de agua) respecto a los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA- Agua).



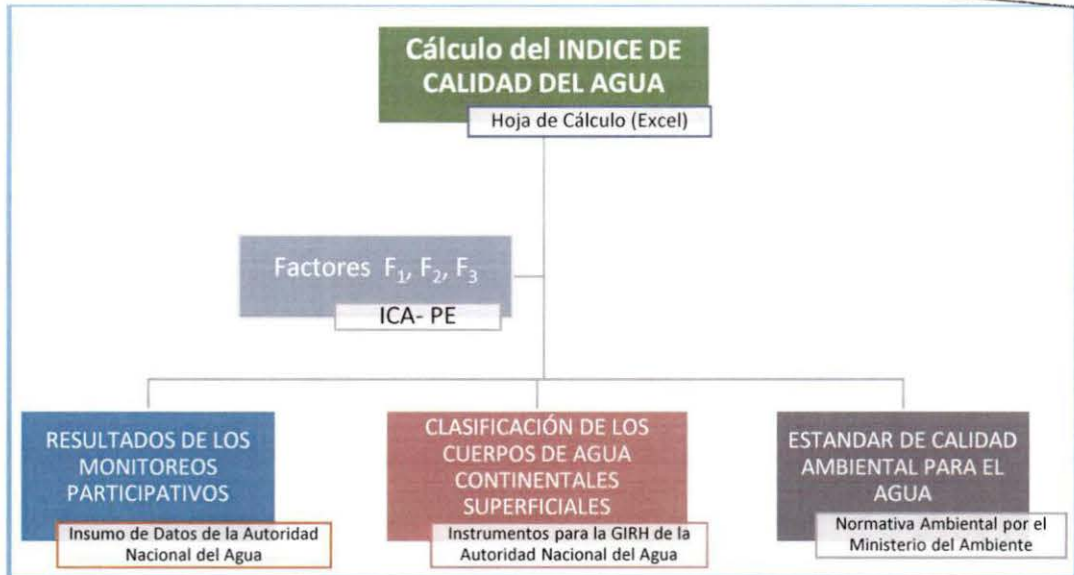


Figura N° 02: Información Base Necesaria para la Determinación del ICA

Por lo que es necesario, contar con una red de puntos de monitoreos ubicados a lo largo del cuerpo de agua, el cual presenta una distribución espacial de puntos que representa a la zona en estudio. La ANA propone, evalúa y aprueba la red de puntos de monitoreo de una cuenca, y así poder evaluar sus características y comportamiento de la calidad del agua de la cuenca (río o parte de un cuerpo de agua).

Se recomienda una data mínima necesaria de al menos cuatro (04) parámetros (variables) a evaluar, analizadas y muestreadas mínimo en cuatro (04) monitoreos (tiempos). Sin embargo, no se especifica un número máximo de parámetros, aplicándose desde un punto de monitoreo a más puntos que corresponden a una región de un cuerpo de agua hasta una cuenca completa.



7.2.3 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-PE)

Para la determinación del índice de calidad de agua se aplica la fórmula canadiense⁸, que comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va representar y describir el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca.

La definición y determinación de estos tres factores se describen a continuación:

F1- Alcance: representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente⁹, respecto al total de parámetros a evaluar.

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

⁸ Desarrollada por el Consejo de Ministros del Ambiente de Canadá y modificada por los Ministerios del Ambiente de Alberta y Columbia Británica (provincias de Canadá)

⁹ Según D.S. N° 004-2017-MINAM

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

$$F_2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

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

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

En donde, la *Suma Normalizada de Excedentes* (nse):

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

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

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

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

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

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

Una vez obtenido el valor de los factores (F_1 , F_2 , y F_3) se procede a realizar el **Cálculo del Índice de Calidad de Agua**: siendo este la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres (03) factores, F_1 , F_2 y F_3 ; valor que se presenta en un rango de 100, como un ICA de excelente calidad a 0, como valor que representa un ICA de pésima calidad. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{ICA} - \text{PE} = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$



Para el desarrollo del cálculo del índice de calidad del agua, se empleó una aplicación en Microsoft Excel (*Hoja de Cálculo*), un macro donde se introduce los **Datos** y las fórmulas matemáticas para la obtención de los factores (F_1 , F_2 y F_3) y asimismo el valor del índice de calidad de agua, **ICA- PE**, es calculado y como resultado, el valor del índice se presenta como un número adimensional comprendido entre un rango, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que expresan y califican el estado de la calidad del agua, como **Pésimo**, **Malo**, **Regular**, **Bueno** y **Excelente** (Ver Cuadro N°05).

Cuadro N° 05: Interpretación de la Calificación ICA- PE

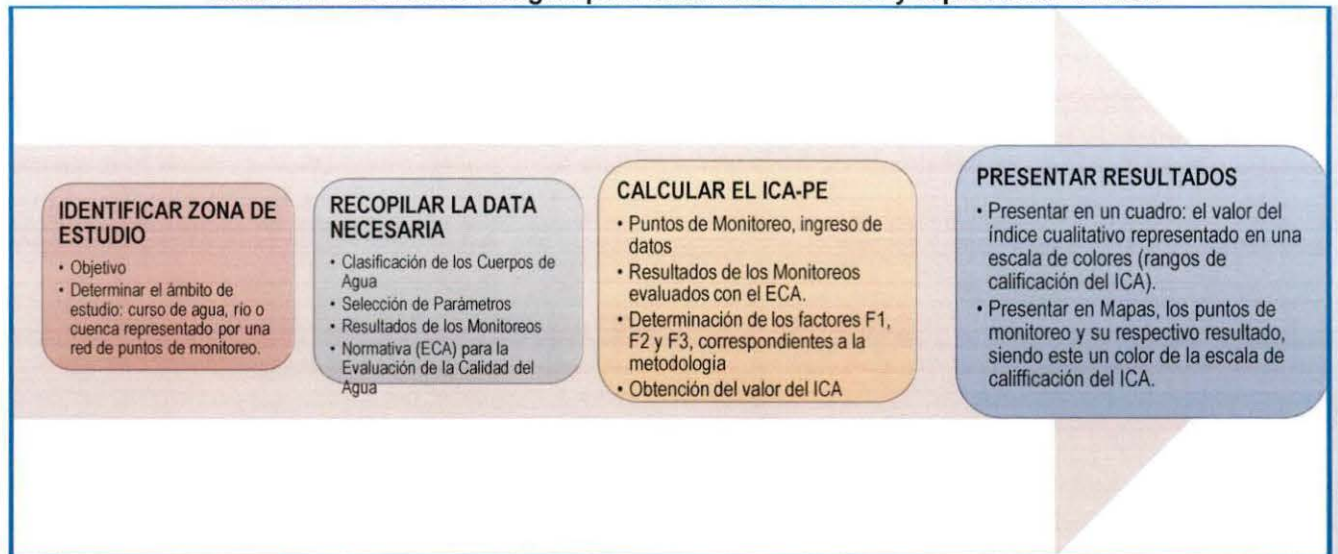
ICA- PE	Calificación	Interpretación
90- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75- 89	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45- 74	Regular	La calidad del 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.
30- 44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 29	Pésimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.



Este tipo de calificación cualitativa viene asociada a una escala cromática (cada calificación tendrá un color), el cual tiene por propósito facilitar la comunicación y representar el estado de la calidad del agua.

Este indicador de calidad de agua, aplicado durante un periodo de tiempo evalúa la incidencia de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que son considerados, y que mediante una herramienta matemática nos permite transformar grandes cantidades de datos (concentraciones de los parámetros en estudio) a una escala de medición única, expresado en porcentaje. Siendo un valor ICA cercano a 0%, el cual representa la alta afectación que existe en la calidad del agua de ese punto de monitoreo, en tanto que presente excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100%.

La metodología adoptada, es aplicada en los siguientes casos, en los cuales es importante contar con la data de los monitoreos para calcular y presentar los ICA's de una zona o cuerpo de agua, con los datos de: (1) Todos los monitoreos, (2) Monitoreos en época Seca, (3) Monitoreos en época Húmeda.

Cuadro N° 06: Pasos a seguir para determinar el valor y representar un ICA

❖ **Determinación del ICA-PE para un (01) Monitoreo: de forma referencial y puntual.**

En el marco del control y vigilancia de los recursos hídricos en la ANA, la actividad de los monitoreos participativos se convierte en una herramienta de gran importancia por la información que como resultado se obtiene, el estado de las características físicas, químicas y biológicas que se presentan en una época del año. Los cuales se requieren para dar una respuesta rápida del estado de la calidad del agua (puntual), y el uso de los indicadores son los que simplifican el proceso de la comunicación de los resultados de dichos monitoreos.

Es así, que la aplicación del ICA-PE para un solo monitoreo será factible, mientras se presente como un indicador **puntual**, tanto en espacio y tiempo, es decir, la red de puntos monitoreo y la fecha de realización del monitoreo. Para la presentación de los resultados de la evaluación de la calidad del agua en una determinada fecha, se hará uso del ICA-PE, el cual tendrá valores que representan de una forma resumida el resultado de la calidad del agua, así como en el mapa en donde se ubican los puntos de monitoreo, estos serán mostrados con los resultados en una escala de colores que caracteriza al ICA.

Además, la difusión de resultados de cada monitoreo, el cual se realiza mediante una exposición dirigida a instituciones y sociedad civil, es decir a profesionales técnicos que pueden tener el conocimiento necesario para recepcionar la comunicación de los resultados, así como a la población, quienes son los que presentan más interés de los resultados que se exponen, y es donde y a quiénes la presentación de los resultados mediante un ICA, es favorable para su comprensión y toma de decisiones.

Para el cálculo del ICA para un (01) monitoreo, se seguirán los pasos que se indicaron en el ítem 7.2.3 (párrafo antes descrito), los cuales



describen la data que se requiere para el cálculo de cada factor (F_1 , F_2 y F_3) y asimismo el valor del índice de calidad de agua. De la misma manera, se requiere introducir los **Datos** y las fórmulas matemáticas en una hoja de cálculo (Excel).

Siendo la aplicación para un (01) monitoreo, y la data completa corresponde a ese monitoreo, se tiene:

$$F_1 = F_2$$

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

$$F_2 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

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

Cálculo del Índice de Calidad del Agua: el cual viene dado por la raíz cuadrada del promedio de la suma de cuadrados de los tres (03) factores, F_1 , F_2 y F_3 , con el mismo criterio que el ítem 7.2.3.

$$ICA - PE^1 = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

Como una aplicación referencial, la obtención de este ICA para un solo monitoreo, sigue siendo un número adimensional comprendido entre 1-100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que me expresan y califican el estado de la calidad del agua, como **Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente** (Como se muestra en el Cuadro N°05). ICA-PE.

7.3 RESULTADOS

Respecto a los resultados de los Índices de Calidad de Agua, según desarrollo del procedimiento del cálculo del ICA (ítem 7.2.3.), se presenta:

7.3.1 HOJA DE CÁLCULO EXCEL

A través de la elaboración de una macro en Excel que automatiza todo el proceso de cálculo (fórmulas matemáticas para la obtención de los factores y el **ICA**), conteniendo las condiciones que se necesita para el cálculo de los excedentes, y así completar la suma normalizada de todos los excedentes que se presenten en la data completa que se tiene de los monitoreos del cuerpo de agua en estudio, para realizarse el cálculo de los factores y del valor numérico del ICA junto a su resultado cualitativo en su escala de colores la cual representa.



Se presentará la determinación del ICA-PE, mediante un software (programa y/o aplicativo que mejora la acción de la hoja de cálculo).

➤ Paso 1:

Ingreso de la Data: Puntos de Monitoreo, resultados de los monitoreos (como son presentados por los laboratorios acreditados) y los valores establecidos en los ECA- Agua, con los cuales se realiza la evaluación de cada parámetro (normativa ambiental).

Cuadro N°07: Ejemplo del ingreso de datos que corresponden a resultados de ocho (08) Monitoreos, para 02 puntos de monitoreos de la Cuenca Rímac

PUNTOS DE MONITOREO			(01) RChin1								(02) QAnta1								
Parámetros a Evaluar- CCME/WQI	ECA Cat.1-A2	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP	7° MP	8° MP	1° MP	2° MP	3° MP	4° MP	5° MP	6° MP	7° MP	8° MP		
pH	-	8.5	8.9	8.40	8.40	8.45	8.24	6.170	8.760	8.43	8.33	----	6.7	9.27	7.30	5.67	9.16	8.91	8.62
Conductividad (Cond.)	µS/cm	1600	223.0	287.0	300.8	230.1	256.2	325.0	12.7	999.0	----	701	1030	963.6	900.5	971.5	1103	986	----
Fósforo (P)	mg/L	0.15	0.038	0.035	<0.010	0.015	<0.010	<0.010	0.016	ND(<0.009)	----	0.012	<0.010	0.013	<0.010	<0.010	0.052	ND(<0.009)	----
Demanda Boro Org(BOC)	mg/L	5	<6	<6	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	ND(<3)	ND(<3)	----	<6	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	ND(<3)	ND(<3)	----
Arsénico (As)	mg/L	0.01	0.006	0.008	0.003	<0.001	<0.001	0.002	ND(<0.007)	ND(<0.007)	----	0.015	0.017	0.0293	0.037	0.027	0.015	ND(<0.007)	----
Cadmio (Cd)	mg/L	0.005	<0.0006	0.001	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	ND(<0.001)	0.0023	----	0.029	0.00140	0.0096	0.011	<0.0004	0.006	0.00063	----
Cobre(Cu)	mg/L	2	<0.003	0.013	0.0010	0.001	0.001	<0.0004	ND(<0.002)	ND(<0.002)	----	0.255	0.0018	0.0691	0.102	<0.0004	ND(<0.002)	ND(<0.002)	----
Cromo (Cr)	mg/L	0.05	<0.006	<0.006	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	ND(<0.001)	ND(<0.001)	----	<0.006	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	ND(<0.001)	ND(<0.001)	----
Hierro (Fe)	mg/L	1	0.860	0.655	0.168	0.3318	0.262	0.083	0.152	----	----	3.127	0.190	1.9638	3.875	0.181	0.327	0.220	----
Manganeso (Mn)	mg/L	0.4	0.002	0.124	0.014	0.0319	0.020	0.008	0.009	0.019	----	119.132	7.589	9.4065	12.191	3.693	11.710	8.015	----
Mercurio (Hg)	mg/L	0.002	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	----	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	----
Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.002	0.009	0.007	0.0043	<0.0004	<0.0004	<0.001	ND(<0.001)	----	0.089	0.025	0.085	0.063	0.010	0.034	0.014	----
Zinc (Zn)	mg/L	5	0.008	0.055	<0.003	0.4112	<0.003	0.021	0.018	0.009	----	11.817	0.761	5.621	6.007	0.341	1.397	0.443	----
Coliformes Totales	NMP/100ml	2000	220	330	700	49	79	4900	33	49	----	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	ND(<1.8)	490.000	----
DATOS		Número de parámetros que NO cumplen		3								8							
		Número Total de parámetros a Evaluar		14								14							
		Número de datos que NO cumplen el ECA		5								32							
		Número Total de Datos		112								56							



➤ Paso 2:

Cálculo de los Factores (F₁, F₂, F₃): El cálculo de los factores que comprende la ecuación del ICA- PE, lo realiza de forma automática el programa, correspondiente al macro Excel, el cual contiene ecuaciones y condiciones, presentando los resultados (cuantitativo y cualitativo en una escala cromática), con tan solo el ingreso de la data que se muestra en el cuadro anterior.

Cuadro N°08: Celdas automatizadas para el cálculo de los excedentes de cada parámetros, factores y valor del ICA

CÁLCULO DE LOS FACTORES DEL ICA- PE EXCEDENTES DE CADA PARAMETRO EN CADA MONITOREO	FACTORES CALCULADOS		VALOR EXCEDENTE DE CADA PARÁMETROS RESPECTO AL VALOR ESTABLECIDO EN EL ECA- AGUA										
	F1	F2	21.43		4.46		57.14		32.65				
pH			0.00	0.00			0.09	0.15	0.06	0.09	0.01		
Conductividad (Cond.)	µS/cm												
Fósforo (P)	mg/L												
Demanda Org Oxig(DBO)	mg/L		0.20	0.20			0.20						
Arsénico (As)	mg/L						0.50	0.67	1.93	2.69	1.65	0.50	
Cadmio (Cd)	mg/L						4.82		0.92	1.16		0.20	
Cobalto (Co)	mg/L												
Cromo (Cr)	mg/L												
Hierro (Fe)	mg/L												
Manganeso (Mn)	mg/L						2.13		0.96	2.88			
Mercurio (Hg)	mg/L						28.78	17.92	22.52	29.48	8.23	28.28	1.04
Plomo (Pb)	mg/L												
Zinc (Zn)	mg/L						0.79		0.71	0.25			
Colif Termobol	NMP/ 100mL								1.45				
Sumatoria de los excedentes			0.02		1.70		64.65		1.83		47		
ICA-CCME			87		BUENO		47		REGULAR				

RESULTADO ICA (Según Cuadro N°07)

➤ Paso 3:

7.3.2 MAPA DE LA ZONA A EVALUAR: *Representación Gráfica*

Los resultados del ICA para cada punto de monitoreo, se ubicará en el mapa de forma representativa con el color que asigna el valor de la calificación del ICA, tal como se muestra en el *Cuadro N°07*. Y tener un resultado que puede ser representado y ubicado según coordenadas en un mapa, pudiendo visualizar el ámbito y todos los aspectos a considerar cuando se realiza el análisis del resultado, es decir, las probables fuentes de contaminación por las cuales se obtuvo ese valor ICA en el punto de monitoreo del cuerpo de agua.

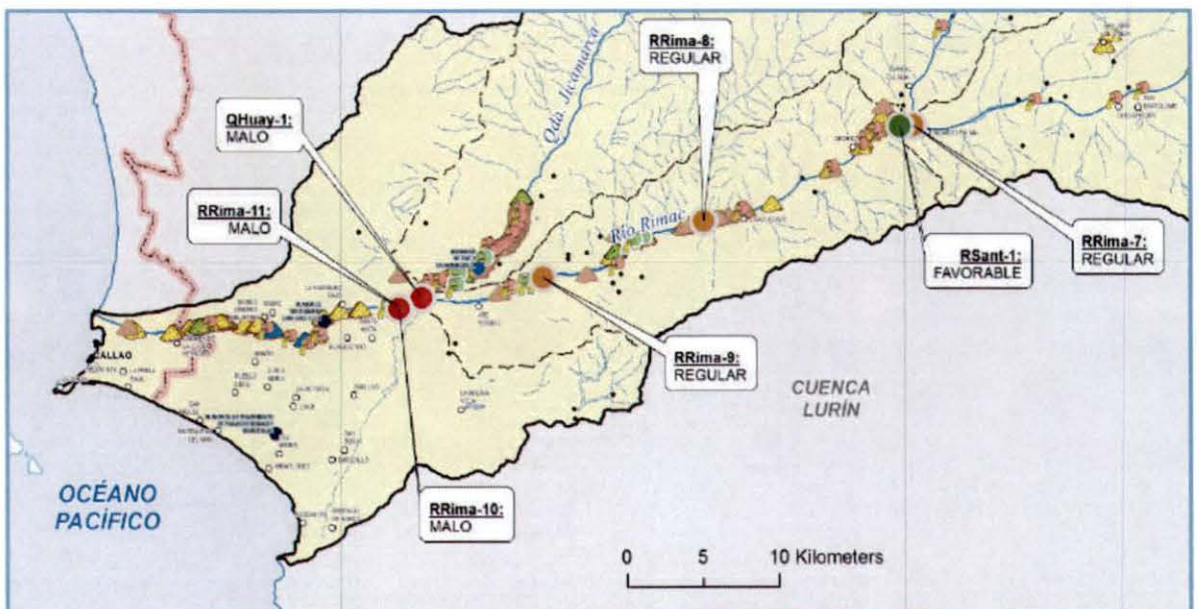


Figura N°03: Representación Gráfica del ICA-PE (Escala de colores)

VIII. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ICA-PE

Según lo descrito en el ítem VII., el desarrollo de la metodología se presentará como ejemplo (referencial) para la cuenca del río Rímac, correspondiente a la vertiente del Pacífico, la cual contiene la data necesaria obtenido de las actividades en el marco del control y la vigilancia de los recursos hídricos.

8.1 CUENCA RÍMAC

La Cuenca del río Rímac es fuente de agua que abastece a más de 9 millones de habitantes que representa el 30% de la población del país, además permite la generación de 550MW de energía limpia que representa el 25% de la producción hidroenergética del país y permite el riego de más de 3000 has agrícolas y 1500 has de áreas verdes de la ciudad. Sin embargo, en las últimas décadas la calidad de sus aguas viene deteriorándose a causa principal de los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento y de la disposición de residuos sólidos en la ribera o cauce del río.

A continuación, se presenta la data necesaria para el desarrollo del cálculo y presentación de los resultados ICA en la cuenca (Fuente: ANA):

8.1.1 CATEGORÍA ASIGNADA A LA CUENCA PARA SU APLICACIÓN DE LOS ECA- AGUA

Según la "Clasificación de Cuerpos de Agua Superficial y Marino Costero", aprobado mediante Resolución Jefatural N°202-2010-ANA, identifica a la Cuenca del río Rímac, con el número 137554, y clasifica en tres zonas presentes a lo largo de la cuenca que se describen en el cuadro N° 09:

Cuadro N°09: Categoría ECA- Agua de la Cuenca Rímac

Cuerpo de Agua	Clasificación	Ubicación
Ríos	Categoría 1-A2	Desde la naciente hasta la Bocatoma La Atarjea
	Categoría 3	Desde Bocatoma La Atarjea hasta la desembocadura en el Mar
Lagunas	Categoría 4	Corresponde a las lagunas Tictiococho y Canchis

8.1.2 MONITOREOS REALIZADOS (período de evaluación)

Cuadro N°10: Monitoreos realizados en la Cuenca Rímac

MONITOREO PARTICIPATIVO CUENCA RIMAC					
N° MP	PERIODO DEL MONITOREO			Época	N° Informe Técnico
	Desde	Hasta	Año		
1°	16 Abr	20 Abr	2012	HÚMEDA	N° 006-2012-ANA-DGCRH/JJOS
2°	21 Ene	25 Ene	2013	HÚMEDA	N° 005-2013-ANA-DGCRH/RATQ
3°	15 Oct	19 Oct	2013	SECA	N° 072-2014-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JLTV
4°	10 Dic	14 Dic	2013	SECA	N° 073-2014-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JLTV
5°	19 Feb	25 Feb	2014	HÚMEDA	N° 074-2014-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JLTV
6°	30 Set	02 Oct	2014	SECA	N° 020-2014-ANA-DGCRH-GOCRH
7°	21 Set	01 Oct	2015	SECA	N° 085-2015-ANA-AAA.CF/SDGCRH
8°	23 May	27 May	2016	SECA	N° 083-2016-ANA-AAA.CF/SDGCRH



8.1.3 RED DE PUNTOS DE MONITOREO

Cuadro N°11: Red de Puntos de Monitoreo de la Cuenca del río Rímac

N°	PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	CATEGORÍA	COORDENADAS UTM WGS 84			
				Zona	Este	Norte	
1	QAnta-1	QUEBRADA ANTARANRA (MD), AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE VOLCAN COMPAÑÍA MINERA - UM TICLIO	Cat.1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	18 L	369243	8716238	
2	QChin-1	QUEBRADA CHINCHAN (MI), AGUAS ABAJO DEL PUENTE FERROCARRIL, CARRETERA CENTRAL KM 119.5		18 L	365364	8714912	
3	RRima-1	RÍO RÍMAC (MI), AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE MINERA LOS QUENUALES S.A.		18 L	365225	8711767	
4	RRima-2	RÍO RÍMAC (MI), 220M AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.		18 L	364968	8711452	
5	RBlan-1	RÍO BLANCO (MD), 20 M AGUAS ABAJO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SENAMHI		18 L	362767	8702505	
6	RRima-3	RÍO RÍMAC (MD), PUENTE ANCHI II, CARRETERA CENTRAL KM 100, ANTES DE LA UNIÓN CON RÍO BLANCO.		18 L	361821	8703030	
7	RArur-1	RÍO ARURI (MI), 25 M AGUAS ABAJO DE PUENTE DE MADERA ARTESANAL Y 20 M DE LA DESCARGA DE BOCAMINA PILCOMAYO.		18 L	364107	8694513	
8	RRima-4	RÍO RÍMAC (MD), 100 M AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE NYRSTAR CORICANCHA, ANTES DE LA UNIÓN CON RÍO ARURI.		18 L	357487	8697093	
9	RArur-2	RÍO ARURI (MI), 50 M ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO RÍMAC (INGRESO POR EDEGEL).		18 L	357445	8696957	
10	RRima-5	RÍO RÍMAC (MD), AGUAS ARRIBA DE LA UNIÓN CON EL RÍO MAYO (PUENTE TAMBO DE VISO), CARRETERA CENTRAL KM 83.5		18 L	354070	8694843	
11	RMayo-1	RÍO MAYO (MI), 50 M ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO RÍMAC.		18 L	354044	8694763	
12	RRima-6	RÍO RÍMAC (MI), 100 M AGUAS ABAJO DEL PUENTE SURCO, CARRETERA CENTRAL KM 66.		18 L	342234	8685592	
13	RRima-7	RÍO RÍMAC (MD), 100 M AGUAS ARRIBA DEL PUENTE RICARDO PALMA, CARRETERA CENTRAL KM 38 (CANCHA DE GRASS SINTETICO DE LA MUNICIPALIDAD)		18 L	319063	8681449	
14	QLeon-1	QUEBRADA LEONCOCHA (MI), EN EL CRUCE CON LA CARRETERA (1.0 KM AGUAS ABAJO DE LA LAGUNA CANCHIS)		18 L	352760	8720872	
15	QColla-1	QUEBRADA COLLQUE (MD), ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO PALLCA		18 L	338477	8711050	
16	RSant-1	RÍO SANTA EULALIA (MD), 120 M ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO RÍMAC.		18 L	318220	8681394	
17	RRima-8	RÍO RÍMAC (MD), 80 M AGUAS ABAJO DEL PUENTE MORÓN, CARRETERA CENTRAL KM 23.		18 L	305572	8675338	
18	RRima-9	RÍO RÍMAC (MI), BOCATOMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "HUACHIPA"		18 L	295243	8671750	
19	QHuay-1	QUEBRADA HUAYCOLORO (MD), 40 M ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO RÍMAC.		18 L	287433	8670443	
20	RRima-11	RÍO RÍMAC (MD), BOCATOMA 2, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LA ATARJEJA".		18 L	285974	8669821	
21	RRima-10	RÍO RÍMAC (MI), BOCATOMA 1, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LA ATARJEJA".		18 L	286001	8669758	
22	RRima-12	RÍO RÍMAC (MI), 200 M AGUAS ABAJO DEL PUENTE UNIVERSITARIA, AV. MORALES DUARES (PARQUE)		Cat.3: Riego de vegetales y bebidas de animales	18 L	273430	8668596
23	RRima-13	RÍO RÍMAC (MD), 20 M AGUAS ARRIBA DEL PUENTE NESTOR GAMBETA.		18 L	268443	8668505	
24	LTict-1	LAGUNA TICTICOCHA, SALIDA DE LA LAGUNA, CARRETERA CENTRAL KM 127		Cat.4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos.	18 L	368951	8716570
25	LCanc-1	LAGUNA CANCHIS, SALIDA DE LA LAGUNA.		18 L	353462	8720516	



8.1.4 RESULTADOS DEL ICA-PE EN MACROS

Con la data mínima necesaria que recomienda la metodología, es que la aplicación del ICA-PE se presenta para los casos:

Caso 1: Todos los Monitoreos

Cuadro N°12: Resultados ICA-PE Cuenca Rímac

MONITOREOS 2012- 2016 DE LA CUENCA RIMAC				
	Punto de Monitoreo	Cuerpo de Agua	Resultado ICA- PE	
	RChin1	Quebrada Chinchán	87	BUENO
	QAnta1	Quebrada Antaranra	47	REGULAR
	RRima1	Río Rímac	61	REGULAR
4	RRima2	Río Rímac	62	REGULAR
5	RRima3	Río Rímac	73	REGULAR
6	RRima4	Río Rímac	67	REGULAR
7	RRima5	Río Rímac	67	REGULAR
8	RRima6	Río Rímac	61	REGULAR
9	RRima7	Río Rímac	47	REGULAR
10	RRima8	Río Rímac	48	REGULAR
11	RRima9	Río Rímac	48	REGULAR
12	RRima10	Río Rímac	41	MALO
13	RRima11	Río Rímac	36	MALO
14	RBlan1	Río Blanco	71	REGULAR
15	RArur1	Río Aruñ	83	BUENO
16	RArur2	Río Aruñ	72	REGULAR
17	RMayo1	Río Mayo	63	REGULAR
18	QLeon1	Quebrada León	91	EXCELENTE
19	QHuy1	Quebrada Huaycoloro	25	PESIMO
20	QColla1	Quebrada Collque	76	BUENO
21	RSant1	Río Santa Elulalia	73	REGULAR

Caso 2: Monitoreos en Época Seca

Cuadro N°13: ICA-PE Cuenca Rímac- Época Seca

MONITOREOS (04) 2012- 2014 DE LA CUENCA RIMAC				
N°	Punto de Monitoreo	Cuerpo de Agua	Resultado ICA- PE	
1	RRima1	Río Rímac	74	REGULAR
2	RRima2	Río Rímac	85	BUENO
3	RRima3	Río Rímac	93	BUENO
4	RRima4	Río Rímac	89	BUENO
5	RRima5	Río Rímac	83	BUENO
6	RMayo1	Río Mayo	62	REGULAR
7	RRima7	Río Rímac	62	REGULAR
8	RSant1	Río Santa Eulalia	80	BUENO
9	RRima8	Río Rímac	73	REGULAR
10	RRima9	Río Rímac	74	REGULAR
11	QHuy1	Quebrada Huaycoloro	27	PESIMO
12	RRima11	Río Rímac	41	MALO

Caso 3: Monitoreos en Época Húmeda

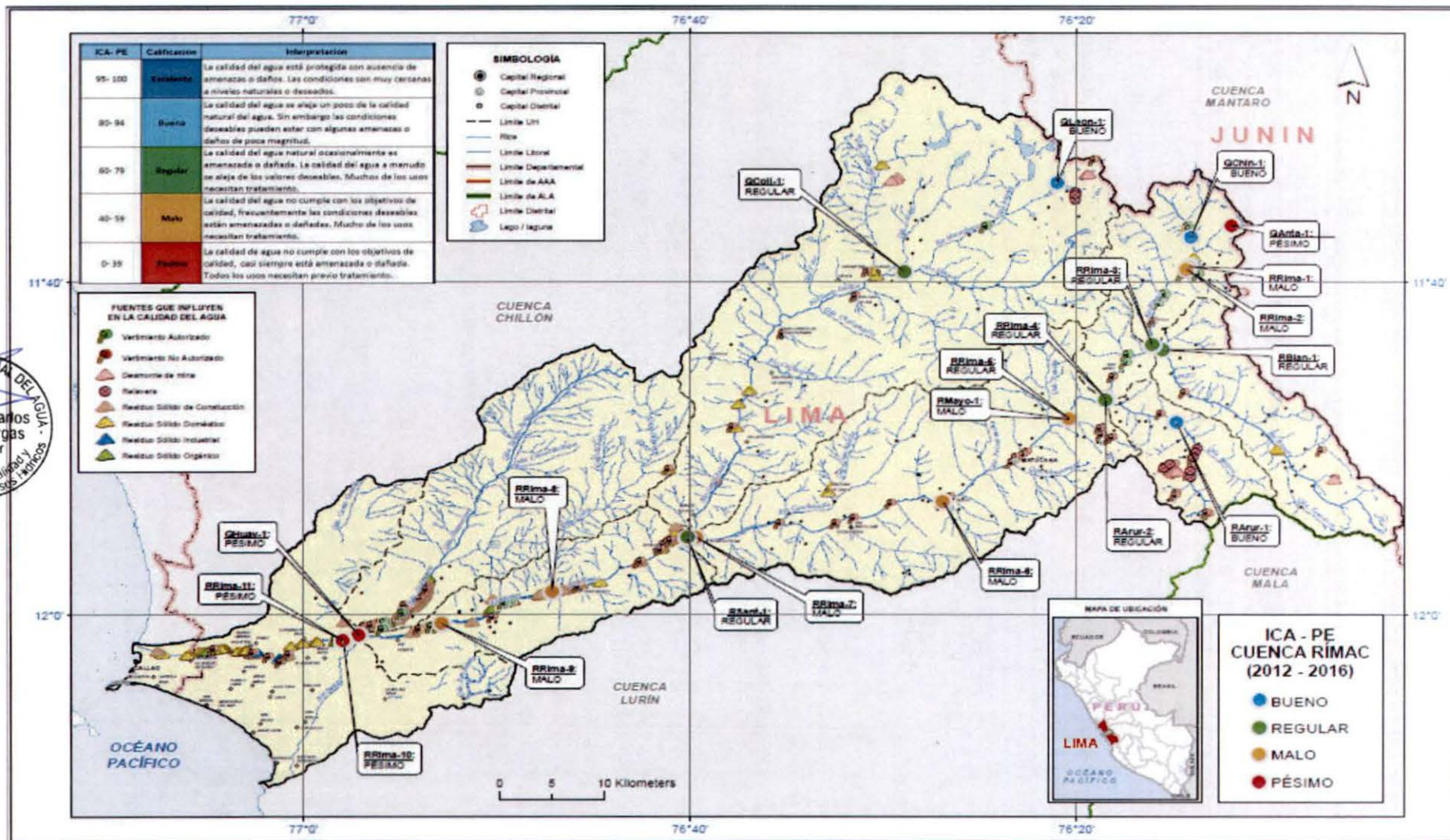
Cuadro N°14: ICA- PE Cuenca Rímac- Época Húmeda

MONITOREOS (04) 2013- 2016 DE LA CUENCA RIMAC				
N°	Punto de Monitoreo	Cuerpo de Agua	Resultado ICA- PE	
1	RRima1	Río Rímac	64	REGULAR
2	RRima2	Río Rímac	63	REGULAR
3	RRima3	Río Rímac	76	BUENO
4	RRima4	Río Rímac	65	REGULAR
5	RRima5	Río Rímac	67	REGULAR
6	RMayo1	Río Mayo	51	REGULAR
7	RRima7	Río Rímac	45	REGULAR
8	RSant1	Río Santa Elulalia	70	REGULAR
9	RRima8	Río Rímac	42	MALO
10	RRima9	Río Rímac	42	MALO
11	QHuy1	Quebrada Huaycoloro	28	PESIMO
12	RRima11	Río Rímac	42	MALO

➤ Según el Cuadro N° 05: Interpretación de la Calificación ICA- PE

ICA- PE	90- 100	75- 89	45- 74	30- 44	0- 29
Calificación	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo

Figura N°04: MAPA DE PUNTOS DE MONITOREO CON RESULTADOS DEL ICA-PE EN LA CUENCA DEL RÍO RIMAC



Dr. Juan Carlos Castro Vargas
 Director
 Dirección de Calidad y Medio Ambiente
 Dirección de Recursos Hídricos

ANA
 DCERH
 -61-
 FOLIO N°

Se precisa que el mapa (Figura N°04) considera los resultados del ICA para la Cuenca del río Rímac, considerando la data de todos los monitoreos (Caso N°01). En el Anexo N°01 se presentan los mapas de cada uno de los casos de aplicación del ICA.

8.1.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ICA

Los resultados ICA presentan un valor único en el rango de valores de 0 a 100, el cual representa la calificación del estado de la calidad del agua de la cuenca del río Rímac; en donde el análisis de cada resultado dependerá de la zona de ubicación de los puntos de monitoreo, ya que, a lo largo de la cuenca en tiempo y en espacio, son diversos los factores que alteran la calidad del agua.

Uno de los factores que son parte de la validación de los resultados de los ICA en la cuenca, es el tipo de fuente contaminante y por su ubicación, tiene que: la zona alta se caracteriza por la presencia de vertimientos provenientes de los pasivos mineros y la existencia de tuberías de desagüe con potencial descarga, en la zona media de la cuenca se encuentra mayoritariamente vertimientos de tipo agroindustrial y doméstico, residuos sólidos domésticos y de la construcción y tuberías con potencial descarga de aguas residuales, y en la zona baja de la cuenca en menor proporción destaca también la presencia de tuberías con potencial descarga y presencia de residuos sólidos.

IX. ACCIONES POR REALIZAR

De acuerdo a la herramienta a presentar, "Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, aplicado a cuerpos de agua continentales superficiales", se realizará la aplicación y presentación del INDICE DE CALIDAD DEL AGUA de las cuencas (unidades hidrográficas que a la fecha se han intervenido), teniendo en cuenta todas las consideraciones e interpretación de resultados, se presentará el ICA-PE para cada cuenca en un período de evaluación, mediante un documento.

Ejemplo:

"El ICA-PE de la Cuenca Huallaga en el período de 2012- 2017"

X. ANEXOS

Anexo N°01: RESULTADOS DEL ICA- PE

- Mapa de la Cuenca Rímac, con los resultados del ICA para todos los monitoreos (08).
- Mapa de la Cuenca Rímac, con los resultados del ICA para los monitoreos (04) en Época Seca.
- Mapa de la Cuenca Rímac, con los resultados del ICA para los monitoreos (08) en Época Húmeda.
- Mapa de la Cuenca Moche, con los resultados del ICA para los monitoreos (04).

ANEXO N°01

RESULTADOS EN LOS MAPAS DEL
ICA-PE

ICA-PE EN LAS CUENCAS RIMAC Y MOCHE



77°0'

76°40'

76°20'

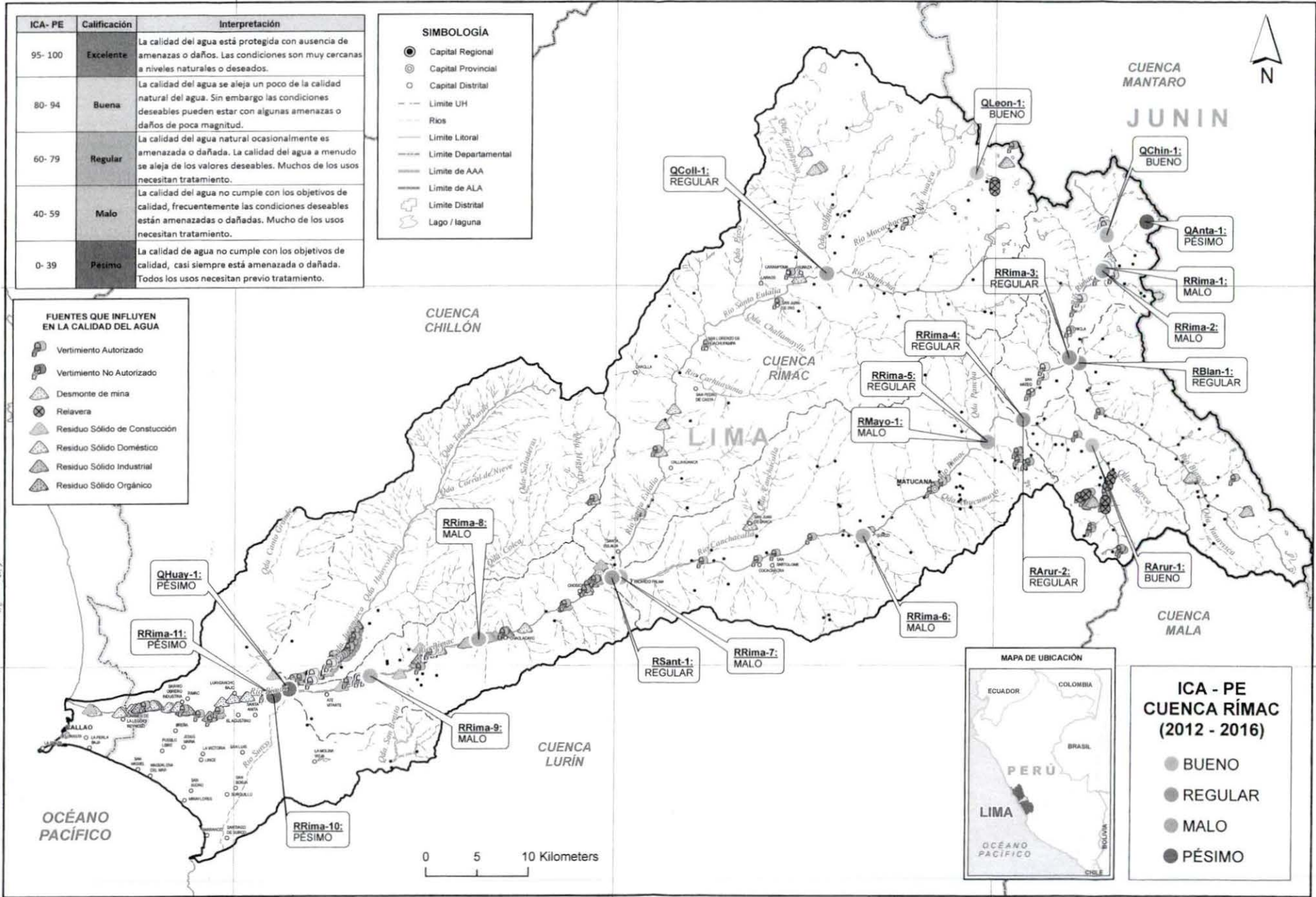
D

ICA- PE	Calificación	Interpretación
95- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80- 94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
60- 79	Regular	La calidad del 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.
40- 59	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 39	Pesimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

SIMBOLOGÍA	
●	Capital Regional
⊙	Capital Provincial
○	Capital Distrital
---	Limite UH
---	Rios
---	Limite Litoral
---	Limite Departamental
---	Limite de AAA
---	Limite de ALA
---	Limite Distrital
---	Lago / laguna

FUENTES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA	
	Vertimiento Autorizado
	Vertimiento No Autorizado
	Desmonte de mina
	Relavera
	Residuo Sólido de Construcción
	Residuo Sólido Doméstico
	Residuo Sólido Industrial
	Residuo Sólido Orgánico

INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS
 Dr. Juan Carlos Castro Vargas
 Director
 Dirección de Calidad del Medio Ambiente



CUENCA MANTARO

JUNIN

CUENCA CHILLÓN

CUENCA RÍMAC

LIMA

CUENCA MALA

OCÉANO PACÍFICO

CUENCA LURÍN



ICA - PE CUENCA RÍMAC (2012 - 2016)	
●	BUENO
●	REGULAR
●	MALO
●	PÉSIMO

77°0'

76°40'

76°20'

12°0'

11°40'

11°40'

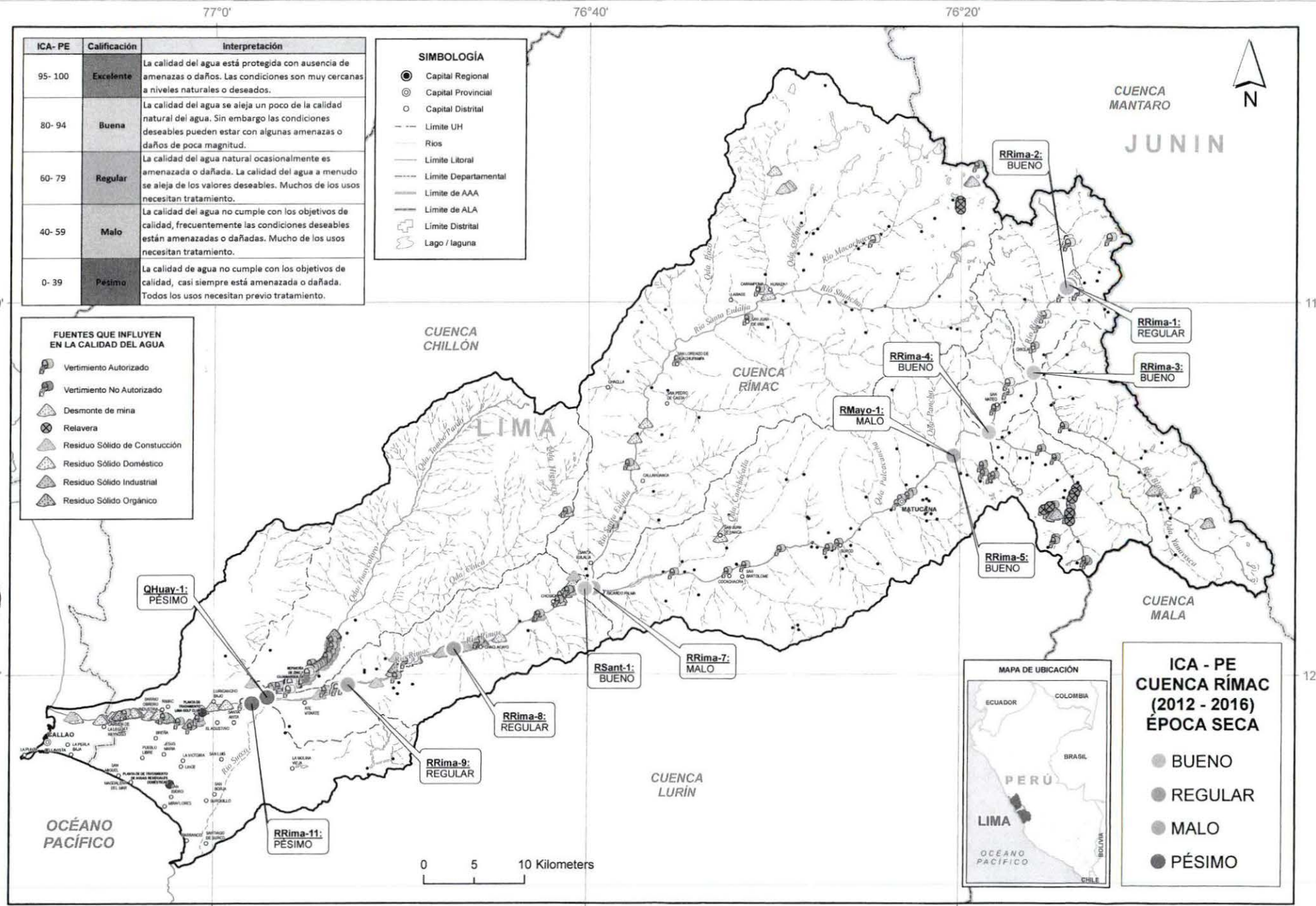
ICA- PE	Calificación	Interpretación
95- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80- 94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
60- 79	Regular	La calidad del 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.
40- 59	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 39	Pesimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

SIMBOLOGÍA

- Capital Regional
- ⊙ Capital Provincial
- Capital Distrital
- - - Limite UH
- Rios
- Limite Litoral
- - - Limite Departamental
- Limite de AAA
- Limite de ALA
- Limite Distrital
- Lago / laguna

FUENTES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA

- Vertimiento Autorizado
- Vertimiento No Autorizado
- ⊗ Desmonte de mina
- ⊗ Relavera
- ⊗ Residuo Sólido de Construcción
- ⊗ Residuo Sólido Doméstico
- ⊗ Residuo Sólido Industrial
- ⊗ Residuo Sólido Orgánico



ICA - PE CUENCA RÍMAC (2012 - 2016) ÉPOCA SECA

- BUENO
- REGULAR
- MALO
- PÉSIMO

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA - INABA
 Sr. Juan Carlos Castro Vargas
 Director
 Dirección de Calidad y Gestión de Recursos

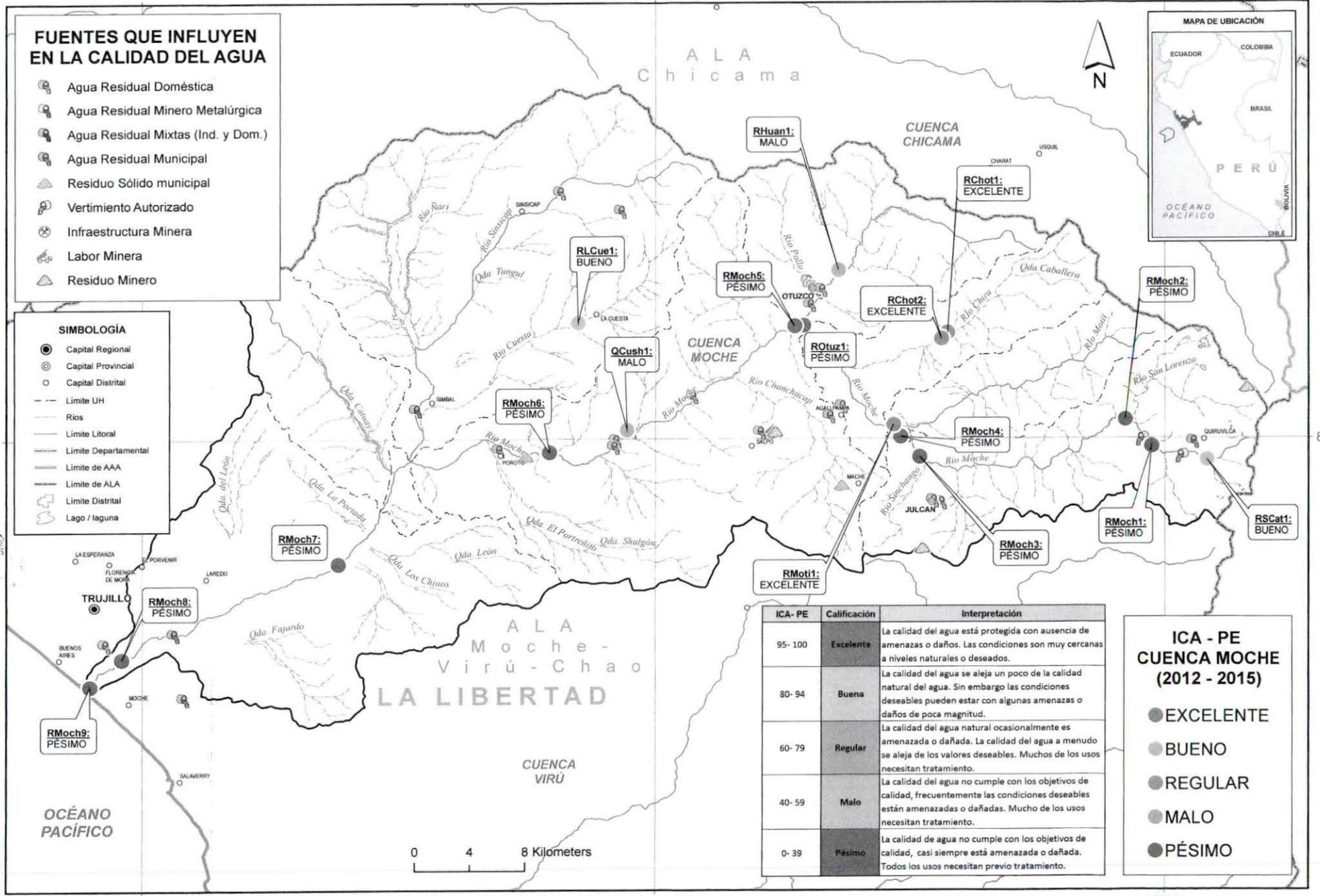
FUENTES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA

- Agua Residual Doméstica
- Agua Residual Minero Metalúrgica
- Agua Residual Mixtas (Ind. y Dom.)
- Agua Residual Municipal
- Residuo Sólido municipal
- Vertimiento Autorizado
- Infraestructura Minera
- Labor Minera
- Residuo Minero

SIMBOLOGÍA

- Capital Regional
- Capital Provincial
- Capital Distrital
- Límite UH
- Ríos
- Límite Litoral
- Límite Departamental
- Límite de AAA
- Límite de ALA
- Límite Distrital
- Lago / laguna

MAPA DE UBICACIÓN



ICA - PE	Calificación	Interpretación
95- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80- 94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
60- 79	Regular	La calidad del 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.
40- 59	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 39	Pésimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

ICA - PE CUENCA MOCHE (2012 - 2015)

- EXCELENTE
- BUENO
- REGULAR
- MALO
- PÉSIMO

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 Dr. Jorge Carlos Castro Vargas
 Director General

0 4 8 Kilometers