

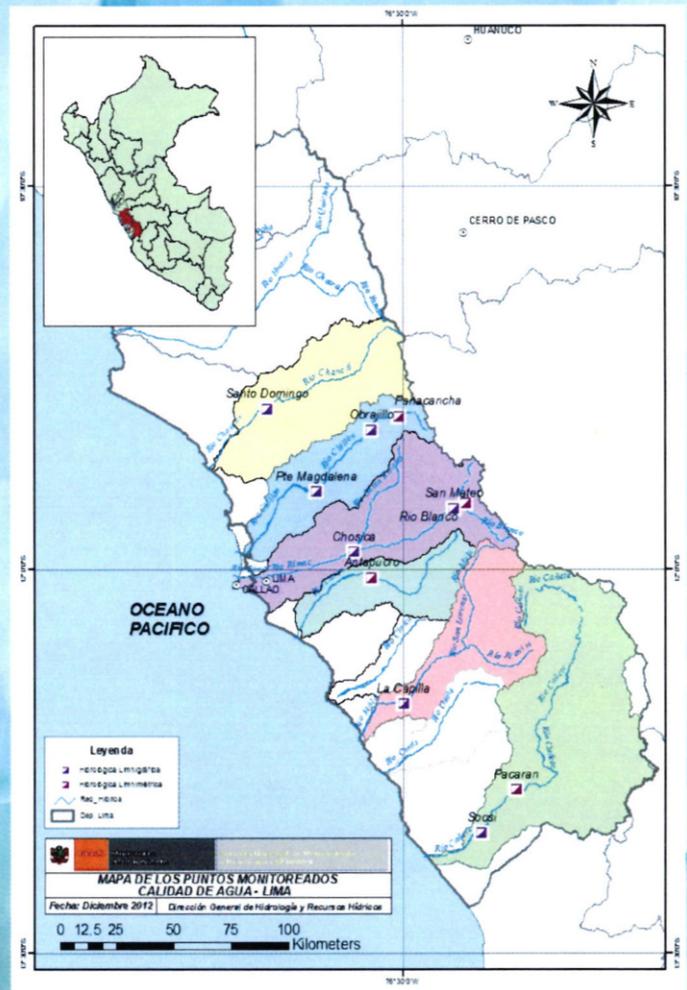


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# INDICADORES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA CUENCAS DE LOS RÍOS CAÑETE, MALA, LURÍN, RÍMAC, CHILLÓN, CH. HUARAL



LIMA - PERÚ

2012



*Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú*

**Presidente Ejecutiva del SENAMHI  
Ing. Amelia Díaz Pabló**

**Director General de Hidrología y Recursos Hídricos  
PhD. Juan Julio Ordóñez Gálvez**

**Director de Hidrología Aplicada  
Ing. Oscar Felipe Obando**

**Director de Hidrología Operativa  
Ing. Fernando Arboleda Orozco**

**Elaboración: Bach. Ing. Miriam Casaverde Riveros**

**Revisión: Dr. Juan Julio Ordóñez Gálvez**

*Diciembre*

**LIMA – PERÚ**

**2012**

## CONTENIDO

I. INTRODUCCION .....	4
II. OBJETIVOS .....	4
III. GENERALIDADES .....	5
IV. AREA DE ESTUDIO .....	11
V. EQUIPOS Y MATERIALES .....	18
VI. METODOLOGÍA .....	19
VII. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS .....	20
VIII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	21
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	32
X. BIBLIOGRAFÍA .....	33

## INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CAÑETE, MALA LURÍN, RÍMAC, CHILLÓN, CHANCAY-HUARAL

### I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Todos los seres vivos, en especial el hombre, deseamos cobrar el mayor rédito posible del agua misma y de sus productos. Pero las posibilidades quedan condicionadas a la calidad del líquido. A su vez la calidad en determinada circunstancia depende del uso más reciente que tuvieron, es decir, de su “historia” en su incesante recorrido. Cada uso tiene impactos sobre los ciclos hídricos. Las aguas reflejan lo que ocurre en las áreas terrestres a lo largo de las cuencas que la acoplan. Los constituyentes a su vez son muy variados, en cantidad y calidad; expresan el fenómeno que llamamos contaminación y como consecuencia limitan o acondicionan la capacidad de uso. Las aguas alteradas cobran gravedad y dramatismo cuando este líquido imprescindible para la vida se convierte en una carga potencial de enfermedades, en un factor etiológico o nosogénico.

Siendo el agua indispensable para la vida, es necesario que dispongamos de un abastecimiento de agua satisfactorio, de la mejor calidad de acuerdo a las circunstancias ante la función de suministrar el agua para consumo humano o uso poblacional, riego de plantas, abrevado de animales, la industria, fines recreativos, para la vida acuática o simplemente para la conservación del medio acuático. Por ello, la primera línea de defensa es la evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua suministrada a través de la realización de determinaciones analíticas de vigilancia y control; en actividades rutinarias y de primordial importancia.

Considerando esta problemática el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, a través de su Dirección General de Hidrología y recursos Hídricos - DGH, como parte de sus actividades del año 2012 programó el monitoreo de los ríos dentro de la jurisdicción de la DR-LIMA, realizando el monitoreo de los ríos Cañete, Mala, Lurín, Rímac, Chillón y Chancay - Huaral puntualmente en las estaciones hidrométricas instaladas, cuyos análisis y resultados desarrollados en el tema de calidad de agua se detallan en el presente informe.

### II. OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua puntual en las estaciones hidrométricas de las cuencas de los ríos Cañete, Mala, Lurín, Rímac, Chillón y Chancay – Huaral.

## 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a través del análisis de muestras de agua, la línea base de calidad de agua presente en estas cuencas.
- Determinar y evaluar la calidad hidroquímica de los ríos Cañete, Mala, Lurín, Rímac, Chillón y Chancay – Huaral.

## III. GENERALIDADES

### 3.1 Definiciones

- **Contaminación**

“La contaminación del agua es la modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas así como para animales domésticos y la vida natural” (Carta del agua, Consejo de Europa, 1969).

Existen numerosas definiciones de contaminación, pero todas coinciden en que es la: “Incorporación (en este caso, al agua) de cualquier sustancia o agente físico, químico o biológico en cantidad suficiente como para que cause efectos dañinos mensurables (aunque no siempre sea posible), que afecten a la vida, la salud, el bienestar humano, la flora, la fauna o degraden la calidad del agua” (Laura Pertusi Biología del Agua. Contaminación 2012. p.4).

Aunque existe contaminación de origen natural (erupciones volcánicas, erosión, etc.), la misma no están grave (por sus efectos a largo plazo) como las de origen antrópico. Las causas de la contaminación antrópica, corresponden principalmente a la explotación de los recursos naturales no renovables, la industria y la agricultura. Existe también contaminación a causa de procesos sociales como lo es el crecimiento demográfico, los movimientos migratorios y la urbanización.

La Asociación de Derecho Internacional reunida en Helsinki, en agosto de 1966, aprobó diversas normas conocidas como Normas de Helsinki (The International Law Association). En ellas se establece que el término “contaminación de agua se refiere a todo cambio nocivo resultante de un acto humano en la composición, contenido o calidad naturales de las aguas de una cuenca hidrográfica internacional”.

La contaminación que más ha molestado o preocupado a la mayoría de los humanos es la que nos afecta directamente, desde cerca, la contaminación del agua que bebemos, de los alimentos, o del aire que nos rodea. Se trata de contaminaciones localizadas, generalmente

circunscritas a un lugar o región.

Las fuentes de contaminación, denominadas también, efluentes contaminantes que utilizan como insumo al agua, y presentan elementos y sustancias con característica física, química y bacteriológica que afectan las condiciones del cuerpo receptor o componente ambiental donde son vertidos; como por ejemplo:

- Vertimiento de aguas negras o servidas a los ríos, lagos o mar.
- Vertimiento de residuos sólidos y desmontes a los ríos, lagos y mar.
- Actividades informales y clandestinas en las orillas de los ríos: curtiembre, fundición de baterías de autos recicladas.
- Los efluentes líquidos que provienen de las distintas actividades de los sectores productivos (labores de excavación, planta de tratamiento de aguas residuales, derrames de aceites, productos químicos como fertilizantes agrícolas y plaguicidas, relaves mineros, etc.).

#### • Calidad de Agua

Si bien en sus primeros orígenes el concepto de "Calidad e Aguas" estuvo asociado con la utilización del agua para consumo humano, la expansión y el desarrollo de los asentamiento humanos ha diversificado y ampliado los usos aplicaciones potenciales del agua hasta tal punto, que el significado ha debido ampliarse, para ajustarse a este nuevo espectro de posibilidades y significados.

En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines.

En síntesis, una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco "un criterio único de calidad para cualquier fin", el concepto de Calidad de Aguas, se aplica siempre en relación con un uso o aplicación previamente establecida.

Por lo tanto, la **calidad del agua** es un término variable en función del uso concreto que se vaya hacer de ella y relativo a los criterios de uso para los cuales se aplican los estándares y hasta las posibilidades de

monitoreo y control de las instituciones responsables de gestionar los recursos hídricos. Para los usos más importantes y comunes del agua existen una serie de requisitos recogidos en normas específicas basados tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos:

- a) Físicos: sabor y olor, color, turbidez, conductividad, t°.
- b) Químicos: pH, O<sub>2</sub>, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, hierro, manganeso, metales pesados o conocido como contaminación inorgánica, DBO, DQO, contaminación orgánica (hidrocarburos, aceites y grasas, plaguicidas), etc.
- c) Biológicos:
  - Bacterianos (presencia de bacterias coliformes, indicadoras de contaminación fecal y otras como salmonellas, etc.); presencia de virus.
  - Comunidades de macroinvertebrados bentónicos: son indicadores de buena calidad del agua en función de las especies más o menos tolerantes a la contaminación que aparezcan.

Si el agua reúne los requisitos fijados para cada uno de los parámetros mencionados en función de su uso es de buena calidad para ese proceso o consumo en concreto.

#### • **Indicadores de Calidad de Agua**

Existen diversas formas de determinar la calidad del agua de los cursos de agua. La calidad del agua se puede determinar de forma relativa, mediante una comparación entre diferentes fuentes de agua, o se puede medir en términos absolutos. Los factores biológicos, químicos y físicos pueden indicar la calidad del agua.

#### • **Índices de Calidad de Agua**

Son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y del estado del medio biológico.

Los índices de calidad poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos, tienen expresión numérica que pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones que lo hacen más entendibles al público y los usuarios; pero solo representan una parte o aspecto particular del problema por lo que deben ser tomados con precaución, en forma crítica y actualizados en forma periódicamente.

Según su naturaleza existen distintos tipos:

## ➤ Índices Físicoquímicos

Los Índices físicoquímicos se basan en la combinación de diferentes parámetros físicoquímicos para proporcionar una visión global de la calidad del agua. Los valores de nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, concentración de oxígeno, TOC, conductividad, pH y temperatura se usarán para obtener un nivel global de la calidad físicoquímica de los ríos.

Son convertidos a un valor único -índice-, el cual se encuentra entre 0 (cero) (muy mala calidad) y 100 (excelente calidad). Ver la estructura de cálculo de algunos ICA en la **Figura 1** proporcionados por Dirección Nacional de Medio Ambiente, del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Argentina.

Grupo	Índice	Ecuación	Observaciones
1	ICA NSF (EU) ICA Dinius (EU) IQA CETESB (Brasil) ICA Rojas (Colombia) ICAUCA (Colombia)	$ICA_m = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i}$	Promedio geométrico ponderado W <sub>i</sub> : peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro I <sub>i</sub> : subíndice de i-ésimo parámetro
2	CCME-WQI (Canadá) DWQI (EU)	$ICA = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$	El índice incorpora tres elementos: Alcance (F1): porcentaje de parámetros que exceden la norma. Frecuencia (F2): porcentaje de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma. Amplitud (F3): magnitud en la que excede la norma cada parámetro que no cumple
3	UWQI (Europa)	$UWQI = \sum_{i=1}^n W_{ii}$	Promedio aritmético ponderado: W <sub>i</sub> : peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro I <sub>i</sub> : subíndice de i-ésimo parámetro
4	ISQA (España)	ISQA = T (DQO + SS + OD + Cond)	T: Temperatura DQO: Demanda Química de Oxígeno OD: Oxígeno Disuelto Cond: Conductividad SS: Sólidos suspendidos A partir de 2003 el ISQA se empezó a calcular reemplazando la DQO por el carbono orgánico total (COT en mg/l)

**Figura 1.** Estructura de algunos Cálculos de los ICA.

Fuente: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 8, no. 15 especial, pp 79-94 – ISSN 1692-3324 – julio-diciembre de 2009/150 p. Medellín, Colombia.

Existen índices que a pesar de haber sido desarrollados para las condiciones propias de una región o un país son ampliamente utilizados en el mundo y han sido validados en diferentes estudios, como los índices ICA de la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF) (1970) y el ICA de Dinius (1987).

A partir de estos, varios autores y entidades de control ambiental han realizado modificaciones para adaptarlos a las condiciones específicas de diferentes ríos.

### ➤ **Índices Biológicos**

Cada especie u organismo vivo tiene unas características ecológicas para sobrevivir. Cuando estas características no son las óptimas, los organismos desaparecen o muestran los efectos de las posibles carencias. Esto permite asignar a cada especie un valor de sensibilidad, valor que se usará en el cálculo del índice.

Los índices biológicos son buenos integradores de la calidad. Indican la calidad de un periodo más o menos extenso de tiempo (en función de la vida media de los organismos), y también responden a episodios cortos pero recurrentes de contaminación.

Organismos indicativos son animales o vegetales que viven solamente en un rango pequeño del estado biológico de un río o un lago.

Algunos tipos de IB:

- Indicadores basados en las algas diatomeas (índice IPS).
- Indicadores basados en los macroinvertebrados (índice IBMWP).
- Indicadores basados en los peces (índice IBICAT)

### • **Monitoreo**

El monitoreo de calidad de agua se refiere al proceso programado de muestreo, medición y registro de las características del agua, a fin de evaluar la conformidad o cumplimiento de objetivos específicos de calidad (International Standardization Organization).

Consiste en el registro sistemático de datos a determinadas escalas espaciales y temporales. El monitoreo es un programa de largo plazo, con mediciones y observaciones del ambiente acuático en función de definir su estado y sus tendencias. Es deferente a la vigilancia o la evaluación puntual del estado de un sistema.

### • **Estándares Ambientales**

El Estándar de Calidad Ambiental (**ECA**) y el Límite Máximo Permisible (**LMP**) son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Los **ECA** son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Los **LMP** miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Una de las diferencias es que la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

### 3.2 Normatividad

El monitoreo de la calidad de agua se lleva a cabo de acuerdo a los instrumentos de gestión ambiental:

- Ley de Recurso Hídricos, Ley N° 29338, publicada el 31 de marzo de 2009.
- R.M. N° 225-2012-MINAM (2012-08-28) Aprueban plan de estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el período 2012-2013
- R.M. N° 141-2011-MINAM ( 2011-06-30) Ratificación de lineamiento para la aplicación de LMP
- DS 010-2011-MINAM - Decreto Supremo que integra los plazos para la presentación de los instrumentos de gestión ambiental de las actividades minero - metalúrgicas al ECA para agua y LMP para las descargas de afluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas.
- DS 002-2008- MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua
- DS 003-2010-MINAM Aprueban Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales
- DS.023-2009-MINAM- Disposición para implementación de los ECA para agua.
- D.S. 037-2008-PCM Implementación de los LMP para el Sub Sector Hidrocarburos
- R.M. N° 011-96-EM/VMM Implementación de los LMP para Efluentes Minero Metalúrgicos

- RD N° 030-96-EM/DGAA (07/nov/96) "Aprueban niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de actividades de explotación y comercialización de hidrocarburos líquidos y sus productos derivados"
- RD N° 008-97-EM/DGAA (17/mar/97) "Aprueba niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica"
- DS N° 003-2002-PRODUCE (04/oct/02) "Aprueban LMP y valores referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre, papel".
- DS N° 010-2008-PRODUCE (30/abr/08) "Establecen LMP de efluentes de la industria de harina y aceite de pescado"
- DS N° 027-2008-PCM (14/may/08) "Establecen LMP efluentes de las actividades de hidrocarburos".

#### IV. AREA DE ESTUDIO

La Dirección General de Hidrología en cumplimiento de su POI – 2012 ha realizado comisiones de servicio, a las cuencas del Río Huallaga (y algunos tributarios) y Río Pachitea, donde ha realizado actividades que comprendieron: la evaluación de las estaciones y recopilación de información de campo tales como aforo y muestreo de calidad de agua (ver **Figura 2**).

**Tabla 1.** Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua.

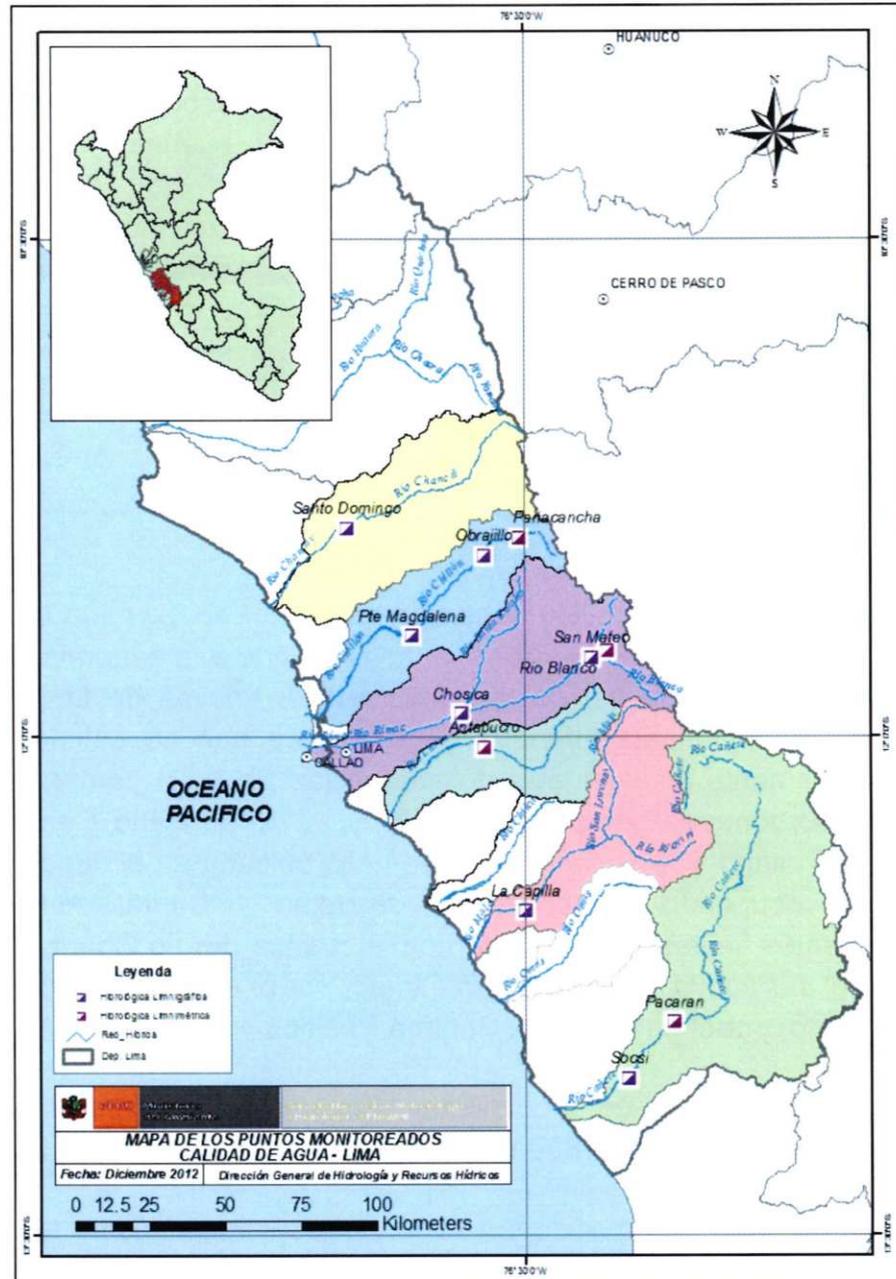
Río	Estación	Departamento	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Cañete	Pacarán	Lima	76°03'17.3"	12°51'40.1"	742
Cañete	Socsi	Lima	76°11'40.3"	13°01'41.9"	312
Mala	La Capilla	Lima	75° 56' 32"	12°31'18.9"	610
Lurin	Antapucro	Lima	76°29'46.9"	12°01'53.0"	1222
Rímac	Chosica R-2	Lima	76°41'21.9"	11°55' 46.9"	1069
Rímac	San Mateo	Lima	76°18'04.0"	11°45'36.7"	3239
Rímac	Río Blanco	Lima	75° 59' 16"	11°44'02.8"	3540
Chillón	Pte. Magdalena	Lima	76°50'13.8"	11°41'40.6"	2813
Chillón	Obrajillo	Lima	76°37'20.3"	11°27'10.3"	2824
Chillón	Pariacancha	Lima	76°30'08.9"	11°23'35.4"	1164
Ch- Huaral	Sto . Domingo	Lima	77°01'41.07"	11°22'12.2"	629

Fuente: Elaboración propia

- **Cuenca del Río Chancay - Huaral**

La cuenca del río Chancay Huaral tiene una extensión aproximada de 3300 km<sup>2</sup> de la cual 52% de su superficie corresponde a la denominada "cuenca húmeda", llamada así por encontrarse por encima de la cota de los 2400 msnm límite inferior fijado al área que se estima productora del recurso. El río Chancay Huaral posee una longitud de 102 km., se origina al Noreste de la provincia de Canta, en las lagunas de Ascococha,

Lichicocha y Verdecocha, ubicadas al pie del glaciar Alcoy, en el departamento de Lima. De estas lagunas salen las aguas con el nombre del río Ragrampi, que en su recorrido andino se denomina sucesivamente Acos y Chancay, nombre este último con el que llega al mar, al sur de la ciudad de Chancay.



**Figura 2.** Ubicación de la Red Monitoreada

Fuente: Elaboración propia

La cuenca del río Chancay Huaral, orientada de Nor-Este a Sur-Oeste, se ubica en la costa norte del departamento de Lima donde se encuentra, entre las coordenadas  $11^{\circ}20'$  y  $11^{\circ}27'$  de latitud sur y  $76^{\circ}28'$  y  $77^{\circ}20'$  de longitud oeste, políticamente se ubica en los distritos de Chancay Huaral, de la provincia de Huaral, comprendiendo los siguientes límites: por el norte con la cuenca del río Huaura e intercuencas, por el este con la cuenca del río Mantaro, por el sur con la cuenca del río

Chillón y por el Oeste con el Océano Pacífico. El relieve general de la cuenca se caracteriza por presentar la forma de una hoya hidrográficamente alargada, de fondo profundo y de pronunciada pendiente, que desciende rápidamente desde alturas máximas de 5300 msnm hasta el Océano Pacífico. El 90% de su extensión es una zona

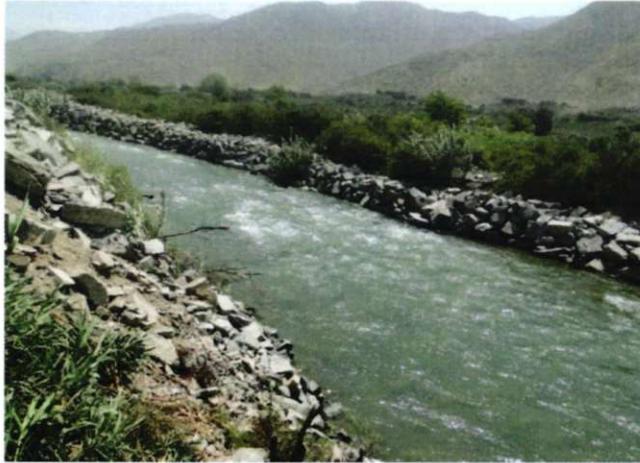


Foto 1. Río Chancay Huaral, estación Santo Domingo.

montañosa de fisiografía escarpada y el 10% restante corresponde al sector inferior de la cuenca, en donde por efecto de la brusca disminución de la pendiente, se ha formado una pequeña llanura aluvial que es el valle.

- **Chillón**

La cuenca del río Chillón tiene una extensión aproximada de 2444 km<sup>2</sup> de la cual el 42% de su superficie corresponde a la denominada “cuenca húmeda”, llamada así por encontrarse por encima de la cota de los 2500 msnm límite inferior fijado al área que se estima contribuye efectivamente al escurrimiento superficial. Se halla comprendida entre las coordenadas geográficas 76°20' y 77°10' longitud Oeste, 11°20' y 12°00' latitud Sur. Políticamente se halla ubicada en el departamento de Lima, ocupando las provincias de Lima y Canta, comprende los siguientes límites: por el Norte con la cuenca del río Chancay – Huaral, por el sur con la cuenca del río Rímac, por el este con la cuenca del río Mantaro, por el oeste con el Océano Pacífico.

El río Chillón nace en la cordillera de La Viuda, donde se encuentran las lagunas de Chonta (4850 msnm), Chumchon o Chuchum, Leóncocha y



Foto 2: Vista de la Laguna Azulcocha, una de las nacientes del río Chillón.

Azulcocha, que constituyen la fuente de aprovisionamiento de agua para formar las nacientes del río Chillón y el río Arahuy, los mismos que se alimentan de las precipitaciones que caen de las partes altas de la cuenca colectora y de los deshielos de la

deshielos de la cordillera La Viuda. El relieve general de la cuenca, se caracteriza por presentar la forma de una hoya hidrográfica alargada con quebradas de fuerte pendiente, y una fisiografía escarpada en partes abruptas, cortadas por quebradas de fuerte pendiente y estrechas gargantas. En la cuenca no existen plantas concentradoras de minerales.

#### • Cuenca del Río Rímac

Pertenece a la vertiente del Pacífico, se encuentra ubicada en la zona central del territorio peruano, entre las coordenadas geográficas 11°27' y 12°15' de latitud sur y 76°06' y 77°11' de longitud oeste. La cuenca presenta los siguientes límites por el NE con la cuenca del río Mantaro, por el SE con la cuenca del río Lurín, NO con la cuenca del río Chillón y por el SO con el Océano Pacífico.

La cuenca del río Rímac abarca un área total de 3 601,6 km<sup>2</sup> y está comprendida por las subcuencas Rímac, Chosica R-2, Santa Eulalia, San Mateo, San Mateo de Huanchor y Río Blanco cuyas características son:

- Subcuenca Rímac; extensión 1226,6 km<sup>2</sup>, caracteriza por ser una “subcuenca seca” debido a la escasa precipitación que registra.
- Subcuenca Chosica R-2; extensión 17,6 km<sup>2</sup>, se ubicada la estación hidrométrica Chosica R-2 y donde se controla el agua para fines de riego.
- Subcuenca Santa Eulalia; extensión 1080,4 km<sup>2</sup> tiene dos subcuencas secundarias (Macachaca y Sacsa).
- Subcuenca San Mateo; extensión 773,1 km<sup>2</sup> y se caracteriza por estar conformada por un conjunto de quebradas pequeñas
- Subcuenca San Mateo de Huanchor; se encuentra en la margen izquierda del río Rímac y abarca 266,5 km<sup>2</sup>.
- Subcuenca Río Blanco; está ubicada al margen izquierda del río Rímac y abarca un área de 237,4 km<sup>2</sup>.

La cuenca del río Rímac es una de las cuencas más importantes del país, al encontrarse dentro de ella la capital, lo que cumple un rol importante como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola, energético, existiendo en ella 5 centrales hidroeléctricas tales como Matucana, Huinco, Callahuanca, Moyopampa y Huampani (ver **Figura 3**). Esta cuenca se origina en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes a una altitud aproximadamente máxima de 5508 msnm en el nevado Paca, tiene un total de 191 lagunas de las cuales 89 han sido estudiadas. Con el fin de afianzar el caudal del río Rímac, se represó quince (15) lagunas de la cuenca alta del río Santa Eulalia, con un volumen regulado de 77 hm<sup>3</sup>; y de la

Represa de Yuracmayo con  $48.30 \text{ hm}^3$ . Estos recursos son de la cuenca propia del río Rímac. El aporte por trasvases y regulaciones de Marcapomacocha (Mantaro) es de  $157.05 \text{ hm}^3$ . El Sistema regulado está dirigido principalmente al uso energético y poblacional y su regulación es significativa en el periodo de estiaje, tal como se muestra en la **Tabla 2** y se observa en la **Figura 3**.

**Tabla 2:** Sistema de regulación y trasvase del Rímac

CUENCA	Lagunas	MMm <sup>3</sup>	Energía (GWh)
Marcapomacocha	5	157.1	835.2
Santa Eulalia	15	77	409.5
Yuracmayo	1	48.3	240.7
TOTAL	21	282.4	1485.4

Fuente: Edegel

La descarga máxima en 24 horas, ocurrida en el río Rímac y registrada en la estación de Chosica asciende a  $385 \text{ m}^3/\text{s}$  (año 1941) y solo repetida en otra oportunidad con  $380 \text{ m}^3/\text{s}$  (año 1955). El caudal de estiaje del río Rímac, entre los meses de mayo y Diciembre es suministrado por el complejo de lagunas y represas existentes, con fines de generación de energía, tanto en la cuenca propia del río Rímac, como en la subcuenca vecina de Marcapomacocha, que es transvasada hacia el río Santa Eulalia, afluente del río Rímac. Y que fluctúa entre los 17 y  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  entre junio y noviembre, de los cuales  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  aproximadamente proceden del transvase de Marcapomacocha, entonces para suplir esa necesidad de aporte de aguas superficiales se ha proyectado la derivación de las aguas de la cuenca del río de Mantaro y el represamiento del río Yuracmayo. También se viene ejecutando obras en la sub cuenca de Sta. Eulalia, pues se está realizando obras para desarrollar el proyecto de Central hidroeléctrica de Milloc, ubicado en el distrito de Huanza, provincia de Huarochiri, departamento de Lima



**Figura 3:** Representación del Sistema Regulado del Río Rímac

Fuente: Edegel.

En la cuenca alta existe explotación de plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio. La actividad minera es intensa (Volcan Compañía Minera S.A.A. - Unidad Ticlio, Empresa Minera Los Quenuales S.A. - Unidad Casapalca, Compañía Minera Casapalca S.A., PERUBAR S.A. - Unidad Rosaura, Compañía Minera San Juan (Perú) S.A., etc.), de modo que un gran volumen de vertimientos tiene que ser evacuado; algunos de ellos vierten directamente al río, otros usan canchas de relaves y algunos otros a canales. En las cuencas media y baja de este río se ubican 14 centrales hidráulicas y se identifican establecimientos industriales tales como fábricas de productos químicos, textiles, papeleras, alimentos, curtiembres, materiales de construcción, cerveza, etc.



**Foto 3:** Río Rímac en la estación Chosica  
Aguas arriba



**Foto 4:** Río Rímac, en San Mateo de H.  
Aguas abajo.

- **Cuenca del Río Lurín**

La cuenca del río Lurín, geográficamente está situada entre los paralelos 11°15' y 12°18' de latitud sur, y los meridianos 76°56' y 76°11' de longitud oeste. Políticamente se localiza en el departamento de Lima ocupando las provincias de Lima y Huarochirí. Los límites geográficos de la cuenca son: por el norte con la cuenca del río Rímac; por el sur con la cuenca del río Chilca y Mala; por el este con la cuenca del río Mantaro y por el Oeste con el Océano Pacífico.



**Foto 5:** Aguas del río Lurín, en la estación de HLM-Antapucro. Nótese un color verde en sus aguas por la presencia de algas y procesos de eutrofización.

El relieve de la cuenca se caracteriza por presentar la forma de una hoya hidrográfica alargada, con espejos de agua en sus nacientes y cursos de agua profundos e irregulares, y que drenan sus aguas al Océano Pacífico.

El río Lurín, tiene su origen en los nevados y lagunas de la Cordillera Occidental de los Andes, con el nombre de río Chalilla y al juntarse éste con la quebrada Taquía cambia de nombre a río Turín, tiene una longitud aproximada de 108,6 km, y en su recorrido recibe el aporte de numerosos ríos y quebradas, siendo los más importantes Taquía, Llacomayqui, Tinajas, Numincancha y Canchahuara por la margen izquierda y la quebrada Chamacna por la margen derecha.

La pendiente del río Lurín, a medida que se acerca al mar, va disminuyendo; así en su curso superior hasta la localidad de San Damián la pendiente es de 6,8%, en el curso medio hasta la localidad de Manchay es de 3,2% y en el curso inferior hasta su desembocadura al Océano Pacífico es de aproximadamente 1,8%.

- **Cuenca del Río Mala**

La cuenca del río Mala, es parte de la vertiente del Océano Pacífico y está ubicada en el sur de la provincia de Lima entre los paralelos 11°58' y 13° 09' de latitud Sur y los meridianos 75°31' y 76°31' de longitud Oeste de Greenwich, tiene sus nacientes en una serie de lagunas ubicadas en la cuenca alta del flanco occidental de la cordillera de los Andes, cuya alimentación es por aporte pluviométrico estacional, que en el mejor de los casos llega a hacer cinco meses del año (periodo diciembre – abril). Su área total de la cuenca hasta la desembocadura es aproximadamente de 2 476 km<sup>2</sup>, y si consideramos el área de recepción de la estación hidrométrica La Capilla del SENAMHI, esta llega a un valor de 2 174,29 km<sup>2</sup>.

Del Balance Hídrico superficial elaborado por el SENAMHI (2002), la precipitación media de la cuenca hasta el punto de medición en la

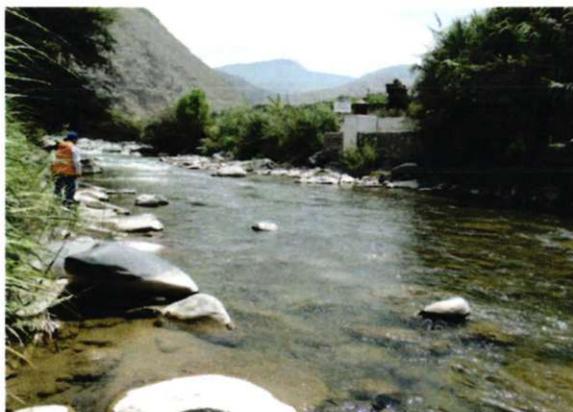


Foto 6: Río Mala, en la estación La Capilla.

estación hidrométrica La Capilla, llega a un valor de 410 mm/año, con umbrales que varían desde 5 mm/año (468 msnm), a valores superiores de 800 mm/año (> 4 500 msnm). En lo referente al caudal, en el mismo balance, se determinó que el caudal medio anual de esta cuenca llega a 14,8 m<sup>3</sup>/s.

- **Cuenca del Río Cañete**

La cuenca del Río Cañete tiene una extensión de 6974.21 Km<sup>2</sup>, se encuentra ubicada en la Vertiente del Pacífico entre los paralelos 11°58'

y 13° 09' de latitud Sur y los meridianos 75°31' y 76°31' de longitud Oeste de Greenwich. Altitudinalmente se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, que constituye la divisoria continental de las aguas y cuyos puntos más altos llegan hasta los 5,817 msnm. Por el norte colinda con la cuenca de los ríos Omas y Mala, por el Sur con las de Topará y San Juan, por el Este con la del Mantaro y por el Oeste con el Océano Pacífico.

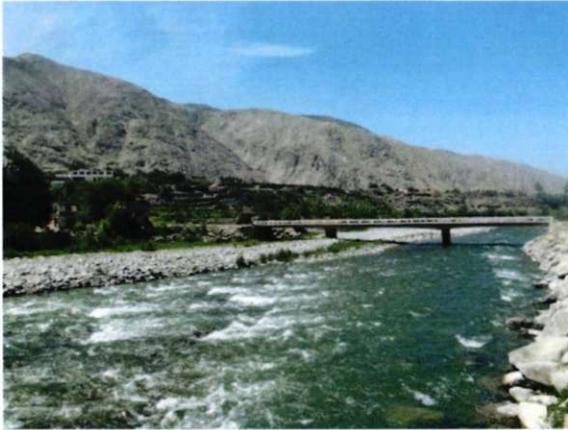


Foto 7: Río Cañete, en la estación Pte. Socsi.

En esta cuenca, al igual que todas las ubicadas en esta parte de la vertiente del Océano Pacífico, el aporte pluviométrico durante el año, está referido a un periodo de cinco meses (periodo diciembre – abril), el tiempo restante es un periodo muy seco de aporte pluviométrico “cero”.

## V. EQUIPOS Y MATERIALES

- Multiparámetro Digital Hach HQ40D (para medir insitu los parámetros físicos del agua).
- Sensores de pH, conductividad, oxígeno disuelto.
- Termómetro.
- Turbidímetro Portátil
- Espectrofotómetro DR 3900 HACH
- Cámara fotográfica.
- GPSmap 76CSx Garmin
- Correntómetro SIAP (2312)
- ADCP WorkHorse RDI Río Grande 600 kHz + GPS
- Botellas de plásticos de 600 ml.
- Reactivos



Foto 8: Equipo de aforo OTT.



Foto 9: Correntómetro SIAP (serie 2312).



Foto 10: Turbidímetro portátil 2100 Q.



Foto 11: Multiparámetro HQ40D y GPS.

## VI. METODOLOGÍA

El proceso metodológico con la cual se llevó a cabo la fase de campo, es la siguiente:

### 6.1 Antes de salir al campo

Establecer el plan de análisis espacio-temporal individual por parámetro realizando mediciones en las estaciones hidrológicas del SENAMHI, en los ríos donde exista una de ellas. Posteriormente se realiza una revisión, preparación y calibración de rutina de los instrumentos a ser utilizados en el campo. Además de alistar los materiales a ser llevados al campo como son botellas, soluciones estándar y cooler para su traslado.

### 6.2 En campo

Una vez en campo se realizaron los siguientes pasos:

Conjuntamente con las comisiones de servicio donde se hacen mediciones de caudal mediante la realización de aforos se programa realizar el muestreo y monitoreo de calidad de aguas.

Es así que el 2012 en la comisión de servicio a la DR-Huánuco, se realizó el monitoreo de los parámetros físicos con el Multiparámetro HQ40D con sondas Intellicall, para realizar mediciones de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura in situ (se tomaron de dos a tres lecturas para garantizar la fiabilidad de las lecturas registradas en el instrumento).

Finalmente se tomó una muestra al azar en botellas de plástico, para luego proceder a sellar, describir, catalogar y preservar la muestra para su respectivo análisis. Conservando las botellas de plástico debidamente identificadas y colocadas en un cooler para su conservación y transporte.

### 6.3 Trabajo de gabinete y laboratorio

Determinación de parámetros físicos-químicos de muestras seleccionadas mediante el análisis con los equipos: turbidímetro, titulador y espectrofotómetro; realizando procesos de titulación y colorimetría. Luego de realizar los respectivos análisis, se procede a evaluar e interpretar los datos obtenidos, (ver **Fotos 12 y 13**) seleccionando la siguiente clasificación de los ríos según su uso, para cada cuenca, quedando tal como sigue:

- *Clasificación del río Cañete:* Categoría 3 “Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales”.
- *Clasificación del río Mala:* Categoría 3 “Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales”.
- *Clasificación del río Lurín:* Categoría 3 “Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales”.
- *Clasificación del río Rímac:* Categoría 1 Sub categoría A2 “Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional”.
- *Clasificación del río Chillón:* Categoría 1 Sub Categoría A2 “Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional”.
- *Clasificación del río Ch-Huaral:* Categoría 3 “Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales”.

Se ha intentado replicar las metodologías para determinar los índices de calidad de agua, pero lo recomendable sería tener por lo menos una evaluación mensual o trimestral para poder tener algún resultado representativo.



Foto 12: Titulación



Foto 13: Espectrofotometría- colorimétrica

## VII. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

De los análisis físicos-químicos obtenidos de las muestras de agua muestreados en la presente comisión de servicios tenemos la siguiente tabla con los resultados de los análisis de las muestras, ver **Tabla 3**:

**Tabla 3.** Valores de los parámetros físicos monitoreados en la comisión.

	Río Cañete H-Socsi	Río Cañete H-Pacaran	Río Mala H-La Capilla	Río Lurín H-Antapucro	Río Ch. Huaral H-Sto. Domingo	Río Rímac H-Chosica	Río Rímac H-San Mateo	Río Blanco H-Río Blanco	Río Chillón H-Pariacancha	Río Chillón H-Obrajillo	Río Chillón H-Pte. Magdalena
Fecha	01/12/2012	01/12/2012	02/12/2012	03/12/2012	30/11/2012	03/12/2012	03/12/2012	04/12/2012	04/12/2012	04/12/2012	29/11/2012
Hora	10:35 a.m.	14:45:00 p.m.	10:50 a.m.	07:50 a.m.	11:20 a.m.	13:55 p.m.	16:47:00 p.m.	09:30 a.m.	13:38 p.m.	17:12 p.m.	11:00 a.m.
Q	4.97	0	3.24	1.66	8.66	31.77	12.5	2.57	2.25	5.21	3.49
pH	7.68	6.95	8.16	7.98	8.26	6.68	6.83	7.76	6.97	7.69	7.59
T (°C)	26.5	22.2	22.6	18.6	22.6	24	16.3	15	11	12	20.7
CE (us/cm)	384	400	377	400	364	372	563	155	217	433	676
TDS (mg/l)	175	199.7	191.3	203	174.3	205	343	102.2	139.7	280	341
OD (mg/l)	7.24	7.09	8.83	8.44	8.08	6.56	5.13	6.96	6.1	8.97	6.1
Alcalinidad (ppm)	120	180	120	120	120	80	240	80	80	100	120
Sulfato (mg/l)	70	72	48	69	55	91	97	23	76	116	118
Fosfato (mg/l)	0.08	0.13	0.15	0.29	0.14	0.49	0.35	0.13	0.08	0.12	0.05
NO3 (mg/l)	0.8	0.7	1.4	0.8	0.9	0.1	0.9	0.5	1.1	0.5	1.5
NO2 (mg/l)	0.001	0.002	0.004	0.005	0.001	0.006	0.012	0.005	0.003	0.017	0.004
Cobre (mg/l)	0.06	0.01	0.08	0.08	0.08	0.82	1.855	0.04	0.15	0.21	0.30
Cromo +6 (mg/l)	0.01	0.02	0.02	0.01	0.027	0.026	0.08	0.015	0.04	0.08	0.16
Fierro (mg/l)	0.05	0.03	0.08	0.03	0.03	0.94	1.97	0.08	0.26	0.15	0.05
Iodine (mg/l)	0.12	0.19	0.23	0.05	0.03	0.49	1.21	0.16	0.17	0.15	0.07
Cloruro (mg/l)	37.75	24	72	53.25	82.5	29	41.75	12.25	13.5	27.25	59
Turbidez (NTU)	2.29	2.21	3.3	1.05	5.43	42.5	132	6.83	2.07	27.25	5.79

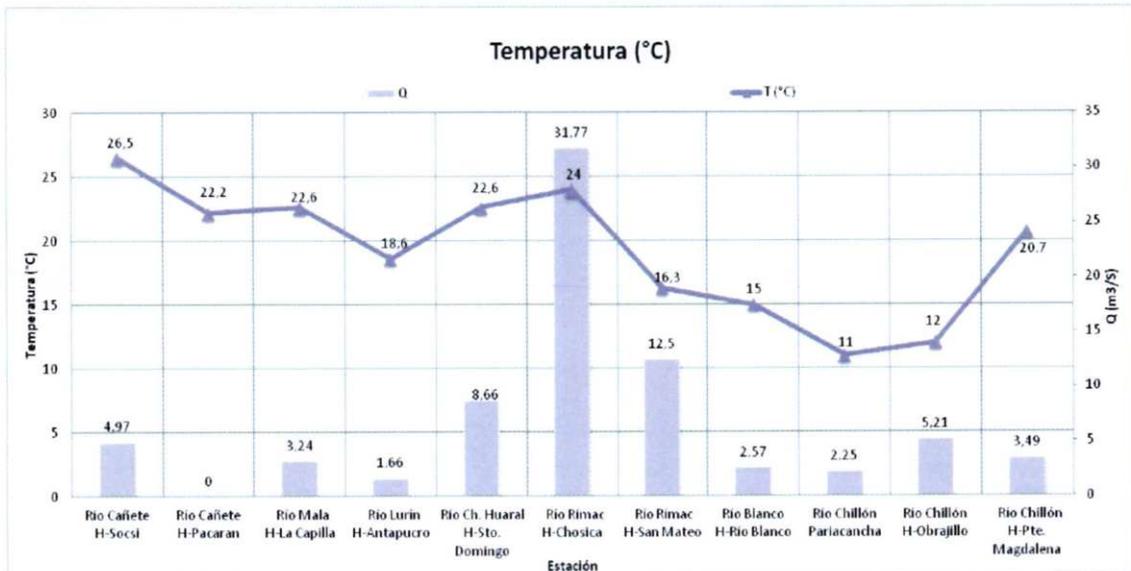
Fuente: Elaboración propia, diciembre de 2012.

## VIII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### Propiedades Físicas

#### ➤ Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos; esta va descendiendo conforme se va ganando altura, este comportamiento se ve reflejado a continuación en la **Figura 4**.



**Figura 4:** Comportamiento de la Temperatura en los puntos de control.

Fuente: Elaboración propia

#### ➤ pH

De los parámetros monitoreados podemos concluir que los valores obtenidos en campo se encuentran dentro de los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM, según categoría de clasificación) cumpliendo así la norma. Ver **Figura 5**.



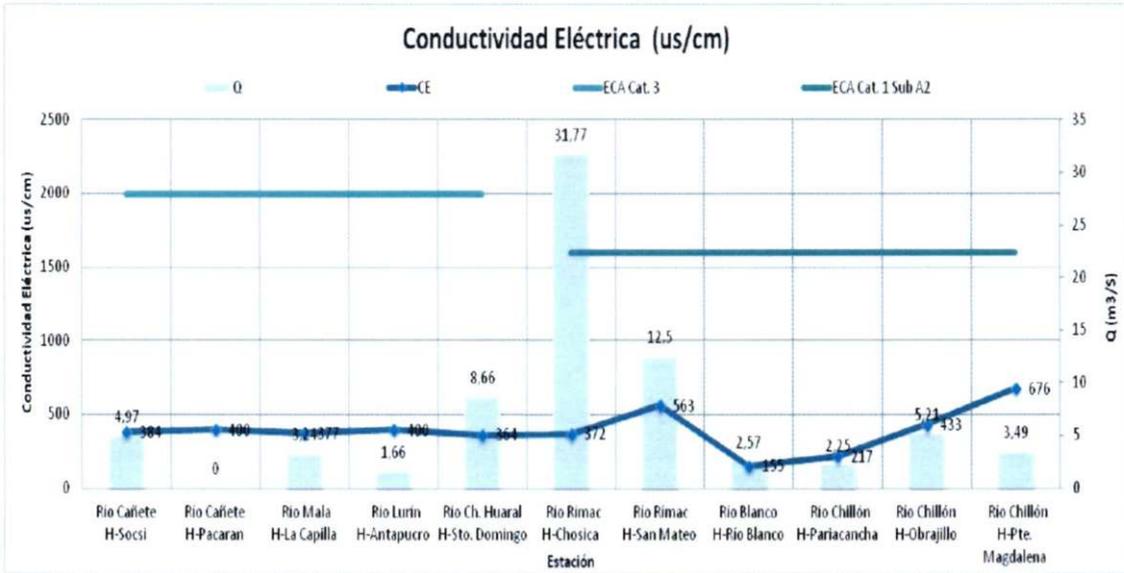
**Figura 5:** Variabilidad de pH en los ríos monitoreados.

Fuente: Elaboración propia

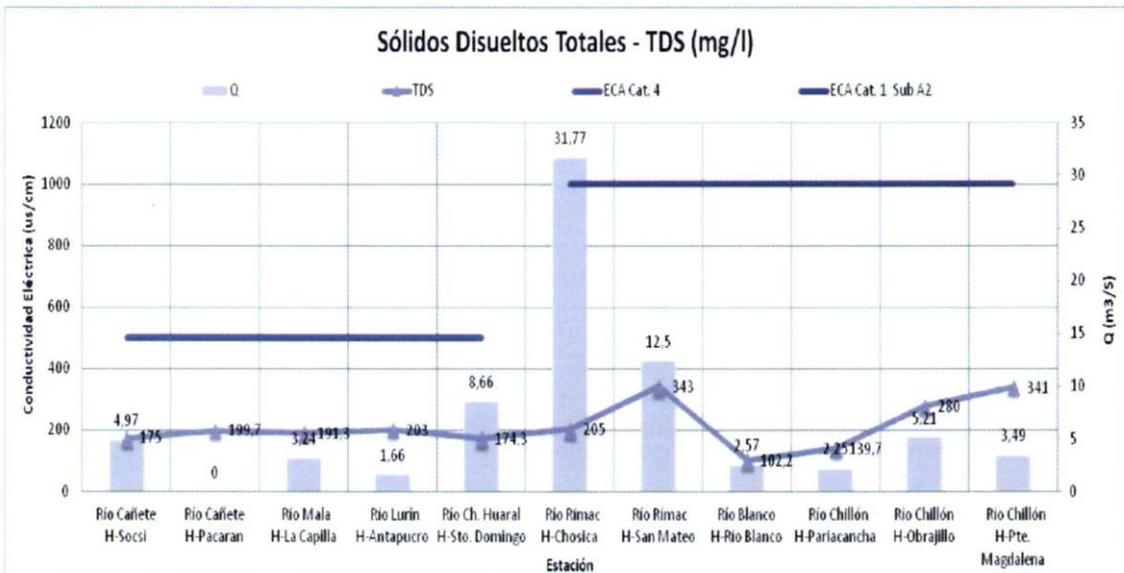
Así tenemos que los valores obtenidos de pH se encuentran dentro del rango neutro-alkalino, siendo el valor 6,68 correspondiente a la Estación de Chosica (río Rímac), el menor valor con tendencia a la acidez.

➤ **Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales(TDS)**

En cuanto a los valores de conductividad eléctrica (CE) todos están por debajo del límite establecido según categoría 1 y 3 respectivamente, lo que representa valores relativamente bajos indicando que tienen poca cantidad de sales disueltas presentes en sus aguas, ver **Figura 6 y 7**.



**Figura 6.** Variabilidad del caudal y conductividad eléctrica obtenidos.  
Fuente: Elaboración propia

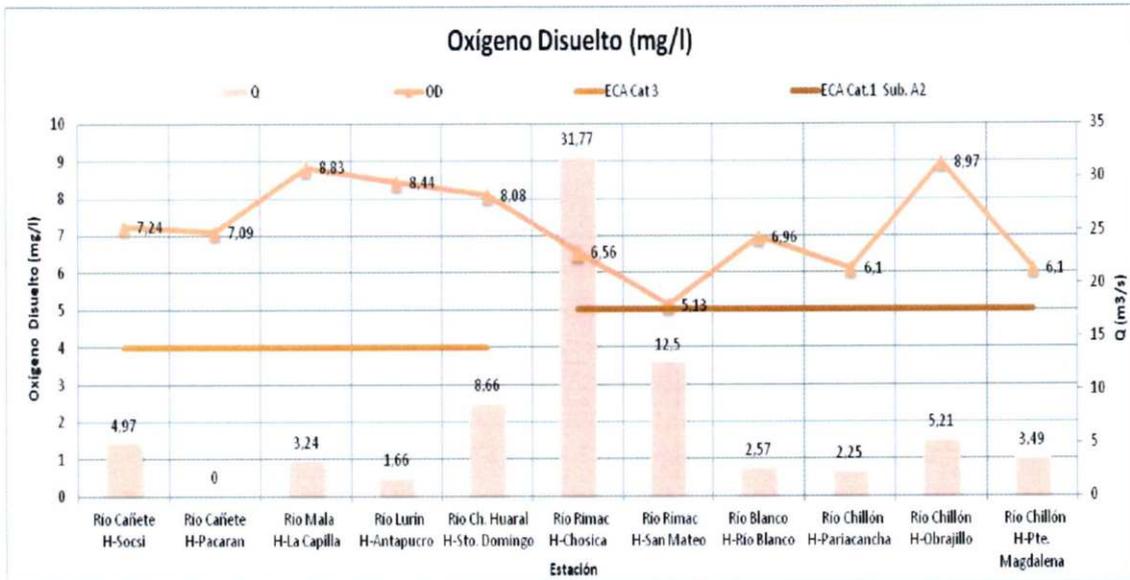


**Figura 7.** Variabilidad de los sólidos disueltos totales obtenidos.  
Fuente: Elaboración propia

➤ **Oxígeno Disuelto**

En cuanto a la presencia de oxígeno esta se ve favorecida por cierto grado de turbulencia y pendiente que favorecen a un contacto entre el agua y la atmósfera lo que permite una buena oxigenación a pesar de presentar

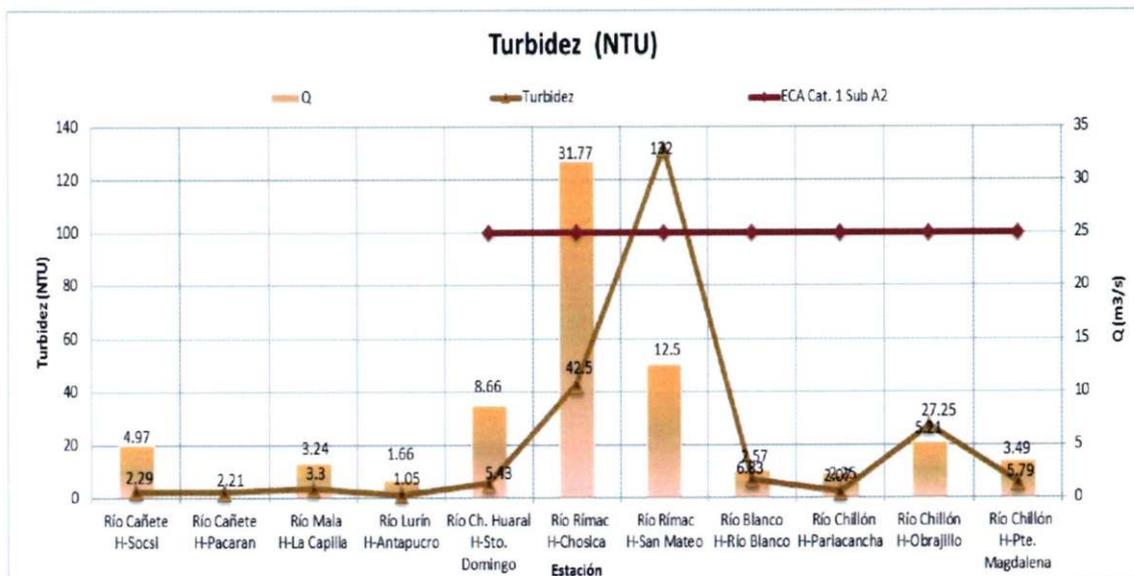
materiales en suspensión, que pueden dar soporte a la vida vegetal y animal, como el caso del río Cañete con valores de oxígeno aceptable que permite la presencia de camarones en sus aguas.



**Figura 8.** Variabilidad del oxígeno disuelto de los ríos monitoreados.  
Fuente: Elaboración propia

➤ **Turbiedad**

Para los ríos de clasificación según su uso de Categoría 3 agua para riego y bebida de animales no hay mayor problema porque la norma de estándar de calidad de agua (ECA) no indica un valor de referencia; sin embargo para la Categoría 1 Sub categoría A2 (donde están comprendidos los ríos Rímac y Chillón) nos encontramos que la muestra del río Rímac en la estación San Mateo superó el valor establecido por norma para ese día de muestreo (03 de diciembre de 2012). La observadora de la estación manifiesta que eventualmente el agua se torna turbia debido a la presencia de relaves.



**Figura 9.** Variabilidad del caudal y turbiedad obtenidos.  
Fuente: Elaboración propia

➤ **Alcalinidad**

La alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa (Tabla 4).

Tabla 4. Rangos de alcalinidad.

Rango	Alcalinidad (mg/L CaCO3)
Baja	< 75
Media	75 -150
Alta	> 150

\* Datos tomados de Kevern (1989). Nota: 1 ppm = 1 mg/L

La alcalinidad nos indica la capacidad del agua de neutralizar evitando que los niveles de pH lleguen a ser excesivamente básicos o ácidos. Los valores obtenidos de los análisis nos representan aguas de rango medio cuyo valores de alcalinidad fluctúan entre 75 – 150 mg/l CaCO<sub>3</sub>, a excepción de las muestras del río Cañete (HLM-Pacarán) y el río Rímac (HLG-San Mateo) cuyos valores exceden los 150mg/l haciendo de éstas aguas de alta alcalinidad que se verían representadas en la presencia de contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos así como también a la presencia de algunas sales débiles como nitratos y fosfatos. Ver Figura 10.

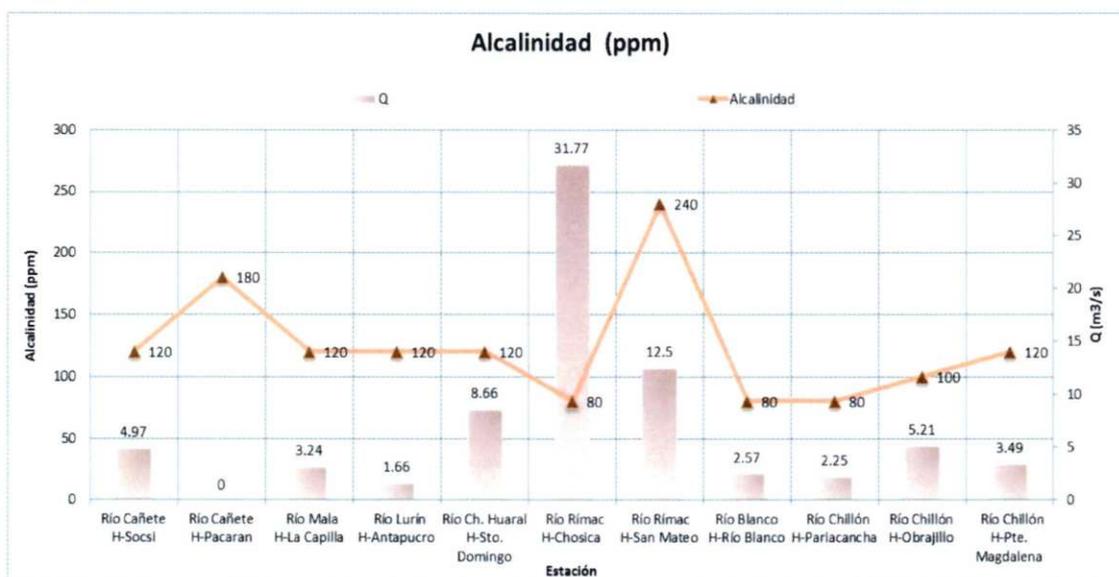


Figura 10. Variaciones de la alcalinidad obtenidos del análisis.

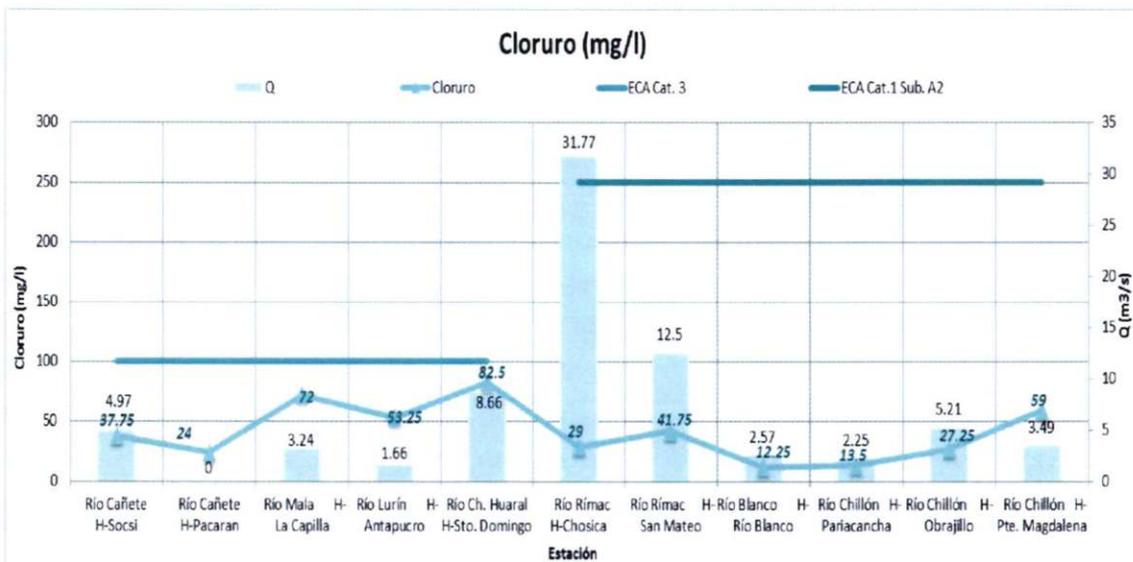
Fuente: Elaboración propia

**Propiedades Químicas**

➤ **Cloruro**

Como se sabe un alto grado de concentración de cloruros alteraría la potabilización de la fuente de agua además produciría problemas fisiológicos digestivos y renales en los seres humanos y animales del

mismo modo produce corrosión de tuberías y equipos si se decide emplearla en utilidad industrial. De los resultados obtenidos y la **Figura 11** determinamos que todas las muestras analizadas están por debajo del valor establecido en el ECA según categoría correspondiente, pudiendo ser empleada en riego de vegetales de alto y bajo tallo pues el índice permisible está entre 100 -700 mg/L (Categoría 3) y pudiendo de ser usado para uso poblacional o recreacional previa desinfección (Categoría 1, sub A2).

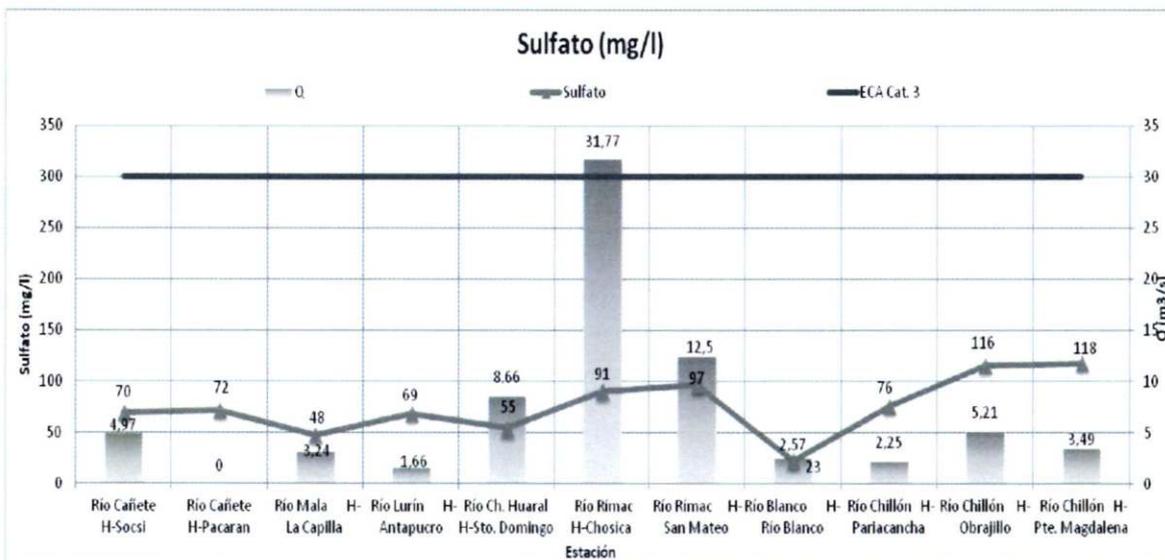


**Figura 11.** Variabilidad de cloruro y caudales obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Sulfato**

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. A continuación se presenta la variabilidad del sulfato en los ríos monitoreados (ver **Figura 12**).



**Figura 12.** Variabilidad del caudal y sulfatos obtenidos.

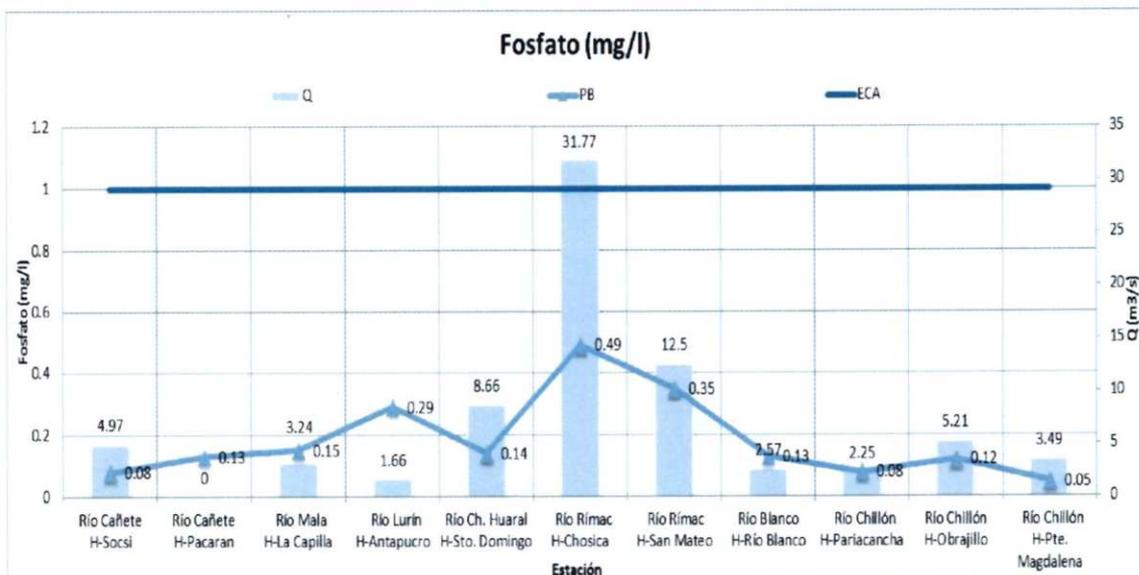
Fuente: Elaboración propia

La presencia de sulfatos puede provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido; además un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio.

El ECA Agua Cat. 1 Sub A2 Puso poblacional y recreacional no establece un umbral para este parámetro mientras que en la Cat. 3 Riego de Plantas y bebidas de animales establece que este parámetro no deba exceder del 300 mg/l, valores que las muestras evaluadas están cumpliendo.

### ➤ Fosfato

Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos; otra fuente importante son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales. El ECA Agua Cat. 3 Riego de Plantas y bebidas de animales establece que este parámetro no deban exceder de 1 mg/l, valores que las muestras evaluadas están cumpliendo. La Categoría 1 Sub A2 no señala un límite como umbral por lo que se consideró prudente tener alguna referencia asumiendo el valor del ECA Agua Cat. 3, así concluimos que las aguas del río Rímac en sus estaciones Chosica y San Mateo son las muestras cuyos valores son los más elevados en cuanto a concentración de Fosfatos se refiere.



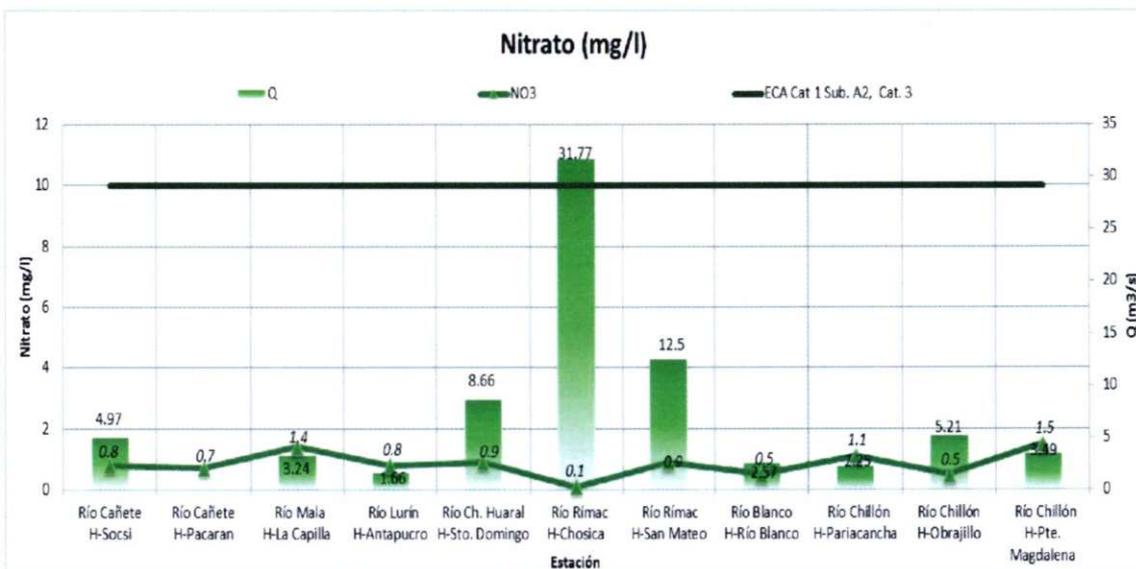
**Figura 13.** Variabilidad del fosfato y caudales obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Nitratos y Nitritos**

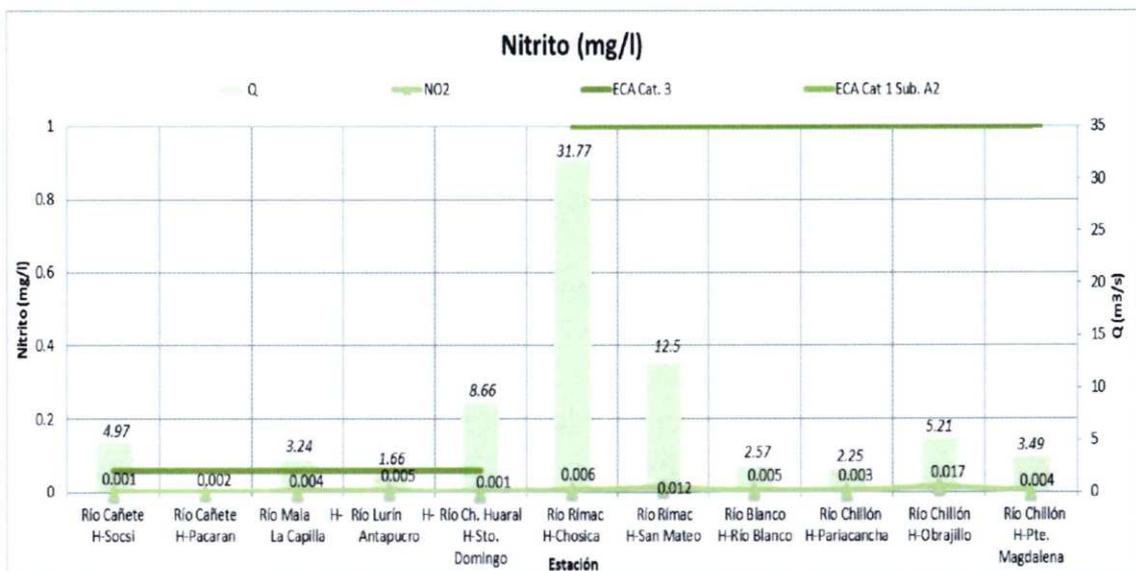
El Nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoniaco, nitratos y nitritos. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoniaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y de animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

El valor del ECA para Nitrato es igual en las categorías 1 y 3, en la **Figura 14** se observa el comportamiento de los valores obtenidos cumpliendo la norma.



**Figura 14.** Variabilidad del Nitrato y caudal obtenidos.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 15.** Variabilidad del Nitrito y caudal obtenidos.

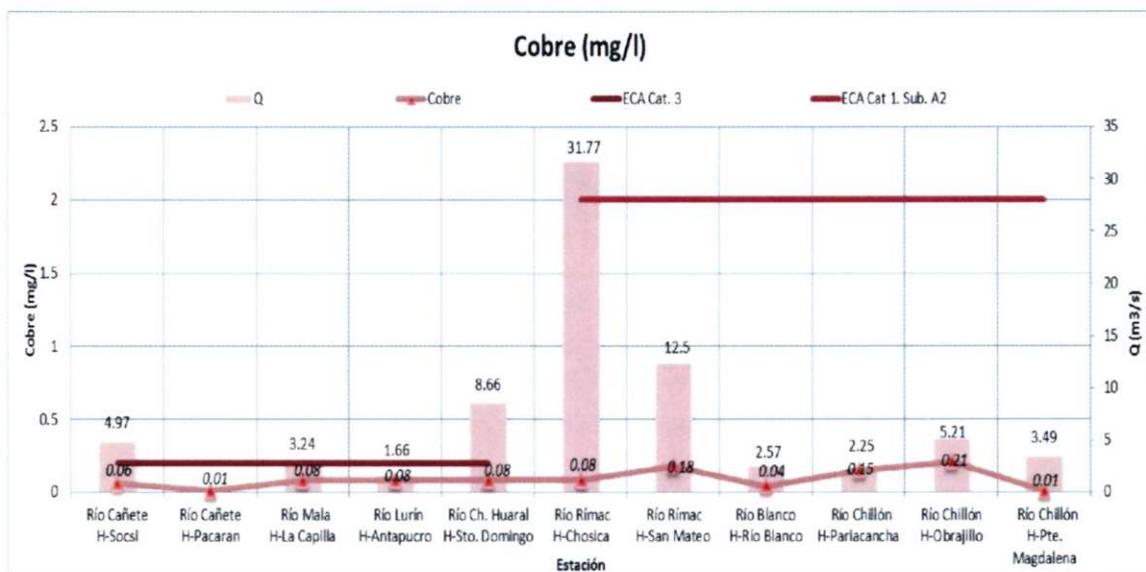
Fuente: Elaboración propia

El valor del ECA para Nitrito varían para las categorías 1 y 3, en la **Figura 15** se observa el comportamiento de los valores obtenidos que están cumplen la norma.

### ➤ Cobre, Cromo, Hierro y Yodo

El cobre con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud, sin embargo si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Los peces son especialmente sensibles pues al actuar como alguicida, elimina la capacidad de captación de oxígeno del agua y disminuye el OD que ya no hace posible el desarrollo de estas especies.

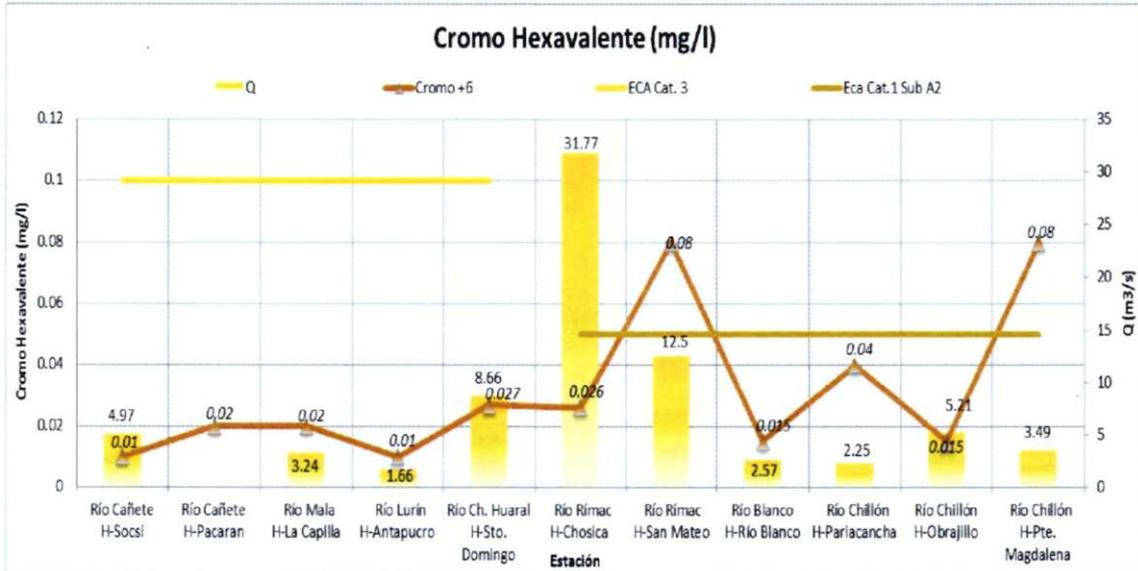
De las muestras evaluadas los resultados obtenidos se encuentran por debajo del ECA Agua Categoría 3 y Categoría 1, Sub A2, cumpliendo de esta manera lo establecido, ver **Figura 16**.



**Figura 16.** Variabilidad del caudal y cobre obtenidos.

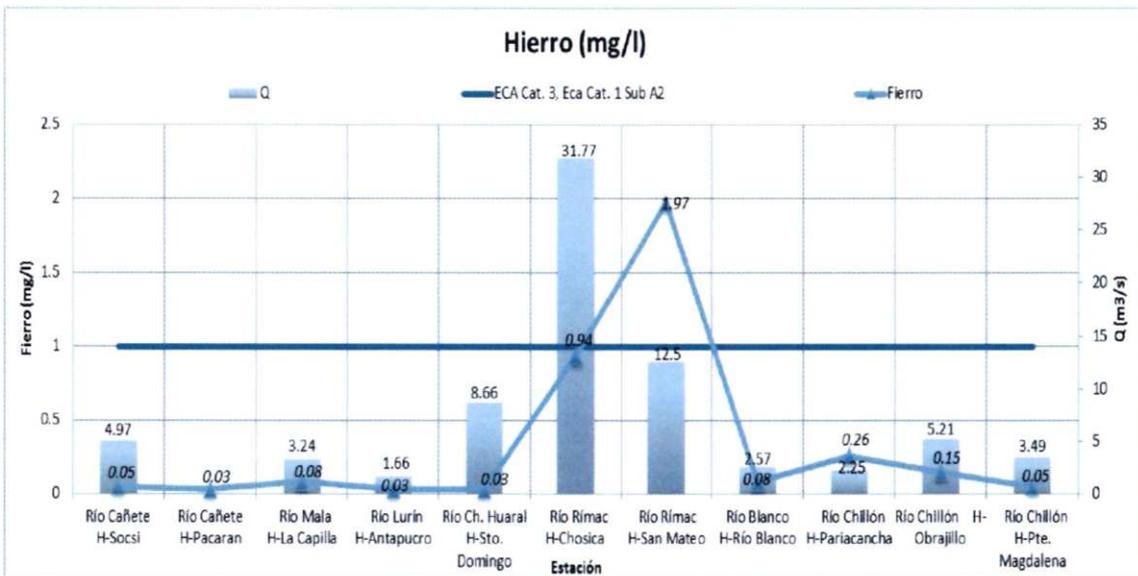
Fuente: Elaboración propia

El cromo hexavalente es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos, usualmente son de origen antropogénico. La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. En este caso el ECA AGUA Categoría 1 Sub A2 es más estricto en cuanto a la presencia de Cromo +6 en agua dando como umbral el valor de 0,05; dicho valor es superado por las muestras del río Rimac y Chillón en sus estaciones de San Mateo y Puente Magdalena respectivamente; según se observa en la **Figura 17**.



**Figura 17.** Variabilidad del caudal y Cromo Hexavalente obtenidos.  
Fuente: Elaboración propia

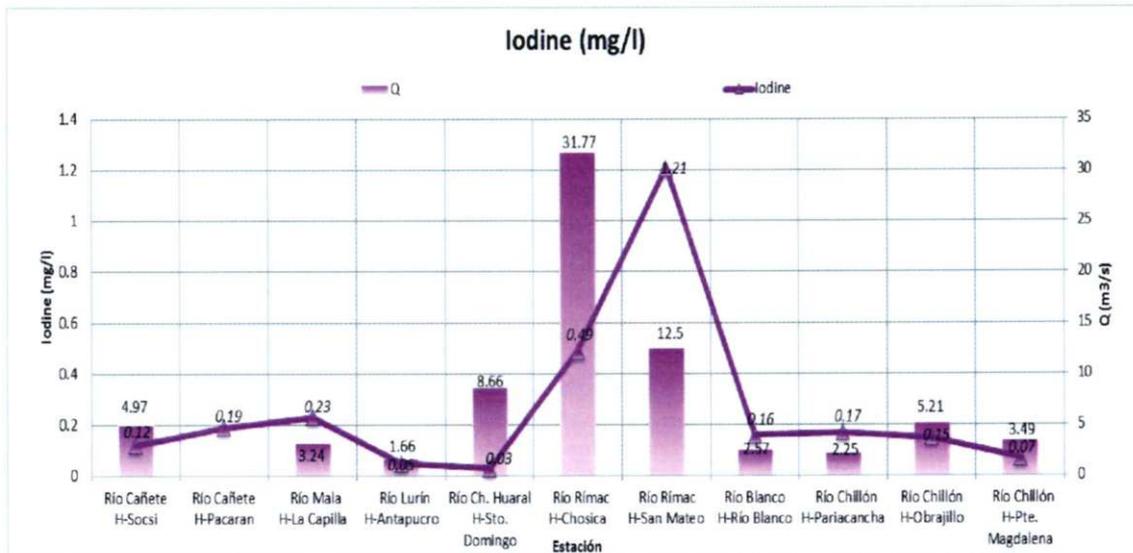
Para el parámetro Hierro, que es un constituyente del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en cantidades comúnmente encontradas en las aguas superficiales, pero en excesiva cantidad puede afectar su sabor, así como causar alteraciones en la turbiedad y el color del agua. De las muestras analizadas éstas cumplen lo permitido por el ECA Agua, categoría 3, y 1 sub. A2, tal como se muestra en la **Figura 18**, a excepción de la muestra del río Rímac en la estación San Mateo que presentó valores que superó el umbral y otro muy cercano a él la estación de Chosica en el mismo río.



**Figura 18.** Variabilidad del caudal y Hierro obtenidos.  
Fuente: Elaboración propia

El Yodo, puede encontrarse en el aire, el agua y el suelo de forma natural. Las fuentes más importantes de yodo natural son los océanos. El yodo parece ser un elemento que, en cantidades muy pequeñas, es esencial para la vida animal y vegetal, los valores obtenidos después del

análisis se muestran en la **Figura 19**. El ECA agua no muestra un valor o rango establecido para este parámetro.



**Figura 19.** Variabilidad del caudal y el Yodo obtenidos.  
Fuente: Elaboración propia

## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

- ✓ Basándonos en la norma legal del estándar de calidad de agua para la categoría 3 de riego de plantas y bebidas de animales y la categoría 1, Sub A2, los resultados de los parámetros físicos de las muestras de agua recolectada presentan valores de pH que oscilan dentro del rango 6,68 a 7,76 siendo el valor más bajo correspondiente a la estación Chosica del río Rímac el valor con tendencia a la acidez. Respecto a la concentración de oxígeno disuelto, presentan niveles mínimos de conservación de ecosistemas acuáticos que varían de 5,13 a 8,97 mg/l; el valor sugerido mínimo por el ECA Agua es de 4 y 5 mg/l de oxígeno disuelto según categoría 3 y 1 respectivamente. La conductividad eléctrica fluctúa entre 272 y 676 uS/cm valores que representan una baja mineralización.
  
- ✓ Cabe mencionar que los ríos monitoreados se encontraban en un periodo de transición del período de estiaje al período lluvioso, es así que el momento del muestreo se presentaron lluvias en las partes altas de las cuencas del Rímac y Chillón, estas lluvias han podido influir en el muestreo ocasionando algunos deslizamientos de tierras influyendo de esta manera en la medida de turbiedad y otras concentraciones, además como se mencionó la observadora de San Mateo hizo mención del arroyo de algunos relaves en la parte alta de la cuenca del río Rímac, hecho que no ha sido confirmado.
  
- ✓ Por otro lado no se encontró concentraciones excesivas de Sulfatos o Fosfatos, y los valores de los nutrientes como Nitrito y Nitrato están dentro de lo establecido.
  
- ✓ Respecto a las mediciones de la alcalinidad, las muestras reflejaron que son aguas de mediana alcalinidad, a excepción de la del río Rímac en la estación San Mateo y el río Cañete en la estación Pacarán (aquí se venían haciendo trabajos de construcción de un puente para tránsito vehicular).
  
- ✓ En cuanto a las concentraciones de cobre las aguas están dentro de lo permitido por la Norma Legal correspondiente al ECA Agua para cada categoría respectivamente; mientras que las concentraciones Cromo +6 y Hierro los valores cumplen la ECA agua a excepción de las muestras de las estaciones de San Mateo (Río Rímac) y Puente Magdalena (río Chillón) que exceden dicho valor.

### 9.2 Recomendaciones

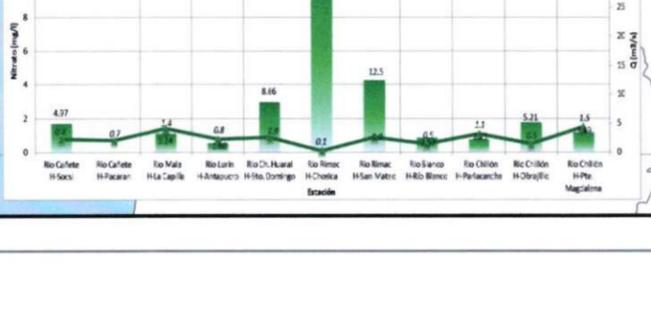
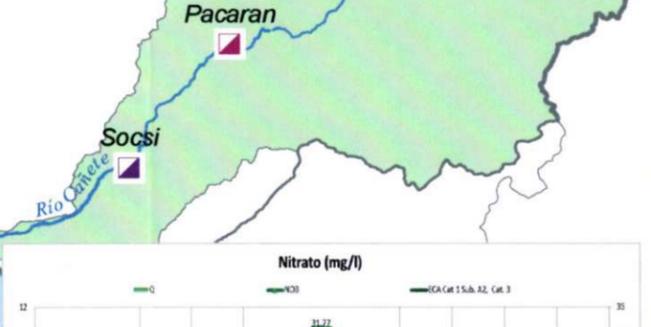
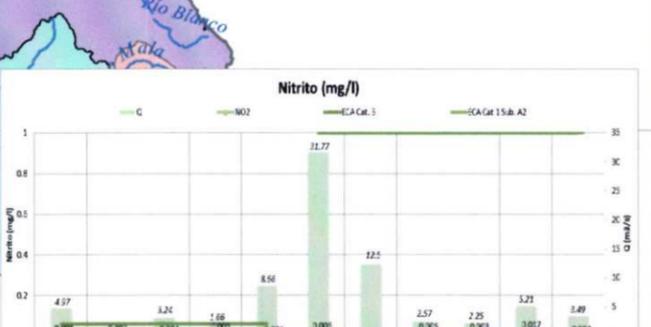
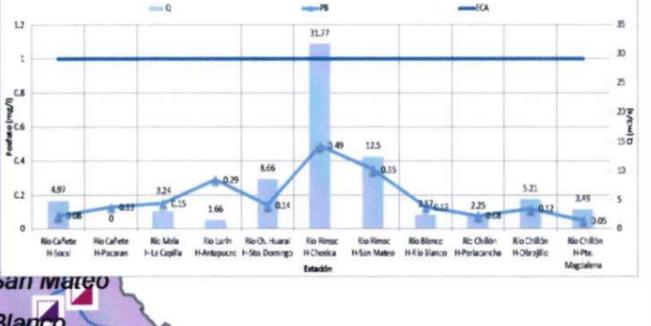
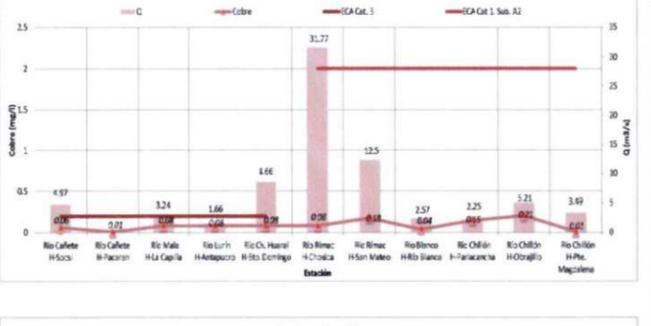
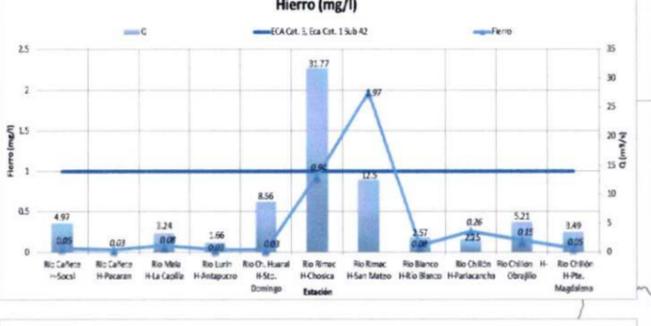
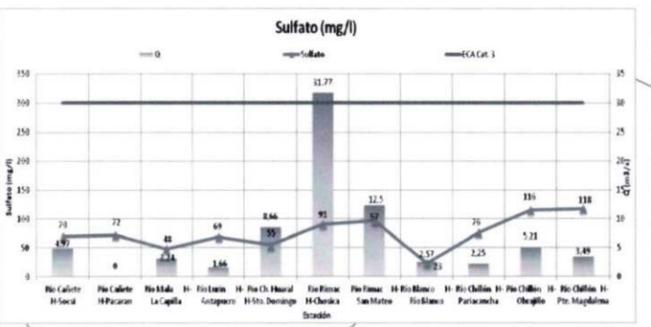
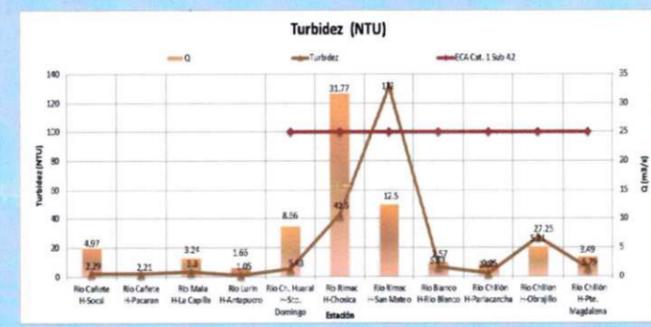
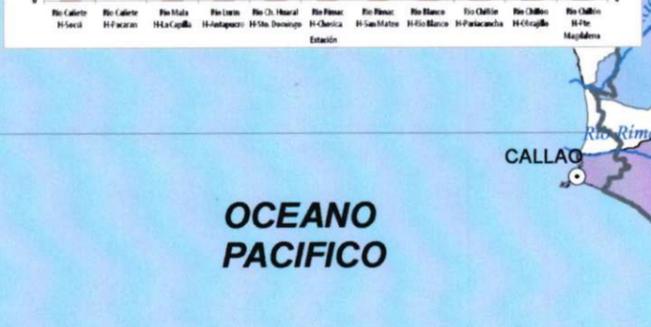
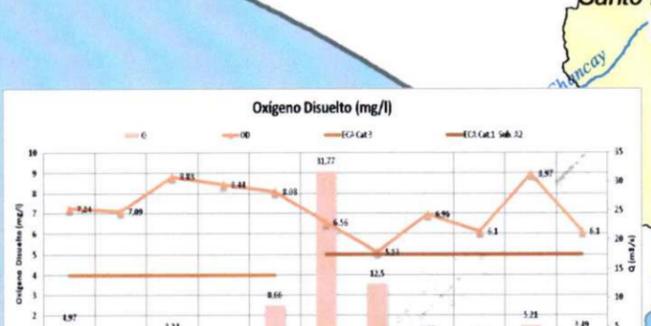
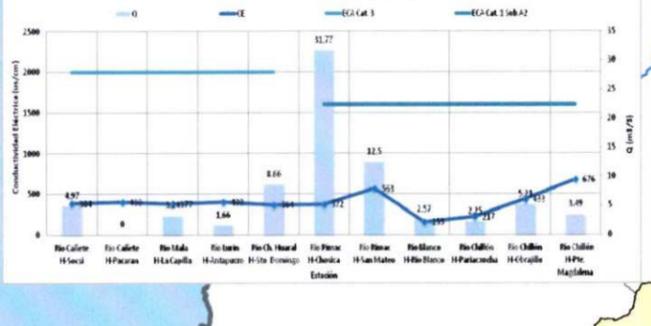
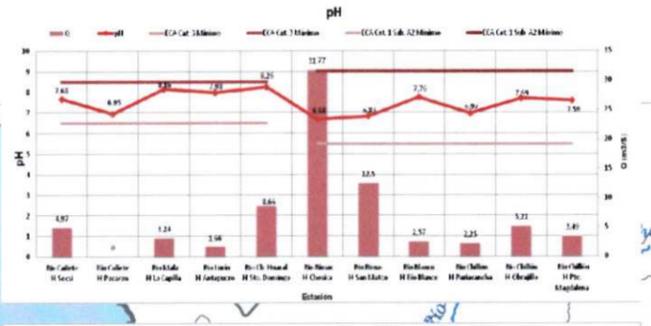
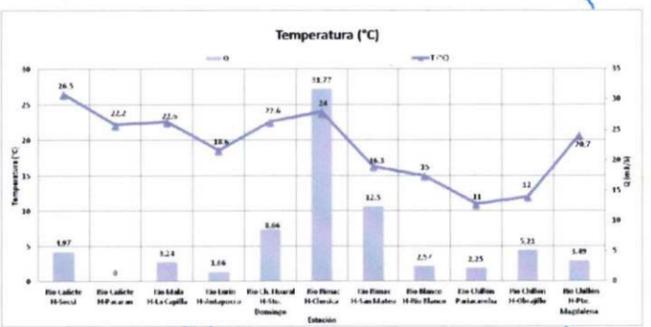
- ✓ Se recomienda realizar análisis de orden biológico (bioquímico) en este caso referente a coliformes totales y termo resistentes para

medir la cantidad de contaminación biológica, debido a que los ríos monitoreados son usados como relleno sanitario; este debe ser un análisis previo al análisis químico.

- ✓ Se recomienda realizar el análisis Químico de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) principalmente en las nacientes y los afluentes de estos ríos de modo que podamos medir hasta donde se conserva la pureza o grado de contaminación y si aún podemos emplear dichas aguas en la conservación de la vida vegetal y medio acuático; esta debe ser una prueba previa al análisis químico.
- ✓ Se recomienda almacenar las muestras tomadas a una temperatura de 15 °C en un cooler o cámara refrigerante, evitando a toda costa la exposición por mucho tiempo a altas temperaturas o a las fluctuaciones de temperatura.
- ✓ Se recomienda realizar los análisis fisicoquímicos de manera periódica: los físicos cada 7 días y los químicos 1 vez al mes como mínimo, de modo que se pueda monitorear, controlar, prevenir y dar solución a posibles contaminaciones.
- ✓ Se recomienda poder instalar sensores de calidad de agua en medición tiempo real en nuestras estaciones automáticas con el fin de monitorear la variabilidad horaria de los parámetros físicos.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- CEDDET, Módulo 4: Herramientas y experiencias en proyectos aplicados (Índices e Indicadores de calidad e Agua. 2012. Curso de Calidad de Aguas 2da Edición.
- CGTA, Handbook II Programa de Especialización en Monitoreo y Evaluación de la Calidad Ambiental: Agua, UNALM 2007.
- HACH, Water analysis handbook, USA, 2002
- Pertusi, Laura. Biología del agua. Contaminación 2012. Pg 4.
- Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 8, no. 15 especial, pp 79-94 – ISSN 1692-3324 – julio-diciembre de 2009/150 p. Medellín, Colombia.
- U.S EPA, Elements of a State Water Monitoring and Assessment Program, 2003.  
<http://www.epa.gov/owow/monitoring/repguid.html>
- U.S. EPA, Consolidated Assessment and Listing Methodology – Toward a Compendium of Best Practices, 2002.  
<http://www.epa.gov/owow/monitoring/calm.html>
- UNESCO-WHO-UNEP, Water Quality Assessment - A Guide to the Use of Biota Sediments and Water in Environmental Monitoring, Chapman & Hall, London-England, 1992.
- WMO Operational Hydrology report N° 27, Manual on water-quality monitoring – Planning and implementation of sampling and field testing, Geneva, 1988



OCEANO PACIFICO

Santo Domingo  
Pariacancha  
Obrajillo

Pte Magdalena  
San Mateo  
Rio Blanco

Chosica  
Antapucro  
LIMA

La Capilla  
Rio Omas

Pacaran  
Soesí

**Leyenda**

- Hidrológica Limnigráfica
- Hidrológica Limnimétrica
- Red\_Hídrica
- Dep. Lima

PERÚ Ministerio del Ambiente  
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI

**MAPA DE RESULTADOS OBTENIDOS CALIDAD DE AGUA - LIMA**

Fecha: Diciembre 2012 Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos

