

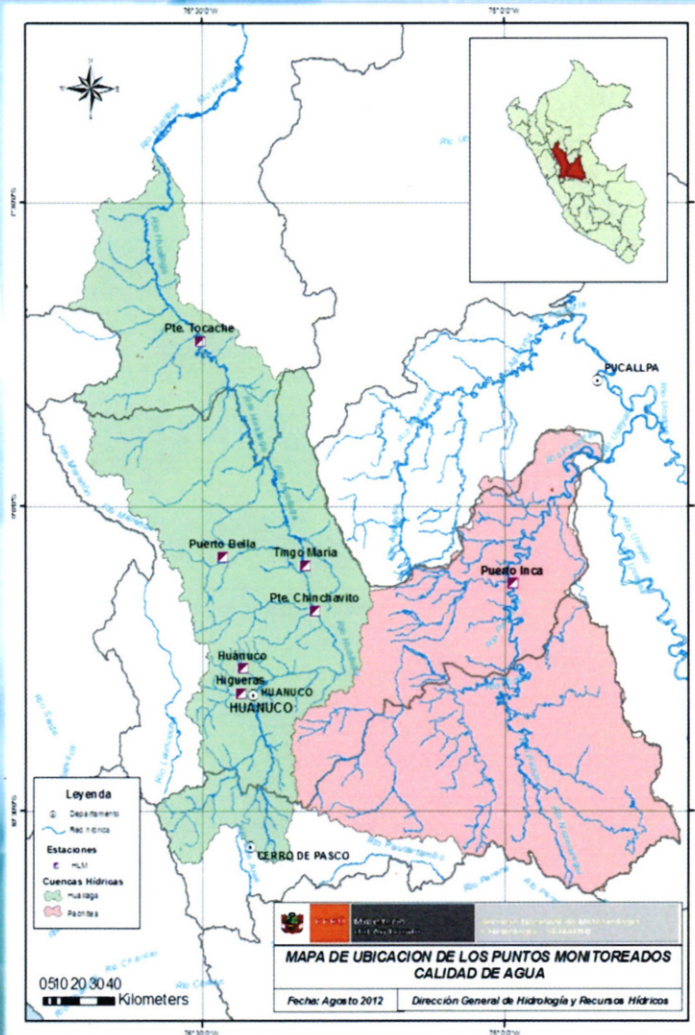


PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHI

INDICADORES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA CUENCAS DE LOS RÍOS HUALLAGA Y PACHITEA



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
Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

**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 Ordoñez Galvez

Diciembre

LIMA – PERÚ

2012

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	4
II. OBJETIVOS	4
III. GENERALIDADES	5
IV. ÁREA DE ESTUDIO	11
V. EQUIPOS Y MATERIALES.....	15
VI. METODOLOGÍA	16
VII. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	17
VIII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	18
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
X. BIBLIOGRAFÍA	29

INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LAS CUENCAS DEL RÍO HUALLAGA Y PACHITEA

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 la comisión de servicio a la jurisdicción de su DR-Huánuco, realizando el monitoreo de los ríos Huallaga (con algunos tributarios) y el Pachitea puntualmente en las estaciones hidrométricas instaladas, cuyos análisis y resultados desarrollados en el tema se presentan como indicadores de calidad de agua que se detallan en el presente informe.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua puntual en las estaciones hidrométricas de la cuenca del río Huallaga y algunos de sus tributarios, así como en el río

Pachitea.

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 Huallaga y Pachitea.

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 está 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 de Agua” estuvo asociado con la utilización del agua para consumo humano, la expansión y el desarrollo de los asentamientos 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 Agua, 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, O₂, 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 la Dirección Nacional de Medio Ambiente, del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Argentina.

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

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 _i : peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro I _i : 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 _i : peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro I _i : 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.

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 diferente a la vigilancia o la evaluación puntual del estado de un sistema.

- **Estándares Ambientales**

El Estándar de Calidad Ambiental (**ECA**) y el Límite Máximo Permissible (**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).

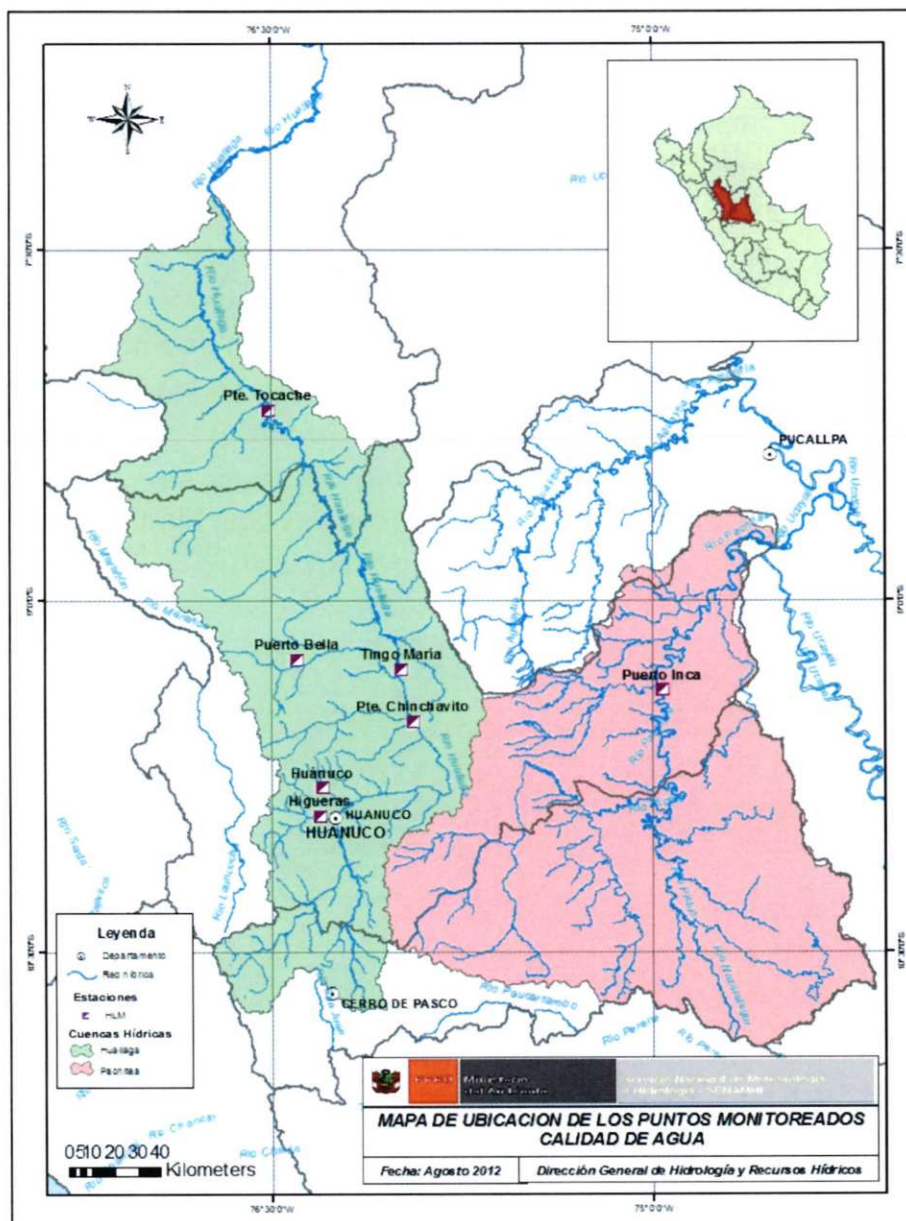


Figura 2. Ubicación de la Red Monitoreada

Fuente: Elaboración propia

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

Río	Estación	Departamento	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Higueras	Higueras	Huánuco	76° 18' 35"	09° 55' 16"	2020
Huallaga	Ciudad de Huánuco	Huánuco	76° 18' 00"	09° 48' 00"	1852
Chinchavito	Pte. Chinchavito	Huánuco	75° 56' 32"	09° 30' 54"	802
Huallaga	Pte. Tocache	San Martín	76° 30' 28"	08° 11' 04"	508
Pachitea	Puerto Inca	Huánuco	74° 57' 39"	09° 22' 53"	249
Monzón	Puerto Bella	Huánuco	76° 24' 00"	09° 15' 00"	701
Huallaga	Tingo María	Huánuco	75° 59' 16"	09° 17' 31"	691

Fuente: Elaboración propia

- **Río Huallaga**

El río Huallaga tiene su origen al Norte del Nudo de Pasco, a más de 4,500 msnm. El río Huallaga es el principal afluente del Bajo Marañón, por su margen derecha. Las aguas de este río descienden a través de un cauce estrecho y rocoso, formando los valles interandinos de Ambo y Huánuco, importantes por las vastas plantaciones de caña de azúcar. Asimismo encontramos los extensos valles de Tingo María y Huallaga Central, en la Selva Alta de Huánuco y San Martín. Entre la Cadena Central y la Cadena Oriental de los Andes del Norte, se encuentra su curso medio, siguiendo la dirección de Sureste a Noreste. Al Noroeste de San Martín corta la Cadena Oriental en el Pongo de Aguirre, dirigiéndose luego en dirección Norte, hasta desaguar en el río Marañón. Después del Pongo de Aguirre incursiona en la Llanura Amazónica. A su orilla izquierda se localiza el Puerto de Yurimaguas. El río Huallaga forma un extenso valle de Selva Alta, entre Huánuco y San Martín, el cual tiene un gran desarrollo agrícola (Ver **Fotos 1 y 2**).

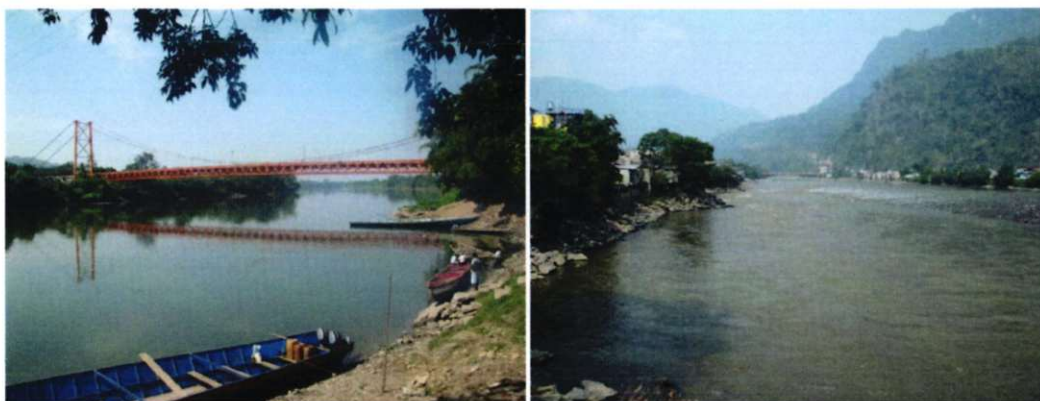


Foto 1. Río Huallaga, en el Pte. Tocache **Foto 2.** Río Huallaga en Tingo María.

Los principales afluentes del río Huallaga, por la margen izquierda, son: el río Monzón, que desagua frente a Tingo María; el río Chontayacu, el río Tocache, el río Huallabamba, el río Saposoa, el río Sisa y el río Mayo, los cuales forman extensos e importantes valles. El río Mayo, el más importante de todos ellos, tiene una longitud aproximada de 230 km. y en su curso se emplazan las ciudades de Rioja, Moyobamba y Tarapoto. El río Huallaga por su margen derecha, cuenta un afluente importante, el río Biabo, que recorre paralelo al Huallaga, en una longitud aproximada de 180 km. y al río Tulumayo, al norte de Tingo María.

- **Río Monzón (Tributario del Huallaga)**

Nace en las lagunas altoandinas ubicadas al Oeste del distrito Marías a 4400 msnm. Sus aguas descienden por relieve montañosos de la Cordillera Oriental y desemboca en la margen izquierda del río Huallaga



Foto 3. Río Monzón, afluente del Huallaga.

a una altitud aproximada de 1200 msnm. Recorre el distrito de Monzón con dirección Oeste-Este. Es un río encajonado en su tramo inicial y muy torrentoso por la fuerte pendiente que presenta, es de aguas claras, con fondo rocoso pedregoso.

• Río Pachitea

Nace en las afueras del departamento de Huánuco, en las confluencias de los ríos Pichis y Palcazú, a unos 260 msnm, en las cercanías de Puerto Victoria, entre las localidades de Puerto Bermúdez y Ciudad Constitución. Sus aguas proceden de las alturas del Cerro Lautrec, de la laguna del mismo nombre, en el departamento de Pasco. Dentro de Huánuco, tiene una longitud aproximada de 300 km hasta su desembocadura en el río Ucayali. Su recorrido es sinuoso y de orientación Nor-Este, entre el llano aluvial y la Cordillera El SIRA. En su nacimiento, este río es encajonado y torrentoso y posteriormente, ya en el departamento de Huánuco, amplifica su cauce (100 m de ancho cerca a Puerto Inca y 220 m a la altura del centro poblado San Pedro de Baños) y disminuye su impetuosidad. En Huánuco, este río presenta dos sectores, el curso medio que tiene una pendiente leve del orden de 0,35% que determina que el agua discurra suavemente y no se produzca erosión en el cauce; y el curso inferior que se caracteriza por discurrir con mucha mayor lentitud en relación con los tramos anteriores y por la notable deposición de piedras, arena, troncos y ramas que arrastra desde su nacimiento. Sus tributarios son principalmente ríos y quebradas de aguas blancas y claras; durante la vaciante, presenta playas pedregosas y arenosas, siendo la segunda más frecuente en su tramo inferior.



Foto 4. Río Pachitea, en Puerto Inca.

Los límites geográficos de la cuenca son: la cordillera de Huaguruncho por el Oeste, la cordillera de San Carlos por el Sur, la cordillera El Sira por el Este y el río Ucayali por el Norte. Además, es cruzada de Norte a Sur por las

cordilleras de Yanachaga y San Carlos. La estación de lluvias se sitúa en los meses de enero a marzo, siendo los meses de junio a agosto la estación seca (época vaciante).

V. EQUIPOS Y MATERIALES

- Multiparámetro Digital Hach HQ40D (para medir insitu de los parámetros físicos del agua).
- 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.
- Soluciones Buffer
- Reactivos
- Agua destilada



Foto 4: Correntómetro SIAP (serie 2312).



Foto 5: Correntómetro SIAP (serie 2312).



Foto 6: Turbidímetro portátil 2100 Q.



Foto 7: 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 y calibración de rutina de los instrumentos a ser utilizados en el campo.

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 8 y 9**).

Se ha intentado replicar las metodologías para determinar los índices de calidad de agua, pero no tenemos periodicidad en la medición del muestreo, además debemos considerar las muestras obtenidas en

campo han sido tomadas en periodo de estiaje (mes de agosto) lo recomendable sería tener por lo menos una evaluación mensual.



Foto 8: Titulación



Foto 9: 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 lo siguiente (Tabla 2):

Tabla 2. Valores de los parámetros físicos monitoreados en la comisión.

	Río Higueras (H. Higueras)	Río Huallaga (Huánuco)	Río Huallaga (H. Tocache)	Río Pachitea (Pto. Inca)	Río Huallaga (H. Tingo María)	Río Huallaga (Pte. Chinchavito)	Río Monzón (Pte. Bella)
Fecha	06/08/2012	06/08/2012	08/08/2012	09/08/2012	11/08/2012	07/08/2012	12/08/2012
Caudal	2,61	--	285,8	323,1		6,96	
T° Agua (°C)	17	22,2	27,7	--	--	--	--
pH	7,4	7,5	7,2	7,36	6,85	7,36	6,96
CE (us/cm)	154,6	352	283	400	317	90,3	91,4
TDS (mg/l)	76,9	173,1	119,5	192	135,3	43,3	38,8
Sal (‰)	0,08	0,13	0,13	0,19	0,13	0,04	0,04
OD (mg/l)	7,49	8,32	8,06	8,42	8,36	8,22	8,54
Turbidez (NTU)	4,98	8,52	15,30	9,45	21,40	0,65	3,26
Yodo (mg/l)	0,07	0,21	0,31	0,15	0,12	0,08	0,20
Fosfato (mg/l)	0,35	0,89	0,19	0,06	0,31	0,09	0,10
Sulfato (mg/l)	7	70	36	43	39	3	9
Nitrito (mg/l)	0,003	0,005	0,006	0,005	0,002	0,036	0,004
Nitrato (mg/l)	1,2	1,6	0,5	1,4	0,6	1,0	0,9
Cobre (mg/l)	0,03	0,08	0,02	0,07	0,03	0,01	0,10
Cromo +6 (mg/l)	0,023	0,030	0,020	0,020	0,006	0,020	0,030
Fierro (mg/l)	0,11	0,06	0,20	0,07	0,22	0,03	0,34
Alcalinidad (ppm)	100	120	100	150	120	80	120
Cloruro (mg/l)	32,0	62,0	105,0	90,0	67,5	32,0	42,0
Dureza (mg/l)	76,8	167,2	86,4	109,6	109,6	43,2	28,6

Fuente: Elaboración propia, setiembre de 2012.

VIII. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Propiedades Físicas

➤ pH

De las muestras monitoreadas podemos concluir que los valores se encuentran dentro de los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático) así tenemos que los valores obtenidos de pH se encuentran dentro del rango neutro-alcalino, la mayoría con tendencia alcalina a excepción de las muestras de la estación de Tingo María, y Puente Bella que presenta un valor de 6.85 y 6,96 respectivamente que es ligeramente acida (debajo del valor neutro=7.00, pero dentro del valor establecido por el ECA agua de 6.5 – 8.5), ver **Figura 3**.

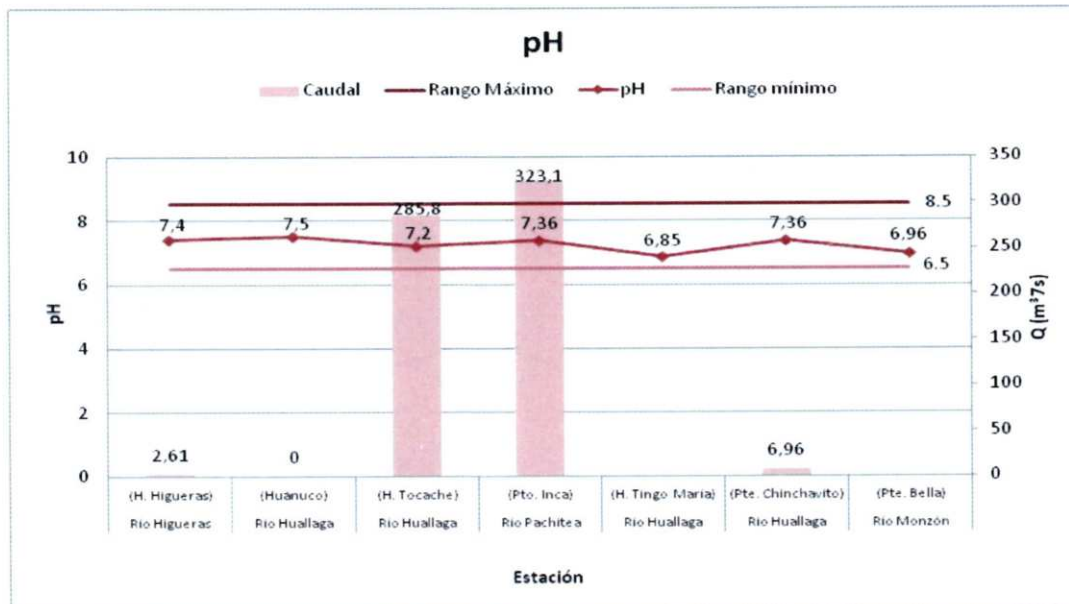


Figura 3. Variabilidad del caudal y pH obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

➤ Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Debemos presumir que por encontrarse en un periodo de estiaje las aguas analizadas se encuentran muy por debajo del ECA Cat. 3 Riego de vegetales y bebidas para animales, lo que indica que tienen poca cantidad de sales disueltas presentes en sus aguas. Ver **Figura 4 y 5**.

Los valores obtenidos en cuanto a conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales reflejan que son valores medios moderados de baja salinidad lo que manifiesta que las aguas son de buena a mediana mineralización.

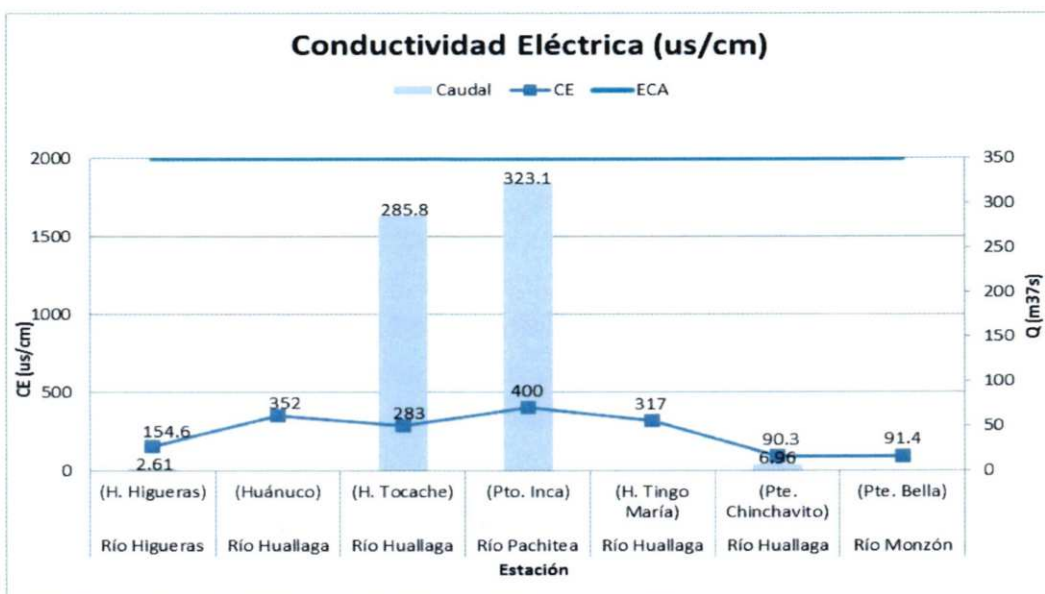


Figura 4. Variabilidad del caudal y conductividad eléctrica obtenidos.
Fuente: Elaboración propia

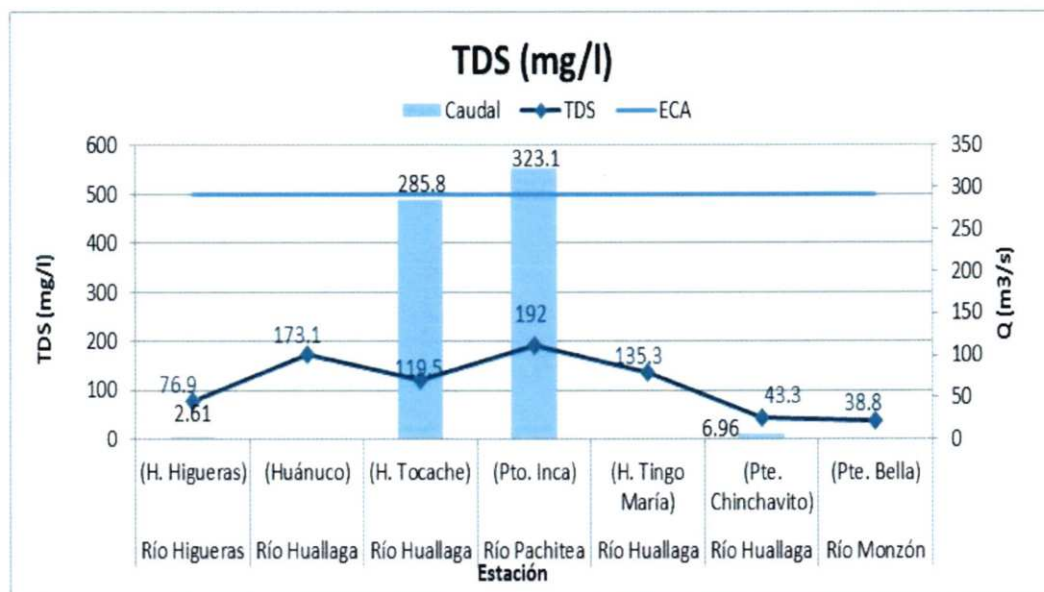


Figura 5. Variabilidad del caudal y TDS obtenidos
Fuente: Elaboración propia

➤ **Oxígeno Disuelto**

La cantidad de oxígeno disuelto de los puntos monitoreados se encuentra por encima del valor establecido del ECA Cat. 3 Riego de vegetales y bebidas para animales igual a 4 mg/l, lo que significa que la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua es un indicador de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir, lo que indica que tienen poca cantidad de sales disueltas presentes en sus aguas. Ver **Figura 6.**

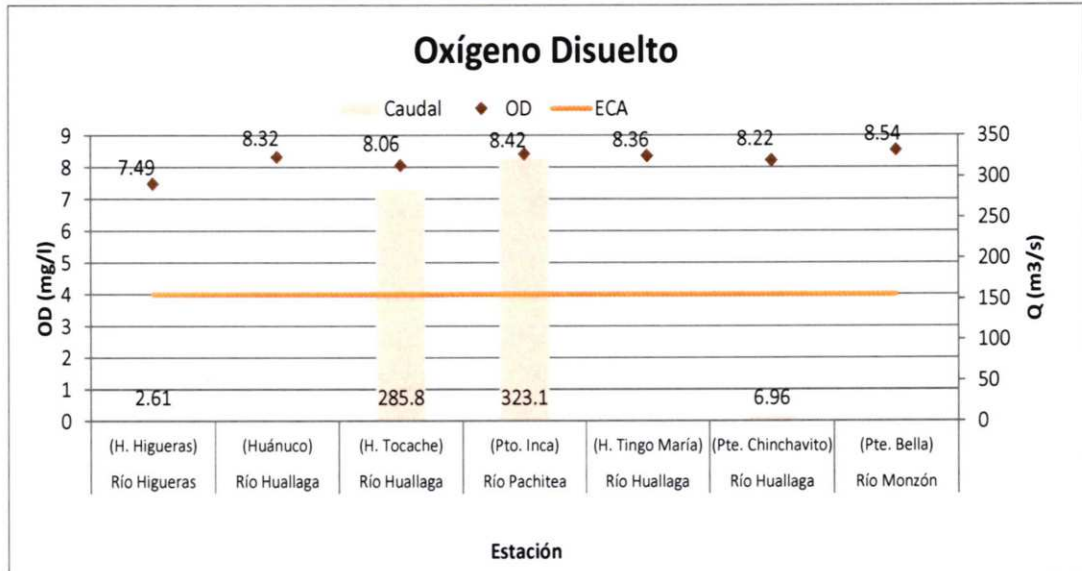


Figura 6. Variabilidad del caudal y OD obtenidos en la comisión de servicio.
Fuente: Elaboración propia

➤ **Alcalinidad y Dureza**

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 2).

Tabla 2. Rangos de alcalinidad.

Rango	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)
Baja	< 75
Media	75 -150
Alta	> 150

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

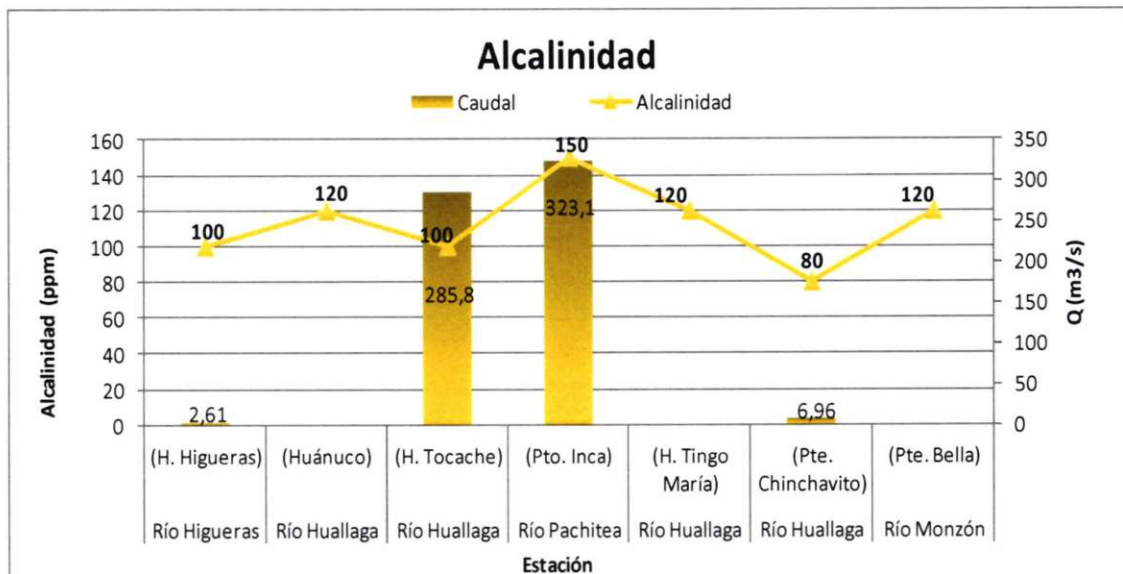


Figura 7. Variabilidad del caudal y alcalinidad.
Fuente: Elaboración propia

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_3 . Ver **Figura 7**.

Respecto a la dureza, está determinada por la concentración de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, pero principalmente por el calcio y determina si un agua es apta para consumo humano entre menos dura sea, según clasificación de la OMS; sin embargo el agua dura es beneficiosa en agua de riego porque los iones alcalinotérreos tienden a formar agregados con las partículas coloidales del suelo y, como consecuencia aumenta la permeabilidad del suelo al agua (ver **Tabla 3**).

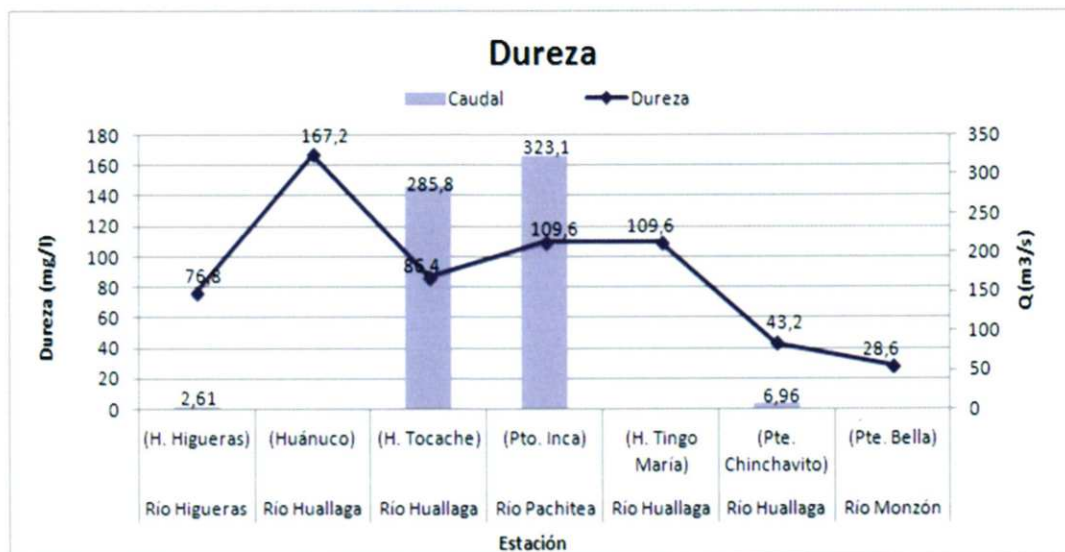


Figura 8. Variabilidad del caudal y dureza obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos las muestras analizadas nos reflejan que en su mayoría son aguas moderadamente duras a excepción de las muestras del río Huallaga de la ciudad de Huánuco que representa una agua dura con un valor de 167,2 mg/l; por otro lado también encontramos aguas blandas como las aguas del Pte. Chinchavito (río Huallaga) y Pte. Bella (río Monzón) con valores 28,6 y 43,2 mg/l respectivamente.

Tabla 3. Clasificación de la Dureza.

Rango	Alcalinidad (mg/L CaCO_3)
Blanda	0 – 60
Moderadamente dura	61 – 120
Dura	121-180
Muy dura	> 180

Fuente: OMS.

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 9** determinamos que la muestra más concentrada en cloruros es la que representa al río Tocache, pero pueden ser empleada en riego a vegetales de alta y bajo tallo pues el índice permisible está entre 100 -700 mg/L.

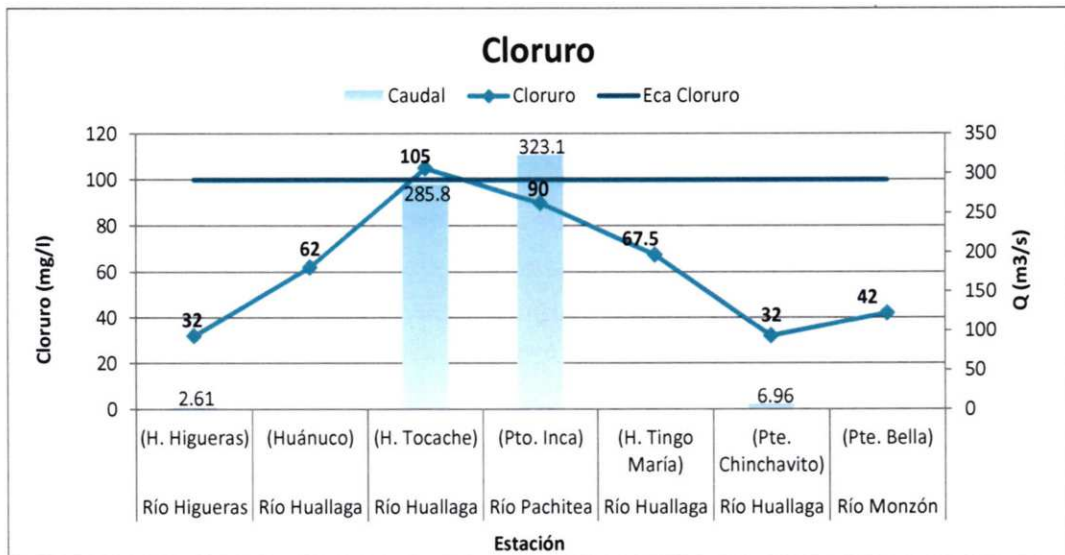


Figura 9. Variabilidad del caudal y Cloruro obtenidos en la comisión de servicio.
Fuente: Elaboración propia

➤ Sulfato

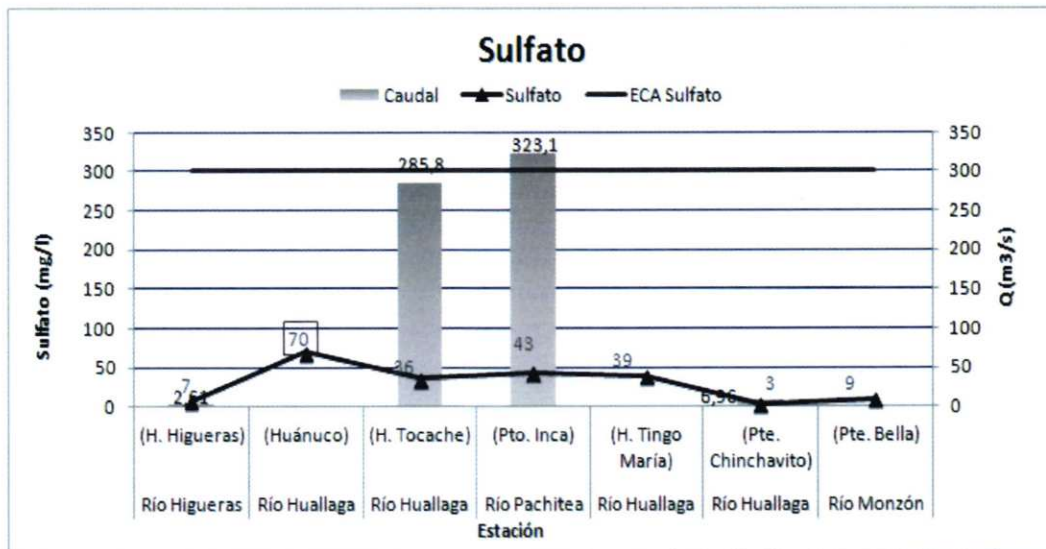


Figura 10. Variabilidad del caudal y Sulfato.
Fuente: Elaboración propia

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. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido; 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. 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 deba exceder de 1 mg/l, valores que las muestras evaluadas están cumpliendo, mención especial es la muestra de la ciudad Huánuco cuyo valor se encuentra muy cerca del valor establecido por el ECA agua.

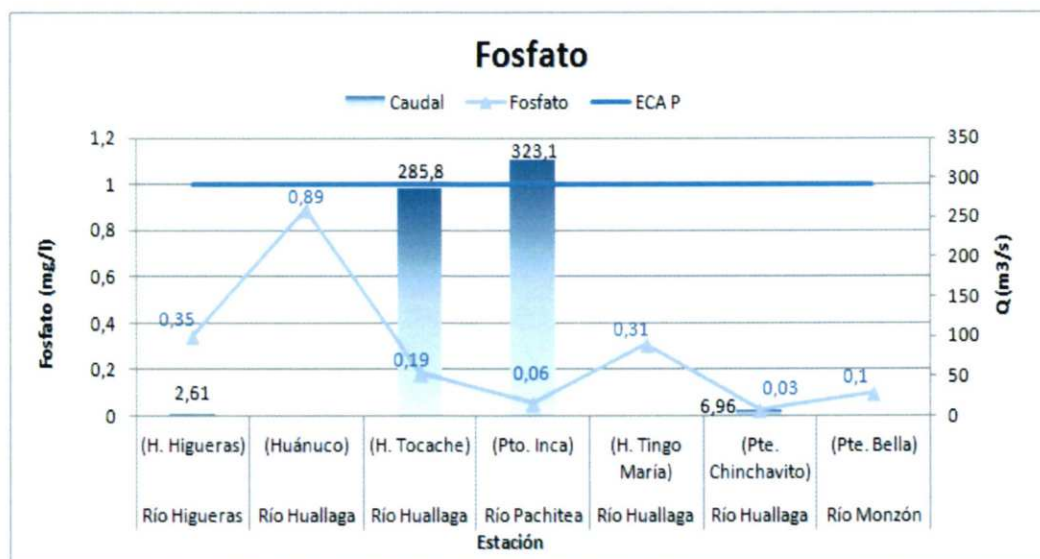


Figura 11. Variabilidad del caudal y Fosfato.

Fuente: Elaboración propia

➤ Nitritos y Nitratos

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 amoníaco, nitratos y nitritos. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, 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.

Para nuestro caso de estudio las aguas monitoreadas cumplen el ECA Cat. 3 para Riego de plantas y bebidas de animales tal como se observa en la **Figura 12 y 13**.

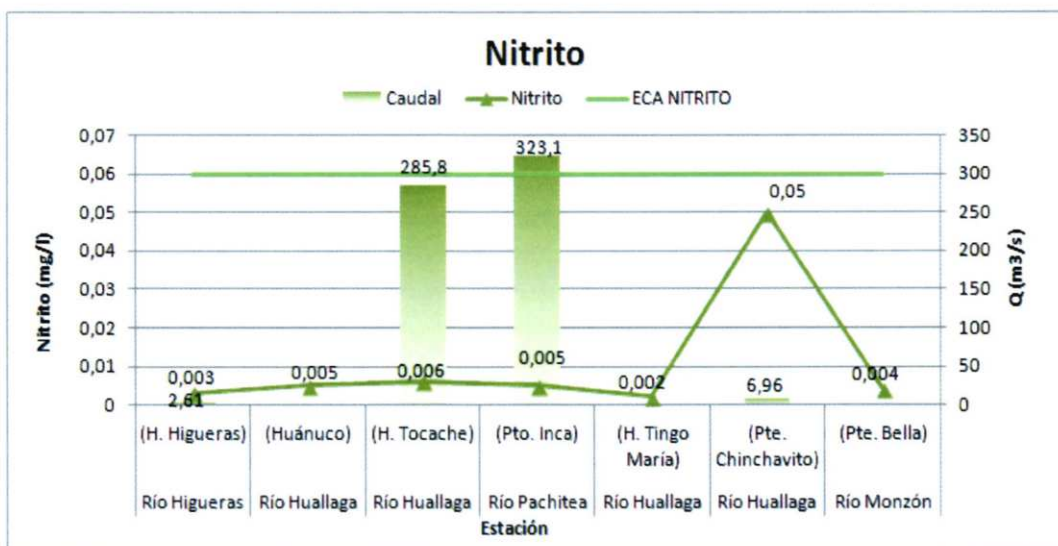


Figura 12. Variabilidad del caudal y Nitrito.
Fuente: Elaboración propia

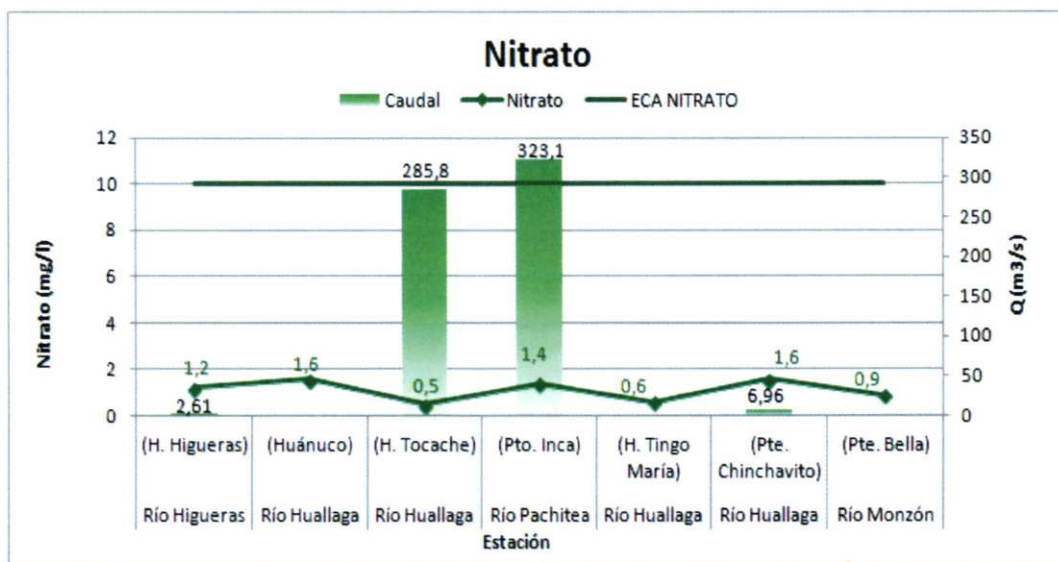


Figura 13. Variabilidad del caudal y Nitrato.
Fuente: Elaboración propia

➤ **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, cumpliendo de esta manera lo establecido, ver **Figura 14**.

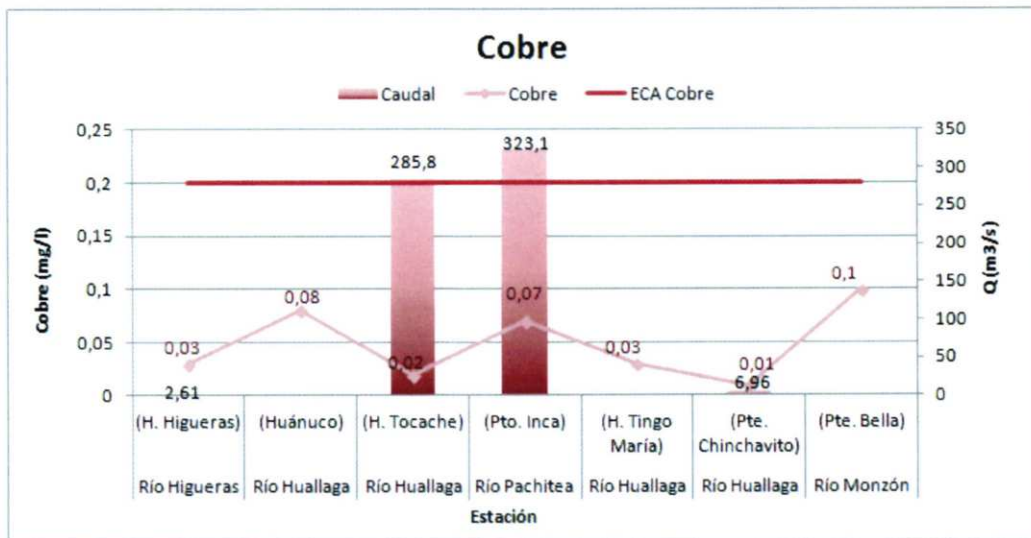


Figura 14. Variabilidad del caudal y Cobre.

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. Según la **Figura 15**, se observa que las muestras evaluadas no superan el ECA Agua Categoría 3 establecido.

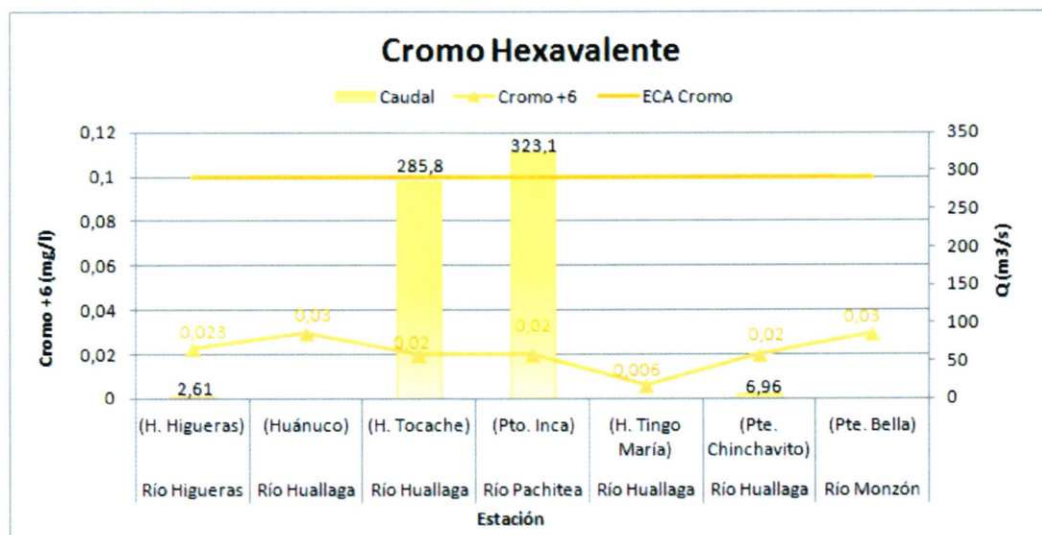


Figura 15. Variabilidad del caudal y Cromo Hexavalente.

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, tal como se muestra en la **Figura 16**.

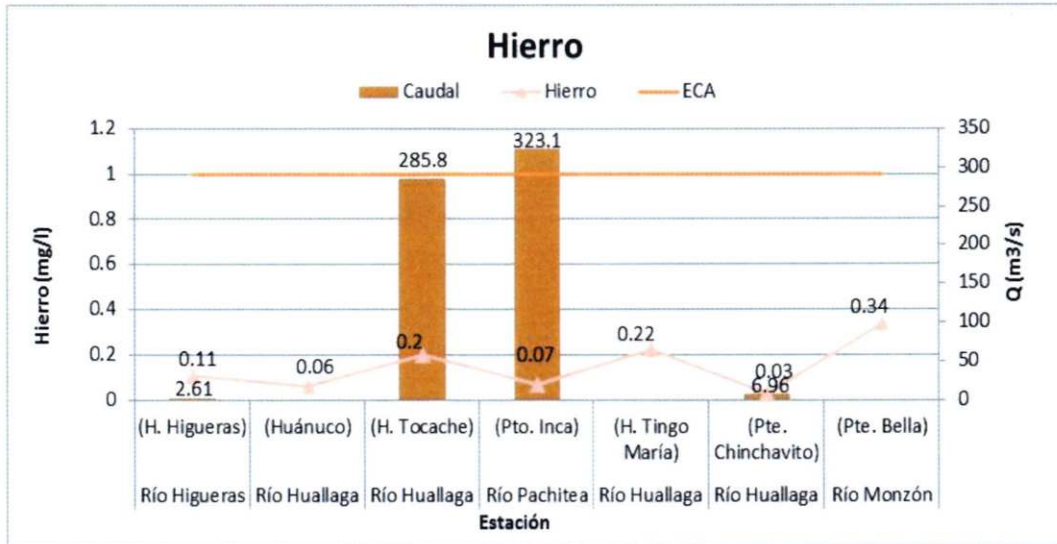


Figura 16. Variabilidad del caudal y hierro.
Fuente: Elaboración propia

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 17**. El ECA agua no muestra un valor o rango establecido para este parámetro.

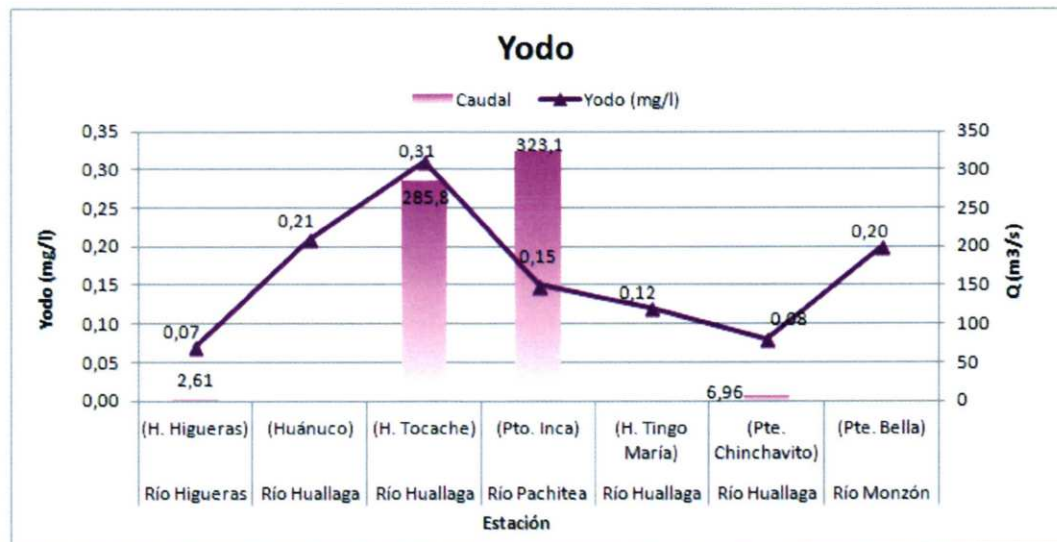


Figura 17. Variabilidad del caudal y Yodo.
Fuente: Elaboración propia

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 considerando además la conservación del medio acuático. Los resultados de los análisis físicos de las muestras de agua recolectada presentan valores de pH que oscilan dentro del rango neutro-alcalino a excepción de la muestra del río Huallaga obtenida en la Estación Tingo María=6.85; del mismo modo por lo valores obtenidos en cuanto a conductividad eléctrica reflejan que son valores medios moderados de baja salinidad lo que manifiesta que las aguas son de buena a mediana mineralización, y se encuentran con buena oxigenación lo que las hacen recomendables para el para el riego de plantas y bebidas de animales.
- ✓ Cabe mencionar que los ríos monitoreados se encontraban en un periodo de estiaje, que bien pueden afectar la concentración de los parámetros analizados pero que reflejan una situación aceptable debido a que no se encontró concentraciones excesivas de Sulfatos o Fosfatos, y los valores de los nutrientes como Nitrito y Nitrato están dentro de lo establecido. Caso especial sería la muestra representativa a la ciudad de Huánuco donde se encontró valores de fosfato muy cerca al establecido indicado según norma que bien puede verse reflejada a la presencia de descargas con contenidos de residuos de detergentes comerciales, lo que podría afectar el crecimiento de las plantas al ser usadas como agua de riego sin previo tratamiento.
- ✓ Respecto a las concentraciones de la dureza y alcalinidad, las muestras reflejaron que son aguas de mediana alcalinidad y moderadamente duras, eso asociado con una baja salinidad hace que sean de aceptable calidad para el riego de plantas y bebidas de animales.
- ✓ En cuanto a las concentraciones de cromo, cobre y hierro, las aguas están dentro de lo permitido por la Norma Legal correspondiente al ECA Agua.

9.2 Recomendaciones

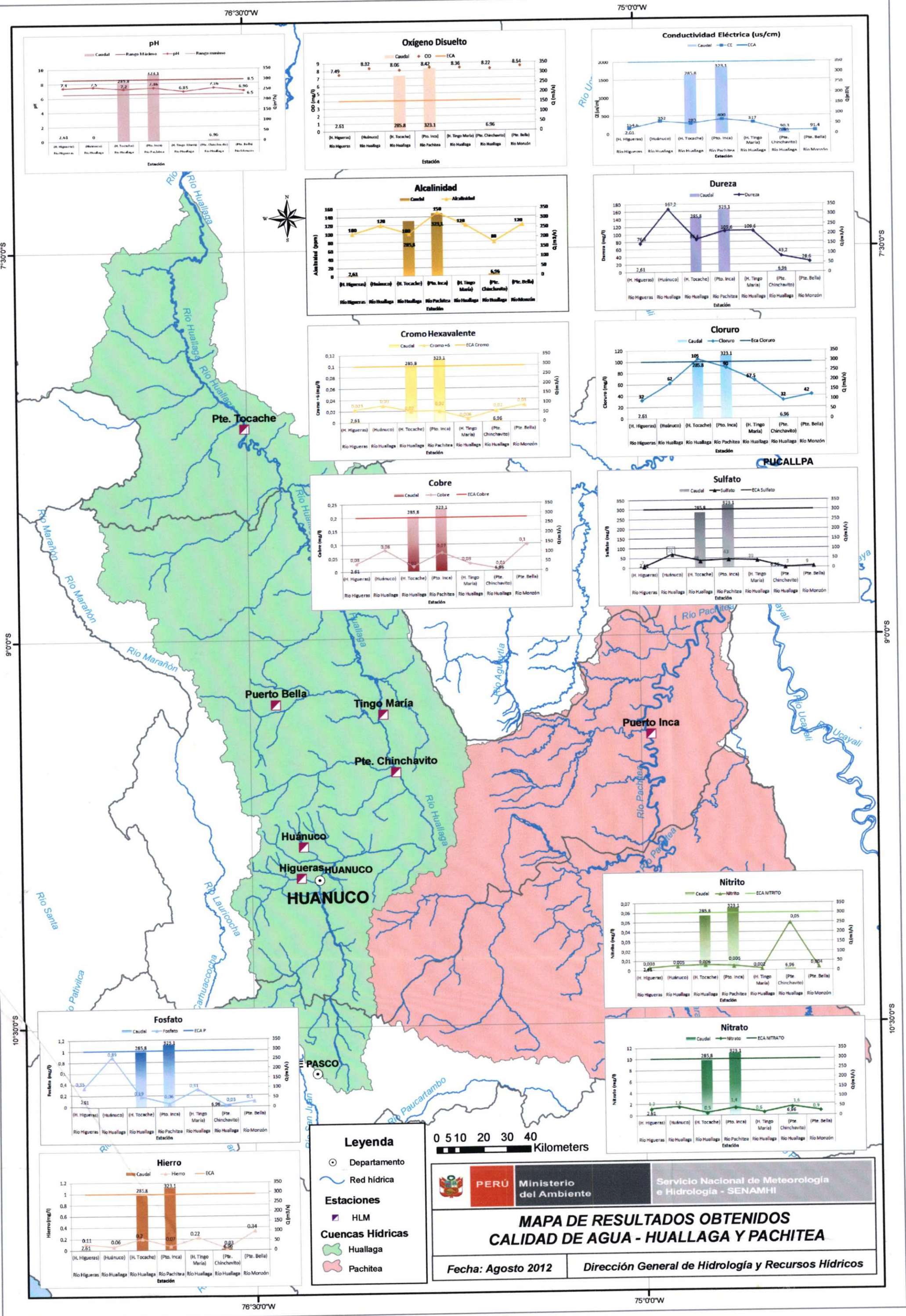
- ✓ Se recomienda realizar análisis de orden biológico (bioquímico) en este caso referente a coliformes totales y termo resistentes para medir la cantidad de contaminación biológica, debido a que los ríos

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 del Río Huallaga 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.

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
- IIAP. PAREDES, Rocío y Sandoval, Doris. Mesozonificación ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Selva de Huánuco, Informe Temático- Hidrografía. 2010
- 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



7°30'0"S

9°0'0"S

10°30'0"S

76°30'0"W

75°0'0"W

7°30'0"S

9°0'0"S

10°30'0"S

76°30'0"W

75°0'0"W

Leyenda

- Departamento
- ~ Red hídrica
- Estaciones
- HLM
- Cuencas Hidricas
- Huallaga
- Pachitea

0 5 10 20 30 40 Kilometers



MAPA DE RESULTADOS OBTENIDOS CALIDAD DE AGUA - HUALLAGA Y PACHITEA

Fecha: Agosto 2012

Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos