

**Proyecto “Elaboración y ejecución del Programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP) del Proyecto Quellaveco, en cumplimiento de los compromisos asumidos en la Mesa de Diálogo y el EIA”, ejecutado por ProNaturaleza.**



**INFORME DE RESULTADOS DE SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA  
Marzo Abril 2014  
VALIDACIÓN DE LÍNEA BASE AMBIENTAL DE AGUA SUPERFICIAL ÉPOCA HÚMEDA**



**Pronaturaleza**

Fundación Peruana para la  
Conservación de la Naturaleza

Documento elaborado por:

Mg. Quím. Lizardo Visitación Figueroa  
Ing. Amb. Michael de la Cadena

Pronaturaleza – Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza

## ÍNDICE

<b>1.0 GENERALIDADES.....</b>	<b>4</b>
<b>2.0 OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1 Objetivo General.....	7
2.2 Objetivos Específicos .....	7
<b>3.0 MARGO LEGAL .....</b>	<b>7</b>
3.1 Normas Legales .....	7
3.2 Protocolos Consultados .....	11
<b>4.0 ACTIVIDADES DEL MONITOREO .....</b>	<b>11</b>
<b>5.0 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>6.0 METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>
6.1 Determinación del Caudal y la época de monitoreo .....	23
6.2 Monitoreo de la calidad de agua superficial y subterránea.....	23
6.2.1 Métodos de análisis químicos de laboratorio .....	23
6.2.2 Identificación de los parámetros a evaluar.....	24
6.2.3 Selección de los puntos monitoreo .....	24
6.2.4 Procedimiento de toma de muestra y preservación .....	24
6.3 Validación de línea de base ambiental: Época húmeda .....	26
6.3.1 Determinación de caudales en época húmeda .....	27
6.3.2 Inclusión del monitoreo en el record histórico línea base: diagramas de cajas y bigotes .....	29
<b>7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
7.1 Determinación del Caudal y la época de monitoreo .....	30
7.2 Monitoreo de la calidad de agua superficial y subterránea.....	33
7.2.1 Identificación de los parámetros a Evaluar .....	33
7.1.2 Puntos de Monitoreo .....	34
7.2.3 Resultados de los Análisis químicos de laboratorio. ....	38
Resultados adicionales de Coliformes termotolerante y totales obtenidos en la estación 13172RTumi.....	43
7.2.4 Interpretación de los Resultados de Laboratorio .....	44
7.3 Validación de la línea de base ambiental de agua superficial en época húmeda .....	88
7.3.1 Determinación de caudales en época húmeda, con lluvia y sin lluvia	88

7.3.2 Inclusión del monitoreo en el récord histórico, línea de base ambiental .....	91
7.4 Aseguramiento de la calidad de los resultados.....	115
<b>8.0 CONCLUSIONES .....</b>	<b>115</b>
<b>9.0 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>10.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>117</b>

## ANEXOS

- I. Informe de resultados de Laboratorio CORPLAB – Monitoreo de la segunda campaña.
- II. Informes de ensayo
- III. Cuadernos de Campo.
- IV. Cadenas de custodia de las muestras tomadas en campo

# **INFORME DE RESULTADOS DE SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA Marzo Abril 2014 VALIDACIÓN DE LÍNEA DE BASE AMBIENTAL DE AGUA SUPERFICIAL ÉPOCA HÚMEDA**

## **1.0 GENERALIDADES**

### **El Proyecto Quellaveco**

El área de operaciones de este proyecto minero metálico se ubica en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. Geográficamente, se encuentra asentada en el valle del río Asana, aproximadamente 40 km al noreste de la ciudad de Moquegua, a una altitud de 3500 msnm. El proyecto minero consiste de una mina de cobre con explotación a tajo abierto, considera la explotación del yacimiento de cobre y el procesamiento para producir concentrado de cobre y su embarque para exportación.

El ritmo de extracción diaria, proyectada para 32 años de vida útil es de 85,000 toneladas (31 millones de toneladas/año). Las reservas actuales alcanzan los 938 millones de toneladas de mineral de cobre y molibdeno. La explotación de esta mina requiere la construcción de una serie de obras de ingeniería.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Quellaveco, perteneciente a la empresa Anglo American Quellaveco S.A. (en adelante AAQ S.A.) fue aprobado el 19 de diciembre del 2000, por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) mediante Resolución Directoral N° 266-2000-EM/DGAA.

El 3 de octubre del 2008, se presentó una primera modificatoria del EIA, con cambios relacionados a la ubicación y tamaño de la planta concentradora y el sistema de abastecimiento de agua para la mina. Esta modificatoria del EIA fue aprobada por el MINEM el 23 de abril del 2010.

El 30 de marzo del 2010 fue presentada una segunda modificatoria del EIA la cual realizaba el cambio de la Ruta de Transporte de Concentrados, Líneas de Transmisión Eléctrica e Instalaciones Portuarias la cual fue aprobada por el MINEM el 14 de noviembre de 2010.

La tercera Modificatoria del EIA fue aprobada el 2012, la cual presentaba la Optimización del Diseño y Operación de la Presa Vizcachas.

### **El Programa de Monitoreo Ambiental Participativo del Proyecto Quellaveco**

Este Programa (en adelante MAP) está relacionado con los compromisos N° 05, 07 y 10 establecidos en la Mesa de Diálogo para analizar la problemática del Departamento de Moquegua<sup>1</sup> con la empresa AAQ S. A. y también como una de las medidas establecidas en la primera modificatoria del EIA.

Mediante la Resolución Ministerial N° 066-2012-PCM del 13 de marzo del 2012 se formaliza la instalación y conformación del grupo de trabajo denominado “Mesa de Diálogo para analizar la Problemática Minera del departamento de Moquegua”. Seguidamente el Informe N° 001-2012-STMd/GR.MOQ, a través del secretario técnico de la Mesa de Diálogo, remite los nombres de los integrantes por cada grupo de trabajo de las comisiones correspondientes, por lo que recomienda derivar a la Dirección Regional de Asesoría Jurídica a fin de que proyecte la Resolución Ejecutiva Regional. El 19 de septiembre del 2012 según Resolución Ejecutiva Regional N° 1126-2012-GR/MOQ se dispone la conformación de los comités de constitución, monitoreo y vigilancia.

Este Comité el 13 de junio de 2013 dispone la instalación del Subcomité de Monitoreo Ambiental Participativo del Proyecto Quellaveco, que estaría a cargo de elaborar y presentar el Programa de Monitoreo Participativo y la Validación de la Línea de Base Ambiental del Proyecto Quellaveco. Este es un Subcomité del Comité de Monitoreo, Seguimiento y Verificación de Compromisos del Proyecto Quellaveco.

---

<sup>1</sup>“Mesa de Diálogo para analizar la Problemática Minera del Departamento de Moquegua”, el mismo que fue conformado en mérito a lo dispuesto por la Resolución Ministerial Nro. 066-2012-PCM y su modificatoria Resolución Ministerial Nro. 142-2012-PCM. Dicho grupo de trabajo concluyó con veintiséis (26) acuerdos referidos al Proyecto Quellaveco, entre ellos la conformación de un Comité de Monitoreo Participativo quien se encargaría de realizar el monitoreo de agua superficial y agua subterránea desde el Río Ilo hasta el Río Asana.

El Subcomité de Monitoreo Ambiental Participativo Moquegua está compuesto por los siguientes representantes, quienes deberán designar cada uno a un alterno:

- 2 Representantes del Gobierno Regional.
- 1 Representante de la Municipalidad Provincial Mariscal Nieto.
- 1 Representante de la Municipalidad Provincial Ilo.
- 1 Representante de la Municipalidad Provincial de Sánchez Cerro.
- 1 Representante de la Comunidad Campesina Tumilaca, Pocata, Coscore y Tala
- 1 Representante de la Sociedad Civil de Ilo: Cámara de Comercio
- 1 Representante de la Sociedad Civil de Moquegua: FRAFRAM.
- 2 Representantes de Anglo American Quellaveco

De acuerdo al reglamento del MAP las funciones del Subcomité de Monitoreo Ambiental Participativo Moquegua son las siguientes:

- Cumplir con lo establecido en el presente documento y las posteriores modificaciones que puedan realizarse.
- Cumplir con el código de conducta del MAP Moquegua.
- Participar en las actividades de verificación de Línea de Base Ambiental del Proyecto Quellaveco.
- Participar en las actividades propias del monitoreo ambiental de acuerdo a los protocolos establecidos, siempre en compañía del Órgano Técnico. En todos los casos se aplicarán los procedimientos y protocolos indicados en este documento y los que puedan ser aprobados por el Subcomité de Monitoreo Ambiental Participativo Moquegua.
- Participar activamente en las diversas actividades que les correspondan en el marco del MAP Moquegua.
- Proponer recomendaciones para el buen funcionamiento del MAP Moquegua.
- Apoyar en la comunicación de los reportes del MAP en su comunidad/centro poblado/anexo y/o área de trabajo/influencia.
- Verificar que se cumplan los protocolos de monitoreo adoptados por el MAP, tomando como base la legislación actual vigente.

En noviembre del 2013, el Comité de Monitoreo, Seguimiento y Verificación de los compromisos de la Mesa de Diálogo acuerda trabajar con ProNaturaleza-Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza,

para brindar asesoría, capacitación, diseño, planificación, ejecución y comunicación del Programa de Monitoreo Ambiental Participativo en referencia. Es en el marco de esta asistencia técnica que se desarrolla el presente Informe de Interpretación de Resultados de la Segunda Campaña de Monitoreo de Agua Superficial y Subterránea – marzo abril 2014.

## **2.0OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Validar la línea Base Ambiental e interpretar los resultados obtenidos en la Segunda Campaña de Monitoreo de Agua Superficial y Subterránea marzo abril 2014.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Interpretar los resultados de los parámetros medidos en la Segunda Campaña de Monitoreo de Agua Superficial y Subterránea marzo abril 2014 comparando los resultados entre todas las estaciones de monitoreo.
- Comparar los resultados obtenidos con los límites obtenidos en la validación de la Línea Base Ambiental y datos de la Primera Campaña de Monitoreo.

## **3.0MARGO LEGAL**

**Existe un marco normativo que tiene como principal objetivo la protección y uso sostenible del recurso hídrico, el que se menciona a continuación:**

### **3.1 Normas Legales**

- Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 (16/10/2005)

Las disposiciones contenidas en la presente Ley, así como en sus normas complementarias y reglamentarias, son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, el cual comprende el suelo, subsuelo, el dominio marítimo, lacustre, hidrológico e hidrogeológico y el espacio aéreo.

Toda persona tiene el derecho a participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se

adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El estado concierta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental.

Toda persona, natural o jurídica, tiene el deber de participar responsablemente en la gestión ambiental, actuando con buena fe, transparencia y veracidad conforme a las reglas y procedimientos de los mecanismos formales de participación establecidos y a las disposiciones de la presente Ley y las demás normas vigentes. (Artículo 47 – inciso 47.1).

- Ley de Recursos Hídricos - Ley N° 29338 (31/03/2009)

Esta ley promueve la mitigación de la contaminación de las aguas, ocasionada por los residuos de los pueblos y ciudades y de las actividades productivas, la industria, la minería, la agricultura, entre otras; también prevé la adopción de estrategias para la adaptación a las consecuencias de la desglaciación o cambio climático, que afecta a los nevados que constituyen la reserva de agua para las futuras generaciones. Así mismo, propicia el cambio en el modo de pensar y en las actitudes sobre el valor, uso y gestión del agua por todos los sectores sociales y productivos, en especial la agricultura, para que su aprovechamiento sea eficiente y productivo, poniendo especial interés en minimizar los impactos en los ecosistemas.

El Artículo 5 de la presente Ley menciona los tipos de agua contemplados para su regulación:

- La de los ríos y sus afluentes, desde su origen natural;
- La que discurre por cauces artificiales;
- La acumulada en forma natural o artificial;
- La que se encuentra en las ensenadas y esteros;
- La que se encuentra en los humedales y manglares;
- La que se encuentra en los manantiales;
- La de los nevados y glaciares;
- La residual;
- La subterránea;
- La de origen minero medicinal;
- La geotermal;
- La atmosférica; y
- La proveniente de la desalación.

- Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos - D.S. N° 001-2010-AG (23/03/2010)

Tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a ésta, promoviendo la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en la gestión por cuencas hidrográficas y acuíferos, para la conservación e incremento de la disponibilidad del agua, y para asegurar la protección de su calidad, fomentando una nueva cultura del agua.

- Estándares de Calidad Ambiental para el Agua - D.S. N° 002-2008-MINAM (30/07/2008)

**Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua (ECA agua) establecen los niveles de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.**

**El ECA para agua se divide en las siguientes categorías:**

**Categoría 1: Aguas para uso Poblacional y Recreacional**

**Categoría 2: Actividades Marino Costeras**

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

**Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático**

**Para el presente informe se tomó como referencia la Categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”, conforme a lo establecido por la RJ N° 202-2010-ANA para la cuenca del río Ilo-Osmore-Moquegua (Código cuerpo de agua 13172), donde se incluye a los ríos Asana, Torata, Tumilaca, Huaracane, Quebrada Quellaveco, Quebrada Millune, Quebrada Sarallenque, entre otros.**

- **R.M. N° 304-2008-MEM-DM Normas que regulan el Proceso de Participación Ciudadana en el Subsector Minero**

Según el artículo 5, de los derechos y principios en los procesos de participación ciudadana la autoridad competente, los titulares mineros y las

poblaciones involucradas en un proceso de participación ciudadana referido a la actividad minera, deberán observar en todas sus actuaciones las siguientes disposiciones generales: a) Del derecho a la participación (El derecho de participación en asuntos referidos a la actividad minera, se ejercita actuando con buena fe, transparencia y veracidad conforme a las reglas y procedimientos de los mecanismos de participación establecidos); b) Del derecho al acceso a la Información (La autoridad competente, los titulares mineros y las poblaciones involucradas, tienen derecho a solicitar, acceder o recibir información pública, de manera adecuada); c) Del principio de respeto a la diversidad cultural (En un proceso de participación ciudadana se debe actuar con respeto a las características y particularidades de las diversas culturas). d) Del principio de no discriminación (Un proceso de participación ciudadana promueve la participación efectiva de toda persona en dicho proceso, sin distinguir raza, etnia, género, religión, cultura, idioma, opinión política, origen nacional o social, posición económica, orientación sexual, nacimiento o cualquier otra condición). e) Del principio de vigilancia ciudadana (Las poblaciones involucradas tienen el derecho de efectuar el monitoreo, control y seguimiento de las medidas, acciones, obligaciones y compromisos adoptados por el titular minero. f) Del principio del diálogo continuo (La autoridad competente, los titulares mineros y las poblaciones involucradas en un proceso de participación ciudadana, deberán mantener el diálogo continuo a fin de promover y mantener un adecuado relacionamiento social)

### 3.2 Protocolos Consultados

**SE TOMÓ COMO REFERENCIA EL PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD EN CUERPOS NATURALES DE AGUA APROBADO POR R.J.-182-2011-ANA. DICHO PROTOCOLO ESTABLECE LOS CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA EL DESARROLLO DE LOS MONITOREOS CONSIDERANDO LAS PAUTAS PARA IDENTIFICAR LOS PARÁMETROS, LAS ESTACIONES DE MUESTREO, PROCEDIMIENTOS DE TOMA DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN, CONSERVACIÓN, ENVÍO DE MUESTRAS Y DOCUMENTOS NECESARIOS.**

### 4.0 ACTIVIDADES DEL MONITOREO

El Monitoreo Ambiental Participativo denominado “Segunda Campaña de Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales y Aguas Subterráneas” se realizó en 23 puntos propuestos, de los cuales 14 puntos son aguas superficiales-ríos (AS-1, ALT-4, AS-4, P-11, AS-2, P-12, AS-3, CH-3, CAP-1, CAP-2, 13172Rtumi, 13172Rmoqu1, 13172Rmoqu2, 13172Rosmo1), 2 puntos aguas subterráneas (ALX-1, ALX-3), 2 manantiales (El común y el Totoral), 2 quebradas con agua (P-1, P-10) y 3 quebradas secas en el momento del monitoreo (QU-1, QUEL-1, QL-1), como se observa en la tabla01.

**Tabla01. Puntos y Fechas de Monitoreo de la Segunda Campaña**

Fecha	Hora	Estación	Matriz	Coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 19			Descripción
				Este	Norte	Altura	
31 de Marzo	11:30	AS-1	AS	331045	8107820	3775	R. Asana aguas arriba del área del proyecto
	12:30	ALT-4	AS	330645	8107397	3734	R. Altarani aguas arriba del área del proyecto
	13:05	QU-1	AS	330138	8107800	3726	Quebrada seca de Quimsuta
	14:37	P-11	AS	329803	8107688	3680	R. Asana aguas arriba del ingreso al tunel de desvío
	15:10	P-1	AS	329328	8108128	3659	Quebrada Milllune
01 de Abril	09:45	P-10	AS	328851	8109515	3816	Quebrada Sarallenne
	11:10	AS-4	AS	328928	8108122	3601	R. Asana después de confluir los ríos Asana y Milllune
	12:15	AS-2	AS	327237	8108541	3521	R. Asana abajo del puente Asana
	14:30	QUEL-1	AS	326731	8108104	3520	Quebrada seca de Quellaveco
	15:05	QL-1	AS	325414	8109118	3580	Quebrada seca de Altaranito/sin nombre
02 de Abril	11:30	P-12	AS	321508	8107968	3196	R. Asana aguas debajo de la salida del tunel. Aguas arriba de la linea ferrea
	13:30	CH-3	AS	322139	8109105	3322	R. Charaque aguas arriba del cruce con el río Asana
	15:45	AS-3	AS	319605	8107943	3081	R. Asana aguas debajo del túnel de desvío (antes de confluir con el río Charaque)
03 de Abril	11:50	ALX-3	ASUB	334925	8108725	4386	Río Altarani cuenca parte alta
	13:55	ALX-1	ASUB	338348	8106933	4633	Río Altarani cuenca parte alta
	15:40	CAP-1	AS	325525	8102377	3406	R. Capilllune aguas arriba del área del proyecto
04 de Abril	07:40	13172RTumi	AS	300020	8100959	1620	Tumilaca aguas arriba de la toma de captación de la EPS Moquegua
	09:00	M. El Totoral	ASUB	296372	8099490	1457	Moquegua manantial de tres peñas (El Totoral)
	09:50	13172Rmoqu1	AS	290125	8095445	1233	R. Moquegua a 150 m abajo del puente Montalvo
	11:00	13172Rmoqu2	AS	286468	8079914	921	R. Moquegua estación espejos sector de la rinconada fin del valle
	13:20	13172ROsmo1	AS	266686	8057260	223	R. Osmore estación el Canuto bocatoma de la captación de la EPS Ilo
05 de Abril	08:15	CAP-2	AS	311328	8104992	2500	R. Capilllune aguas abajo del área del proyecto
	09:25	M. El Común	ASUB	302827	8104129	1806	Anexo Tumilaca - El Común
	-	M. Laymes	ASUB	302195	8103148	1658	Anexo Tumilaca - El Común
	-	M. Echevarría	ASUB	294168	8098737	1390	Costado FONAVI tercera etapa - El Gramadal
	-	M. Parque Ecológico	ASUB	293014	8098651	1354	Interior Parque Ecológico

Fuente: PRONATURALEZA

El monitoreo se realizó del 31 de marzo al 05 de abril donde participaron personal del equipo técnico de CORPLAB, representantes de instituciones invitadas de Ilo y Moquegua, miembros que pertenecen al Subcomité del MAP Quellaveco.

### **Desarrollo del monitoreo:**

El monitoreo de calidad de aguas superficiales se realizó según lo establecido en los Protocolos de Monitoreo de Calidad del Agua de la Autoridad Nacional del Agua.

### **Día 31 de marzo**

Se monitorearon 05 puntos con los códigos de muestreo: el AS-1 (Río Asana, aguas arriba del área del proyecto), ALT-4 (Río Altarani, aguas arriba del área del proyecto), P-11 (Río Asana Aguas arriba del ingreso del túnel de desvío), QU-1 (Quebrada seca de Quinsuta) y P-1 (Quebrada Millune).

Participantes del Subcomité: 07

- Elizabeth Choquepata Huamán: Gobierno Regional Moquegua
- Jorge Fernando López Yi: Municipalidad Provincial Mariscal Nieto
- Juan Manuel Martínez Ortiz: Gobierno Regional Moquegua
- Rodolfo Rolando Angles Montesinos: Gobierno Regional Moquegua
- Gerardo Carpio Díaz: Municipalidad Provincial de Ilo
- Beltrán Gómez Híjar: Anglo American Quellaveco
- David Condori Chura: Anglo American Quellaveco

Principales observaciones:

En el punto **AS-1**, se observó alrededor presencia de estiércol seco. También se observó presencia de algas.

En el punto **ALT-4**, se observó aguas arriba del punto de muestreo y en la orilla presencia de estiércol seco. Se realizaron dos mediciones para el caudal, una en el punto de monitoreo establecido, y la otra 500 m. aguas arriba de dicho punto, debido a que el punto inicial se encuentra en una curva acelerando el flujo del agua, pudiendo esto quitarle representatividad al resultado.

El acceso al punto de muestreo es a través de un tronco que cumple la función de puente, lo cual es una condición que debe mejorarse.

En el punto **P-11**, se monitoreo a 100 m. del punto de monitoreo establecido, aguas abajo del desarenador y puente metálico, debido a la dificultad en el acceso.

En el punto **P-1**, se observó que el punto de muestreo pasa por una estructura de cemento. Se realizó una doble lectura de oxígeno disuelto para verificación.

El punto **QU-1**, es una quebrada seca, en el momento del monitoreo se observó el suelo húmedo y muy poca cantidad de agua empozada, por lo que no se realizó el muestreo en este punto.

### **Día 01 de abril**

Se monitorearon 06 puntos, con los códigos de muestreo: AS-4 (Río Asana, después de confluir los ríos Asana y Millune), P-10 (Quebrada Sarallenque), AS-2 (Río Asana, abajo del puente Asana), muestra dirimente AS-2D, QUEL-1, QL-1; y una muestra de blanco el AS-2B.

Participantes del Subcomité: 05

- Jorge Fernando López Yi: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Juan Manuel Martínez Ortiz: Gobierno Regional Moquegua
- Rodolfo Rolando Angles Montesinos: Gobierno Regional Moquegua
- Beltrán Gómez Hjar: Anglo American Quellaveco
- Ronnie Mercado Peñaranda: Anglo American Quellaveco

Principales observaciones:

En el punto **AS-4**, la muestra se tomó debajo del puente Quellaveco.

En el punto **P-10**, se observó presencia de musgos y algas en la superficie del agua y en ambas márgenes de la quebrada. Se realizó doble medición de caudal, la primera en el punto de muestreo establecido y la segunda 50 m. aguas abajo.

El punto **QUEL-1** es una quebrada seca y no contaba con flujo, por lo que no se pudo realizar el monitoreo.

El punto **QL-1** es una quebrada seca y no contaba con flujo, por lo que no se pudo realizar el monitoreo.

En el punto **AS-2**, se tomó las muestras y se realizó la medición de los parámetros de campo por duplicado, así mismo en este punto se hizo un blanco de campo. Las muestras se tomaron aguas abajo del campamento Quellaveco, debajo de un puente carrozable.

### **Día 02 de abril**

Se monitorearon 03 puntos, con los códigos de muestreo: P-12 (Río Asana, aguas abajo de la salida del túnel), CH-3 (Río Charaque, aguas abajo del futuro depósito del Material Estéril), AS-3 (Río Asana. Aguas abajo del túnel de desvió (antes de confluir con el río Charaque)).

Participantes del Subcomité: 09

- Elizabeth Choquepata Huamán: Gobierno Regional Moquegua
- Pedro Gutiérrez Venancio: Comunidad Coscore
- Jorge Fernando López Yi: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Miriam Marilia Huacan Jiménez: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Juan Manuel Martínez Ortiz: Gobierno Regional Moquegua
- Rodolfo Rolando Angles Montesinos: Gobierno Regional Moquegua
- Barrios Huamaní: MINAM-Moquegua
- Beltrán Gómez Híjar: Anglo American Quellaveco (sub-comité)
- David Condori Chura: Anglo American Quellaveco

Principales observaciones:

El punto **CH-3**, se consideró el muestreo 600 m. aguas abajo del punto de monitoreo establecido, debido a la dificultad en el acceso.

El punto **P-12**, se consideró el muestreo a 01 km. aguas abajo del punto de monitoreo establecido, debido a la dificultad en el acceso. Se consideró la medición en un brazo de esta quebrada sólo para el cálculo del caudal.

En el punto **AS-3**, el acceso presenta dificultad al tener que cruzar a través de dos troncos que cumplen la función de puente, se debe mejorar esta condición para proporcionar seguridad a las personas que participan del monitoreo.

### **Día 03 de abril**

Se monitorearon 03 puntos, con los códigos de muestreo: muestras de agua subterránea ALX-3 (Río Altarani, Cuenca parte alta), ALX-1 (Río Altarani, Cuenca parte alta), CAP-1 (Río Capillune, aguas arriba del río Capillune del área del proyecto.).

Participantes del Subcomité: 09

- Elizabeth Choquepata Huamán: Gobierno Regional Moquegua
- Pedro Gutierrez Venancio: Comunidad Coscore
- Jorge Fernando López Yí: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Miriam Marilia Huacan Jiménez: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Juan Manuel Martínez Ortiz: Gobierno Regional Moquegua
- Rolando Angles Montesinos: Gobierno Regional Moquegua
- Beltrán Gómez Hajar: AngloAmerican
- Ronni Mercado Peñaranda: AngloAmerican

Observaciones principales:

En el punto **CAP-1**, se observó algas y musgos en la superficie del agua y en las márgenes de la quebrada, así como también presencia de renacuajos.

En el punto **ALX-3**, se tomó las muestras y se realizó la medición de los parámetros de campo por duplicado, así mismo en este punto se hizo un blanco de campo. No se pudo establecer exactamente el nivel freático. El agua del pozo que se extraía presentaba turbidez de color café y sólidos. Las paredes de la tubería del pozo eran de metal oxidado y no contaban con recubrimiento. Se percibió un mal olor en el agua del pozo (abombado).

En el punto **ALX-1**, No se pudo establecer exactamente el nivel freático. El agua del pozo que se extraía presentaba turbidez de color café y sólidos. Las paredes de la tubería del pozo eran de metal oxidado y no contaban con recubrimiento. Se percibió un mal olor en el agua del pozo (abombado).

### **Día 04 de abril**

Se monitorearon 05 puntos, con los códigos de muestreo: 13172Rtumi (Río Tumilaca, aguas arriba de la toma de captación de la EPS Moquegua), M. El Totoral (Moquegua, el manantial de tres peñas), 13172RMoqu1 (Río Moquegua a 150 m abajo del puente Montalvo), 13172RMoqu2 (Río Moquegua, estación espejos sector de la Rinconada, fin del valle), 13172ROsmo1 (Río Osmore, estación el Canuto, bocatoma de captación de la EPS Ilo), y se sacó una muestra dirimente Rosmo 1D y un blanco ROsmo 1B.

Participantes del sub-comité: 09

- Elizabeth Choquepata Huamán: Gobierno Regional Moquegua
- Pedro Gutierrez Venancio: Comunidad Coscore
- Jorge Fernando López Yi: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Miriam Marilia Huacan Jiménez: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Juan Manuel Martínez Ortiz: Gobierno Regional Moquegua
- Rodolfo Rolando Angles Montesinos: Gobierno Regional Moquegua
- Elvis Coayla Mamani: MINAM-Moquegua
- Beltrán Gómez Híjar: Anglo American Quellaveco
- Ronnie Mercado Peñaranda: Anglo American Quellaveco

Observaciones principales:

En el punto **13172RMoqu1** y **13172Tumi**, no se presentaron observaciones.

En el punto **M. El Totoral**, se midió el caudal de manera informativa, debido a que el agua de este manantial no es utilizada por el proyecto Quellaveco. Se nos informó a través del señor Isaías Calla Pauro con DNI 04420518, que presta servicio de guardianía en el lugar donde se encuentra el punto de monitoreo, y que previa consulta accedió a que sus datos estén en este reporte, que el caudal en este puquial es bastante variable, también nos indicó que esta agua sirve para abastecer a la zona del Pedregal, y el suministro es manejado por una llave, que al abrirse, disminuye el volumen y nivel del agua del manantial. Se observó estiércol en la margen del manantial.

En el punto **13172RMoqu2**, se tomó las muestras y se realizó la medición de los parámetros de campo por duplicado, así mismo en este punto se hizo un blanco de campo. Se realizó el monitoreo a 300 m. aguas arriba del punto establecido, debido a la existencia de un acceso carrozable aguas arriba del punto de muestreo. El río aguas arriba del punto de muestreo, recibe el aporte de efluentes domésticos de la población sin un tratamiento adecuado.

En el punto **13172ROsmo1**, se observó presencia de algas.

### **Día 05 de abril**

Se monitorearon 05 puntos, con los códigos de muestreo: M. El Común (Anexo Tumulaca – El Común), CAP-2 (Río Capillune, aguas abajo del río capillune del área del Proyecto), M. Laimes (Anexo Tumulaca – El Común), M. Echevarria (Costado FONAVI 3ra Etapa – El Gramadal), M. Parque Ecológico (Interior Parque Ecológico).

Participantes del sub-comité: 04

- Elizabeth Choquepata Huamán: Gobierno Regional Moquegua
- Miriam Marilia Huacan Jiménez: Municipalidad Provincial Mariscal N.
- Beltrán Gómez Híjar: Anglo American Quellaveco
- Ronnie Mercado Peñaranda: Anglo American Quellaveco

### Observaciones principales:

En el punto **M. El Común**, se actualizó el punto de muestreo de acuerdo a las coordenadas establecidas por el INRENA remitido por la ALA debido a la dificultad en el acceso. Se midió el caudal de manera informativa, debido a que el agua de este manantial no es utilizada por el proyecto Quellaveco.

En el punto **CAP-2**, se intentó llegar al punto en el día programado, por dificultad en el acceso sólo se pudo llegar a 300 m. de las coordenadas establecidas, y el agua en esta zona se encontró empozada, por lo que se decidió realizar el monitoreo de este punto en el mismo lugar de la primera campaña.

Se realizó el monitoreo 2.59 km. aguas abajo del punto establecido, debido a la dificultad en el acceso. Se acordó que en adelante se consideraran estas nuevas coordenadas para posteriores monitoreos. Se observó presencia de algas. Cabe resaltar que aguas arriba del punto, existe afloramiento de aguas termales.

En el punto **M. Laines**, se llegó hasta las coordenadas establecidas por el INRENA y remitidas por la ALA, y no se encontró el puquial, sin embargo a 16 m. de las coordenadas indicadas se ubicó dos afluentes, con procedencia indeterminada, por lo que no se realizó el monitoreo en este punto. De acuerdo a los pobladores de la zona, el manantial se encuentra en la zona de la Pampilla, dentro de propiedad privada de agricultores.

En el punto **M. Echevarría**, no se encontró un acceso para llegar al punto establecido por el INRENA remitido por la ALA. Cabe mencionar que el terreno que contiene al manantial está dispuesto al corto plazo, para la ubicación de un supermercado, y el agua de esta zona será drenada al río Moquegua por su cercanía.

En el punto **M. Parque Ecológico**, el manantial georeferenciado por el INRENA y remitido por la ALA es alimentado por agua entubada, que es la mezcla de agua de una acequia y probablemente agua de un manantial, por lo que no se realizó el muestreo en este punto.

Al finalizar el monitoreo en campo, solo se realizaron 20 puntos (16 puntos de agua superficial y 04 puntos de aguas subterránea) de los 23 puntos propuestos debido a que tres puntos de aguas superficiales estuvieron “secos” sin flujo de agua.

## 5.0 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Los materiales y equipos de laboratorio que fueron utilizados para el monitoreo de calidad de agua del cuerpo receptor fueron proporcionados por el laboratorio CORPLAB, considerándose los siguientes materiales y equipos descritos en las tablas 02 y 03:

**Tabla02. Materiales de laboratorio**

ITEM	Descripción	Proveedor
<b>Agua Superficial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frascos de plástico de 1 L, 500 ml y 250 ml</li> <li>• Frascos de vidrio ámbar de 1L.</li> <li>• Coolers para el transporte de muestras</li> <li>• Ice packs, para refrigerar las muestras</li> <li>• Etiquetas, tapas y sellos</li> <li>• Preservantes para muestras: HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, Acetato de zinc, etc.</li> <li>• Frascos esterilizados para muestreo de coliformes</li> <li>• Cadena de custodia</li> <li>• Galón con agua destilada</li> <li>• Gotero dosificador para preservantes</li> <li>• Guantes quirúrgicos</li> <li>• Guía de conservación y cantidad de muestras</li> </ul>	<b>Laboratorio CORPLAB</b>

Fuente: Elaboración Propia –PRONATURALEZA (Mayo2014)

**Tabla 03. Equipos utilizados en campo**

Equipo	Marca/modelo/n de serie	Unidad de medición	Función
Multiparámetro	WTW/ Multi 350i/ 13500438	CE en ms/cm OD en mg/l Temp. en °C pHsin unidad	Determina el pH del agua, el oxígeno presente en el agua, la conductividad eléctrica y la temperatura.
Correntómetro	GLOBAL WATER/FP 111/ 1344005859	Rev/Tiempo (seg)	Determina la revoluciones de la hélice por cada 30 segundos

Fuente: Elaboración Propia –PRONATURALEZA (Mayo2014)

## 6.0 METODOLOGIA

La metodología empleada para la realización de los trabajos de campo se basó en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua aprobado por RJ182-2011-ANA. Dicho protocolo establece los criterios fundamentales para el desarrollo de los monitoreos considerando las pautas para identificar los parámetros, las estaciones de muestreo, procedimientos de toma de muestras, preservación, conservación, envío de muestras y documentos necesarios. Las metodologías utilizadas para la medición de cada parámetro se presentan en la tabla 04.

PARAMETRO	METODOLOGIAS	LIMITE DE DETECCION	UNIDAD
<b><i>Parámetros analizados en campo</i></b>			
Caudal	ASTM D 3858-95(2003)	--	m <sup>3</sup> /día
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012	1.7	μS/cm
Oxígeno Disuelto	EPA 360.1 1971	0.14	mg/L
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 H+ B, 22nd Ed. 2012	--	Unidades pH
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed. 2012	--	°C

**Tabla 04. Métodos de ensayo utilizados para la medición de los parámetros de calidad del agua**

<b>Parámetros analizados en laboratorio</b>			
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
Alcalinidad Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	1.0	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Alcalinidad Total		1.0	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Bicarbonatos		1.2	mg HCO <sub>3</sub> /L
Carbonatos		0.6	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Dureza Total	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2340 C, 22nd Ed. 2012	1.0	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Silicatos	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-SiO <sub>2</sub> , D, 22nd Ed. 2012	0.002	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2540 C, 21st Ed. 2012	2	mg STD/L
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2540 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012	2	mg STS/L

PARAMETRO	METODOLOGIAS	LIMITE DE DETECCION	UNIDAD
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 21st Ed. Approved by SM Committee 2006	1,8	NMP / 100mL
<b>Metales</b>			
Cromo Hexavalente Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500 Cr B, 21st Ed 2005	0.002	mg/L
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio (Al)		0.001	mg/L
Antimonio (Sb)		0.0001	mg/L
Arsénico (As)		0.0003	mg/L
Bario (Ba)		0.0001	mg/L
Berilio (Be)		0.00004	mg/L
Bismuto (Bi)		0.00001	mg/L
Boro (B)		0.0007	mg/L
Cadmio (Cd)		0.00003	mg/L
Calcio (Ca)		0.02	mg/L
Cobalto (Co)		0.00004	mg/L
Cobre (Cu)		0.0003	mg/L
Cromo (Cr)		0.0001	mg/L
Estaño (Sn)		0.0001	mg/L
Estroncio (Sr)		0.0001	mg/L
<b>Aniones por Cromatografía Iónica</b>			
Bromuro, Br-	EPA METHOD 300.1 Rev. 1 1997	0.001	mg/L
Cloruros, Cl-		0.020	mg/L
Fluoruros, F-		0.002	mg/L
Nitratos, (como N)		0.003	mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L
Nitritos, (como N)		0.001	mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L
Sulfatos		0.015	mg/L
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	0.5	mg/L
MEH	EPA 1664	1.4	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	2	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	2	mg/L
Detergentes Aniónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 22nd Ed. 2012	0.002	mg MBAS/L
<b>Análisis Microbiológicos</b>			
Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 21st Ed. Approved by SM Committee 2006	1,8	NMP / 100mL

Fosforo (P)	EPA 6020A Rev. 1 February 2007	0.004	mg/L
Hierro (Fe)		0.001	mg/L
Litio (Li)		0.001	mg/L
Magnesio (Mg)		0.004	mg/L
Manganeso (Mn)		0.0002	mg/L
Mercurio (Hg)		0.0001	mg/L
Molibdeno (Mo)		0.0001	mg/L
Níquel (Ni)		0.0002	mg/L
Plata (Ag)		0.00001	mg/L
Plomo (Pb)		0.0001	mg/L
Potasio (K)		0.008	mg/L
Selenio (Se)		0.00005	mg/L
Silicio (Si)		0.02	mg/L
Sodio (Na)		0.09	mg/L
Talio (Tl)		0.0001	mg/L
Titanio (Ti)		0.001	mg/L
Uranio (U)		0.00001	mg/L
Vanadio (V)		0.0001	mg/L
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	

Fuente: Informe de Monitoreo Ambiental Participativo, Segunda campaña AAQ. CORPLAB abril 2014

## 6.1 Determinación del Caudal

El Caudal obtenido en la Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP), fue comparado con los resultados obtenidos en el histórico detallado en la Validación de la Línea Base presentado en abril del 2014 en el Informe de la Primera Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP), con la finalidad de verificar que los caudales en épocas con las mismas condiciones climáticas sean similares. Se incluye datos meteorológicos que permiten un mejor entendimiento de los caudales.

## 6.2 Monitoreo de la calidad de agua superficial y subterránea

### 6.2.1 Métodos de Análisis químicos de laboratorio

El laboratorio CORPLAB realizó los análisis de los parámetros establecidos. La metodología utilizada para cada uno de estos análisis, se basa en las normas técnicas de entidades internacionales como APHA (American Public Health Association), EPA (Environmental Protection Agency), AWWA (American Water Works Association), indicados en la tabla 04.

## 6.2.2 Identificación de los parámetros a Evaluar

Los parámetros incluidos en la Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP), para Agua Superficial y Subterránea en la zona de estudio fueron los sugeridos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM) Categoría 3 y otros de interés que permiten explicar tendencias, como se observa en la tabla 05.

## 6.2.3 Selección de los Puntos de Monitoreo

Los Puntos de Monitoreo incluidos en la Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP) incluye puntos de monitoreo de la Línea Base Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Quellaveco, puntos de monitoreo solicitados por el comité y puntos que coinciden con los monitoreados por la ALA.

## 6.2.4 Procedimiento de toma de muestra y preservación

La toma de muestra fue realizada por el laboratorio CORPLAB, que dispuso de toda la logística para la medición en campo y materiales para la toma de muestra y preservación de esta. Se contó con la presencia de los miembros del comité, representantes de Pronaturaleza y de Anglo American.

**Tabla 05. Parámetros de Calidad de Agua Superficial y subterránea evaluados en la Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP)**

Métodos	Límite de Detección	Unidad	ECA - Cat 3		
			Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto	Bebida de Animales
<b>Parámetros de Campo</b>					
Caudal	---	L/s			
Conductividad	1.7	μS/cm	< 2000	< 2000	≤ 5000
Oxígeno Disuelto.	0.14	mg/L	≥ 4	≥ 4	≥ 5
pH (Campo)	---	Unidades pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Temperatura	---	°C			
<b>Parámetros Físico Químicos</b>					
Alcalinidad Bicarbonato	1	mg CaCO <sub>3</sub> /L			
Alcalinidad Total	1	mg CaCO <sub>3</sub> /L			
Bicarbonatos	1.2	mg HCO <sub>3</sub> /L	370	370	
Carbonatos	0.6	mg CO <sub>3</sub> /L	5	5	
Dureza Total	1	mg CaCO <sub>3</sub> /L			

<b>Silicatos</b>	0.002	mg/L			
<b>Sólidos Totales Disueltos</b>	2	mg/L			
<b>Sólidos Totales Suspendidos</b>	2	mg/L	-	-	-
<b>Parámetros Inorgánicos No Metálicos</b>					
<b>Cianuro Libre</b>	0.001	mg/L			
<b>Cianuro Total</b>	0.001	mg CN <sup>-</sup> /L			
<b>Cianuro Wad</b>	0.001	mg CN <sup>-</sup> /L	0.1	0.1	0.1
<b>Fenoles</b>	0.001	mg/L	0.001	0.001	0.001
<b>Fósforo Reactivo Disuelto</b>	0.005	mg/L			
<b>Fósforo Total</b>	0.012	mg P/L			
<b>Nitrógeno Amoniacal</b>	0.005	mg/L			
<b>Sulfuros</b>	0.001	mg S <sup>2-</sup> /L	0.05	0.05	0.05
<b>Aniones por Cromatografía Iónica</b>					
<b>Bromuro, Br-</b>	0.001	mg/L			
<b>Cloruros, Cl-</b>	0.02	mg/L	100-700	100-700	
<b>Fluoruros, F-</b>	0.002	mg/L	1	1	2
<b>Nitratos, (como N)</b>	0.003	mg/L	10	10	50
<b>Nitritos, (como N)</b>	0.001	mg/L	0.06	0.06	1
<b>Sulfatos, SO<sub>4</sub>-2</b>	0.015	mg/L	300	300	500
<b>Parámetros Orgánicos</b>					
<b>Aceites y Grasas</b>	0.5	mg/L	1	1	1
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	2	mg/L	15	15	≤ 15
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	2	mg O <sub>2</sub> /L	40	40	40
<b>Detergentes Aniónicos</b>	0.002	mg MBAS/L	1	1	1
<b>Métodos</b>	<b>Límite de Detección</b>	<b>Unidad</b>	<b>ECA - Cat 3</b>		
			<b>Vegetales Tallo Bajo</b>	<b>Métodos</b>	<b>Límite de Detección</b>
<b>Parámetros Microbiológicos</b>					
<b>Coliformes Fecales</b>	1.8	NMP/100mL	1000	2000	2000
<b>Coliformes Totales</b>	1.8	NMP/100mL	5000	5000	5000
<b>Metales</b>					
<b>Cromo Hexavalente</b>	0.003	mg/L	0.1	0.1	1
<b>Metales Totales por ICP-MS</b>					
<b>Aluminio (Al)</b>	0.001	mg/L	5	5	5
<b>Antimonio (Sb)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Arsénico (As)</b>	0.0003	mg/L	0.05	0.05	0.1
<b>Bario (Ba)</b>	0.0001	mg/L	0.7	0.7	

<b>Berilio (Be)</b>	0.00004	mg/L			0.1
<b>Bismuto (Bi)</b>	0.00001	mg/L			
<b>Boro (B)</b>	0.0007	mg/L	0.5-6	0.5-6	5
<b>Cadmio (Cd)</b>	0.00003	mg/L	0.005	0.005	0.01
<b>Calcio (Ca)</b>	0.02	mg/L	200	200	
<b>Cobalto (Co)</b>	0.00004	mg/L	0.05	0.05	1
<b>Cobre (Cu)</b>	0.0003	mg/L	0.2	0.2	0.5
<b>Cromo (Cr)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Estaño (Sn)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Estroncio (Sr)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Fosforo (P)</b>	0.004	mg/L			
<b>Hierro (Fe)</b>	0.001	mg/L	1	1	1
<b>Litio (Li)</b>	0.001	mg/L	2.5	2.5	2.5
<b>Magnesio (Mg)</b>	0.004	mg/L	150	150	150
<b>Manganeso (Mn)</b>	0.0002	mg/L	0.2	0.2	0.2
<b>Mercurio (Hg)</b>	0.0001	mg/L	0.001	0.001	0.001
<b>Molibdeno (Mo)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Níquel (Ni)</b>	0.0002	mg/L	0.2	0.2	0.2
<b>Plata (Ag)</b>	0.00001	mg/L	0.05	0.05	0.05
<b>Plomo (Pb)</b>	0.0001	mg/L	0.05	0.05	0.05
<b>Potasio (K)</b>	0.008	mg/L			
<b>Selenio (Se)</b>	0.00005	mg/L	0.05	0.05	0.05
<b>Silicio (Si)</b>	0.02	mg/L			
<b>Sodio (Na)</b>	0.09	mg/L	200	200	
<b>Talio (Tl)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Titanio (Ti)</b>	0.001	mg/L			
<b>Uranio (U)</b>	0.00001	mg/L			
<b>Vanadio (V)</b>	0.0001	mg/L			
<b>Zinc (Zn)</b>	0.003	mg/L	2	2	24

Fuente: D.S 002-2008-MINAM

### 6.3 Validación de línea base ambiental: Época húmeda

Se validará la línea base ambiental comparando los resultados obtenidos en el monitoreo de marzo abril del 2014 con la distribución de los datos de monitoreo generados por la empresa Anglo American y la información contenida en el EIA del Proyecto Quellaveco durante el periodo 1994 - 2013, durante el periodo considerado húmedo meses de enero a abril, con la finalidad de aceptarla, validarla y darle aceptación legal. Los resultados de las estaciones de monitoreo AS-1, ALT-4, P-11, P-1, P-10, P-12, CH-3, AS-3, CAP-1 y CAP-2, serán validados, con la información mencionada en el periodo.

### 6.3.1 Determinación de caudal en época húmeda

Por lo general la época húmeda es entre los meses de enero a abril, durante este periodo la presencia de lluvias son eventos con poca periodicidad en la región Moquegua, debido al cambio climático las fechas de lluvia varían considerablemente, por esta razón se utilizó el test de grubbs para determinar valores atípicos de caudal con un intervalo de confianza del 70 %.

$$1.036 < \frac{|Q_i - Q_{prom}|}{\sigma}$$

Donde:

$Q_i$  = Caudal en cualquier tiempo

$Q_{prom}$  = Caudal Promedio

$\sigma$  = desviación estándar

Como se observa en la tabla 06, los caudales se clasificaron como caudales de la época húmeda total entre enero y abril, época húmeda sin lluvia, época húmeda con lluvia y el caudal del MAP II.

**Tabla 06. Clasificación de épocas en función al caudal del cuerpo de agua**

Fecha	Caudal			
	E-A	Sin lluvia	Lluvia	MAP II
20/2/96	449.00	449.00		
8/1/97	346.00	346.00		
12/2/97	770.00	770.00		
26/3/07	---	---		
26-mar-07	---	---		
18-ene-11	364.00	364.00		
19-feb-11	1748.00		1748.00	
19-mar-11	929.00	929.00		
12-abr-11	686.00	686.00		
10-ene-12	2099.83		2099.83	
05-mar-12	2046.00		2046.00	
19-abr-12	534.00	534.00		
11-ene-13	589.88	589.88		
15-feb-13	388.79	388.79		
05-mar-13	2186.30		2186.30	
17-abr-13	635.20	635.20		
31-mar-14				280.4

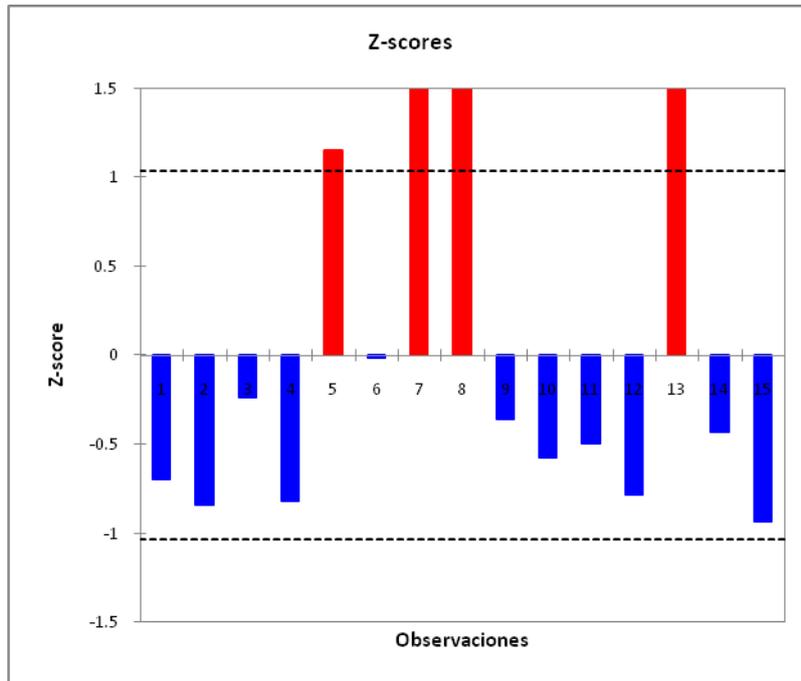
E-A: Estudio de Impacto Ambiental Anglo American Quellaveco

Como se observa en la tabla 07 y figura 01, los caudales que exceden valores de 1660, son considerados como caudales de época húmeda con lluvia.

Los caudales que están por debajo 1660 son considerados como caudales de época húmeda sin lluvia. El actual monitoreo se consideró así porque responde a las condiciones climáticas comunes de la zona, que en época húmeda presentan muy pocas precipitaciones

**Tabla 07. Caudales y sus valores del test de grubbs.**

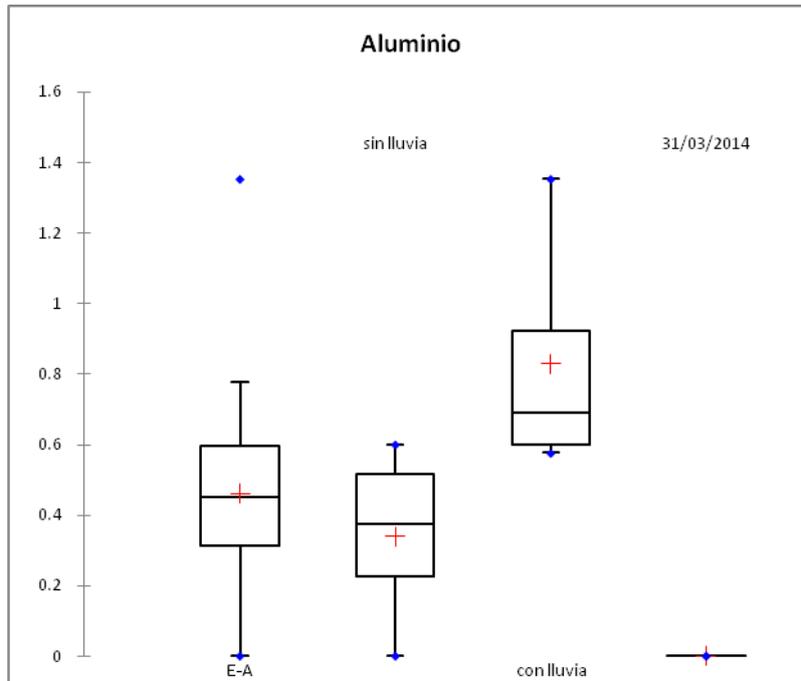
Valor	Z-score
449.000	-0.694
346.000	-0.841
770.000	-0.237
364.000	-0.815
<b>1748.000</b>	<b>1.154</b>
929.000	-0.011
<b>2099.830</b>	<b>1.655</b>
<b>2046.000</b>	<b>1.578</b>
686.000	-0.357
534.000	-0.573
589.875	-0.494
388.792	-0.780
<b>2186.300</b>	<b>1.778</b>
635.200	-0.429
280.400	-0.934



**Figura 01.** Representación de los valores del caudal y los test de Grubbs

### 6.3.2 Inclusión del monitoreo en el record histórico línea base: diagramas de cajas y bigotes

Los valores determinados para cada parámetro en una estación fueron comparados con el registro histórico de la línea base monitoreado por Anglo American durante el periodo húmedo (enero – abril). Los datos fueron representados utilizando los Diagramas de Cajas y Bigotes considerando la época húmeda, época húmeda sin presencia de lluvias y época húmeda con presencia de lluvias, como se observa en la figura 2 y resumen estadístico de la tabla 08.



**Figura 02.** Diagrama de Cajas y Bigotes para la concentración de Aluminio en la época húmeda

E-A: Estudio de Impacto Ambiental Anglo American Quellaveco

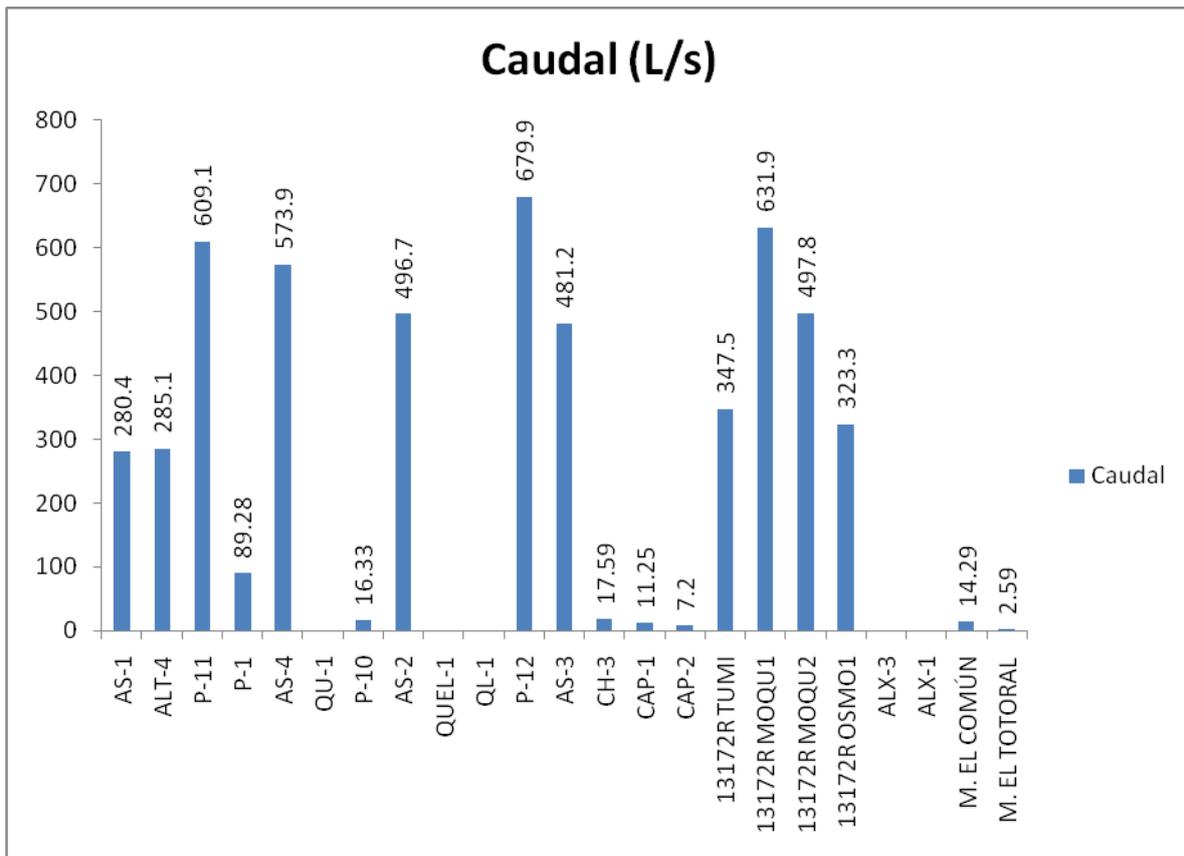
**Tabla 08. Información estadística de los parámetros en la época húmeda**

Estadística	Época húmeda		
	Total	sin lluvia	con lluvia
No. de observaciones	17		
Mínimo	0.001	0.001	0.576
Máximo	1.353	0.600	1.353
1° Cuartil	0.314	0.225	0.596
Mediana	0.452	0.376	0.690
3° Cuartil	0.594	0.516	0.920
Media	0.461	0.338	0.827

## 7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Determinación del Caudal y la época de monitoreo

Como se observa en la figura 03, las quebradas QU-1, QUEL-1 y QL-1, no presentan caudal, lo que indica ausencia de lluvias en la época de monitoreo, por otro lado los valores son bajos comparados con los registros históricos.



**Figura 03:** Variación espacial del Caudal de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – marzo abril 2014 del Programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP)

Cuando se compara los resultados de los caudales con los valores obtenidos con la validación de línea base de la época húmeda como se observa en la tabla 09, nos indica que los caudales de las estaciones validadas están incluidos en la estación húmeda sin lluvias.

**Tabla 09:** Comparación de los resultados de Caudal de la segunda campaña de monitoreo con los resultados de la validación de la línea de base ambiental época húmeda sin lluvias.

Estación	Fecha	Caudal L/s	Periodo	Validación de Línea Base Época Seca						Época
				Q mín	Q máx	1er cuartil	3er cuartil	mediana	mediana	
AS-1	10/01/2014	655.19	1994-2013							Húmeda sin lluvia
	13/02/2014	313.2								
	02/03/2014	372.2								
	31/03/2014	280.4								

	14									
ALT-4	12/01/2014	252.1	1994-2013	183	770	221	367.6	249.7	344.5	Húmeda sin lluvia
	13/02/2014	290.5								
	02/03/2014	318.5								
	31/03/2014	285.1								
P-11	25/01/2014	1312.1	2010-2013	668	3012	965.8	2009.5	1050.2	1488.7	Húmeda sin lluvia
	13/02/2014	521.3								
	02/03/2014	656.6								
	31/03/2014	609.1								
P-1	10/01/2014	131.6	1994-2013	58	483.9	87.8	176.3	116	173.7	Húmeda sin lluvia
	13/02/2014	75.5								
	02/03/2014	105.5								
	31/03/2014	89.3								
P-10	10/01/2014	16.9	1994-2013	9	165.2	13.6	62.7	30.8	49.8	Húmeda sin lluvia
	13/02/2014	18.1								
	02/03/2014	19.8								
	01/04/2014	16.33								
P-12	11/01/2014	1159.8	2010-2013	1019	3215	1118.7	2580	1390	1750	Húmeda sin lluvia
	14/02/2014	519.5								
	03/03/2014	701.5								
	02/04/2014	679.9								
AS-3	13/01/2014	1123.8	1999-2013	687	2170	1084.9	1844	1304	1408	Húmeda sin lluvia
	14/02/2014	676.5								
	03/03/2014	647.5								
	02/04/2014	481.2								
CH-3	13/01/2014	44.7	2007-2013	53	1135.1	76.3	394.8	145.3	300.9	Húmeda sin lluvia
	14/02/2014	33.2								
	03/03/2014	65.7								
	02/04/2014	17.59								

CAP-1	14/01/2014	27.5	1999-2013	10	828	54.5	462.9	151.2	270.1	Húmeda sin lluvia
	15/02/2014	12.9								
	04/03/2014	12.2								
	03/04/2014	11.25								
CAP-2	26/01/2014	35.8	1999-2013	3.8	599.6	28.9	407.4	61.5	200.8	Húmeda sin lluvia
	16/02/2014	9.4								
	07/03/2014	8.2								
	05/04/2014	7.2								

Fuente: PRONATURALEZA Mayo 2014, Angloamerican Informe de calidad y cantidad de agua Primer Trimestre 2014

Como se observa en la Tabla 06 los caudales registrados entre los meses de enero y abril corresponden a los valores esperados para la época húmeda sin lluvias.

La información sobre la precipitación medida en la estación OTORA -158302 distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto Moquegua, se ha registrado una precipitación acumulada mensual muy baja considerando la época de monitoreo como época húmeda sin lluvias.

**Tabla 10. Precipitación mensual en la época de monitoreo de la Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).**

Mes	Mm
ene-14	11.9
feb-14	0
mar-14	0
abr-14	0

Fuente: Datos Históricos SENAMHI 2014

## 7.2 Monitoreo de la calidad de agua superficial y subterránea

### 7.2.1 Identificación de los parámetros a Evaluar

Los parámetros seleccionados para el presente monitoreo son:

- Parámetros de Campo: Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH (Campo).
- Parámetros Físico Químicos: Alcalinidad Total, Carbonatos.
- Parámetros Inorgánicos: Cianuro Wad, Fenoles, Fósforo Reactivo Disuelto, Sulfuros, Cloruros, Cl<sup>-</sup>, Fluoruros, F<sup>-</sup>, Nitratos, (como N), Nitritos, (como N), Sulfatos, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>.

- Parámetros Orgánicos: Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Detergentes Aniónicos,
- Parámetros Microbiológicos: Coliformes Fecales, Coliformes Totales.
- Metales: Cromo Hexavalente, Aluminio (Al), Arsénico (As), Bario (Ba), Boro (B), Cadmio (Cd), Calcio (Ca), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Litio (Li), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plata (Ag), Plomo (Pb), Sodio (Na) y Zinc (Zn).
- Adicionalmente se monitoreo: Temperatura, Caudal, Conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto.

### 7.1.2 Puntos de Monitoreo

En total se seleccionó 23 puntos de monitoreo en la cuenca Ilo-Moquegua, que se detallan en la tabla 11.

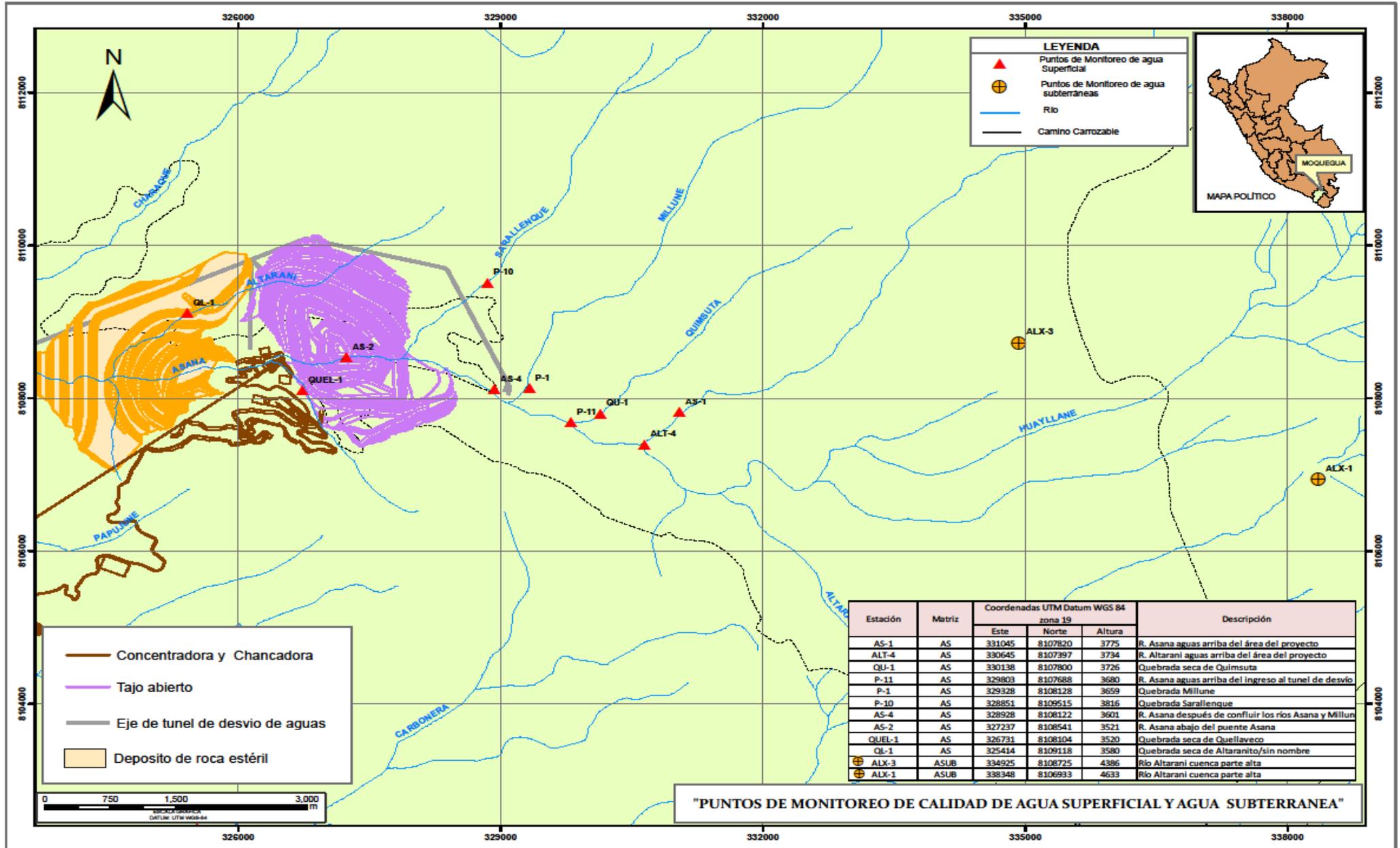
**Tabla 11. Puntos de Monitoreo seleccionados**

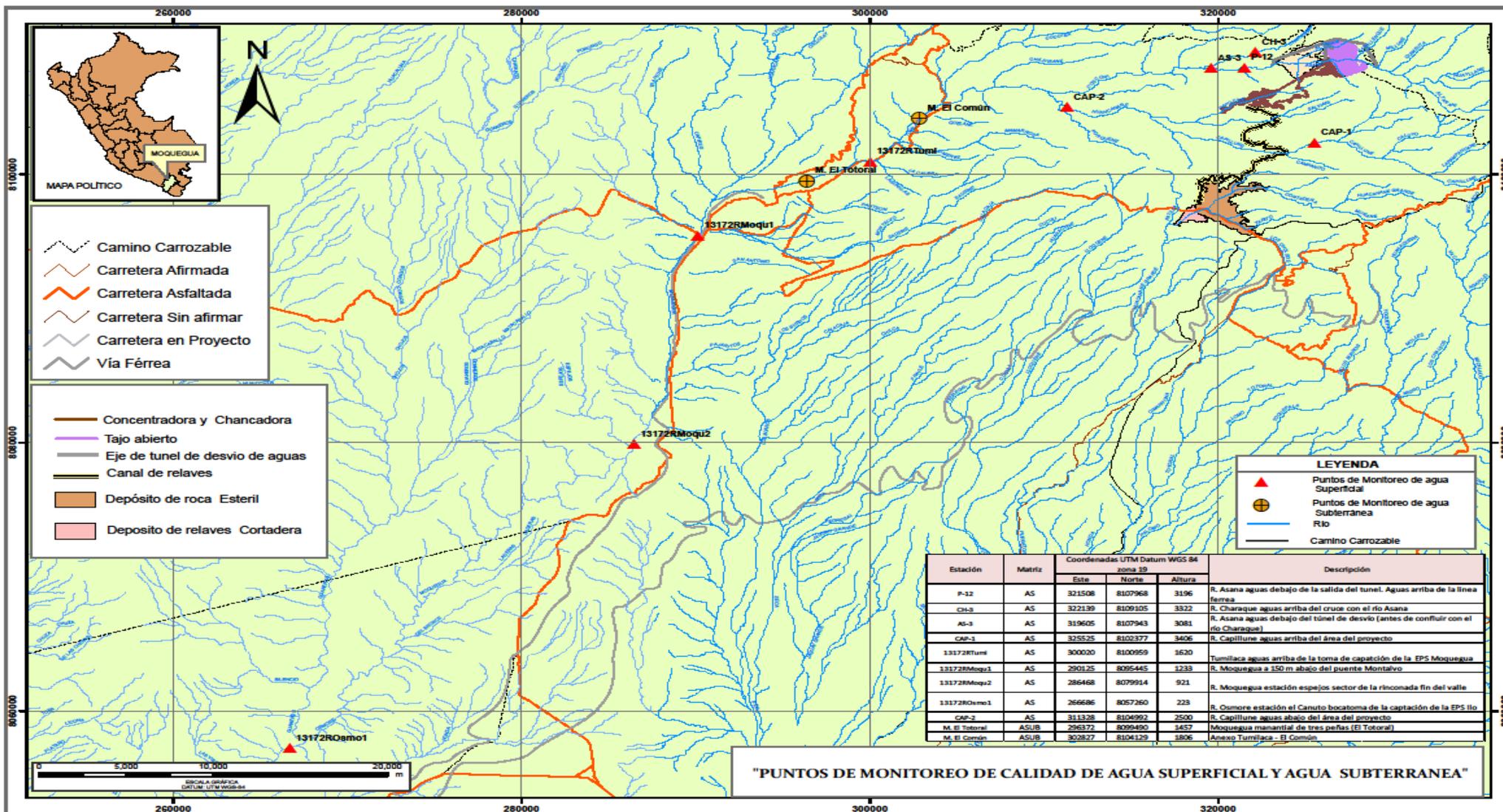
Puntos de Monitoreo	Descripción
AS-1	Río Asana, aguas arriba del área del proyecto.
ALT-4	Río Altarani, aguas arriba del área del proyecto.
P-11	Río Asana Aguas arriba del ingreso del túnel de desvío.
P-1	Quebrada Millune
AS-4	Río Asana, después de confluir los ríos Asana y Millune
QU-1	Quebrada seca de Quinsuta
P-10	Quebrada Sarallenque
AS-2	Río Asana, abajo del puente Asana.
QUEL-1	Quebrada de Quellaveco.
QL-1	Quebrada seca de Altaranito/sin nombre
P-12	Río Asana, aguas abajo de la salida del túnel.
AS-3	Río Asana. Aguas abajo del túnel de desvío (antes de confluir con el río Charaque).
CH-3	Río Charaque, aguas abajo del futuro depósito del Material Estéril.
CAP-1	Río Capillune, aguas arriba del Río Capillune del área del proyecto.
CAP-2	Río Capillune, aguas abajo del río capillune del área del Proyecto.
13172Rtumi	Río Tumulaca, aguas arriba de la toma de captación de la EPS Moquegua.
13172Rmoqu1	Río Moquegua a 150 m abajo del puente Montalvo
13172Rmoqu2	Río Moquegua, estación espejos sector de la Rinconada, fin del valle
13172ROsmo1	Río Osmore, estación el Canuto, bocatoma de captación de la EPS Ilo.
ALX-1	Río Altarani, Cuenca parte alta

<b>ALX-3</b>	Río Altarani, Cuenca parte alta
<b>M. El Totoral</b>	Moquegua, el manantial de tres peñas
<b>M. El Común</b>	Anexo Tumilaca – El Común

*Fuente: Propuesta del Subcomité de Monitoreo Ambiental Participativo*

El punto AS-5 monitoreado en la primera campaña de monitoreo no ha sido considerada para la Segunda Campaña de Monitoreo, ha sido reemplazado por el punto M. El Totoral.





### 7.2.3 Resultados de los Análisis químicos de laboratorio.

Métodos	Límite de Detección	Unidad	Código de Laboratorio																								ECA - Cat 3 (D.S 002-2008.MINAM)		
			Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto	Bebida de Animales
<b>Parámetros de Campo</b>																													
Caudal	---	L/s	280.4	285.1	609.1	89.28	573.9	SR	16.33	496.7	SR	SR	679.9	481.2	17.59	11.25	7.2	347.5	631.9	497.8	323.3	---	---	14.29	2.59				
Conductividad	1.7	µS/cm	148.9	48.7	111.2	428	161.7	---	46.1	158	---	---	160.4	161.1	89	109.3	3200	341	973	2160	1856	75.1	45.1	475	715	< 2000	< 2000	≤ 5000	
Oxígeno Disuelto.	0.14	mg/L	7.66	7.06	7.06	7.13	7.22	---	7.12	7.85	---	---	7.64	7.61	7.5	6.51	7.75	8.28	8.68	9.22	10.18	0.42	1.32	5.14	2.28	≥ 4	≥ 4	>5	
pH (Campo)	---	Unidades pH	7.93	7.86	8.08	4.4	6.85	---	8.64	7.3	---	---	7.63	7.72	8	7.73	8.32	8.06	8.13	8.18	8.72	7.75	7.45	6.71	6.46	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	
Temperatura	---	°C	8.7	12.6	12.6	12.4	10.7	---	11.7	13	---	---	14.3	16.8	15.6	15.5	15.7	15.6	21.4	23.3	27.2	14.4	6.1	19.8	20.4				
<b>Parámetros Físico Químicos</b>																													
Alcalinidad Bicarbonato	1	mg CaCO <sub>3</sub> /L	25.4	15.7	21.6	ND	17.9	---	15.4	17.8	---	---	11.7	12.7	25.1	35.3	112.5	65	161.8	186.4	43.8	38.1	16.2	98.1	119.2				
Alcalinidad Total	1	mg CaCO <sub>3</sub> /L	25.4	15.7	21.6	ND	17.9	---	17.1	17.8	---	---	11.7	12.7	25.1	35.3	118	65	164.4	186.4	54.5	38.1	16.6	98.1	119.2				
Bicarbonatos	1.2	mg HCO <sub>3</sub> /L	31	19.2	26.3	ND	21.8	---	18.7	21.7	---	---	14.2	15.4	30.7	43.1	137.2	79.3	197.4	227.5	53.4	46.5	19.7	119.7	145.5	370	370		
Carbonatos	0.6	mg CO <sub>3</sub> /L	ND	ND	ND	ND	ND	---	1.1	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	3.3	ND	1.6	ND	6.5	ND	ND	ND	ND	5	5		
Dureza Total	1	mg CaCO <sub>3</sub> /L	49.9	12.5	36.4	116.7	53.6	---	11	53.3	---	---	44	45.2	26.6	36.5	733.7	113.7	300.5	734.5	526.2	25.3	11.6	171.2	268.1				
Silicatos	0.002	mg/L	11.52	10.58	12.31	18.93	13.76	---	12.74	13.51	---	---	12.18	11.93	10.88	6.321	10.04	12.73	14.49	11.54	8.726	0.348	5.402	15.92	16.07				
Sólidos Totales Disueltos	2	mg/L	92	29	66	269	107	---	29	101	---	---	93	99	51	67	2181	233	684	1436	1211	60	38	288	499				
Sólidos Totales Suspendidos	2	mg/L	2	ND	3	4	10	---	3	11	---	---	31	9	ND	5	ND	8	12	3	3	24	193	ND	3	-	-	-	
<b>Parámetros Inorgánicos No Metálicos</b>																													
Cianuro Libre		mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND																
Cianuro Total	0.001	mg CN <sup>-</sup> /L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND																
Cianuro Wad	0.001	mg CN <sup>-</sup> /L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.1	0.1	0.1													
Fenoles	0.001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND																
Fósforo Total	0.012	mg P/L	0.056	0.061	0.03	0.028	ND	---	ND	ND	---	---	0.057	0.049	0.089	ND	0.021	0.026	0.063	ND	ND	ND	ND	0.08	0.039				
Fósforo Reactivo Disuelto	0.005	mg/L	ND	ND	ND	ND	0.068	---	0.036	0.028	---	---	ND	ND	ND	ND	0.123	0.113	0.111	0.032	0.042	ND	0.212	0.106	0.081				
Nitrógeno Amoniacal	0.005	mg/L	0.008	0.01	ND	ND	ND	---	0.008	ND	---	---	ND	0.026	ND	0.092	0.011	ND	ND										
Sulfuros	0.001	mg S <sup>2-</sup> /L	ND	ND	ND	ND	0.006	---	ND	0.011	---	---	0.012	0.006	0.007	ND	0.013	0.007	0.003	ND	0.005	0.001	0.011	0.015	ND	0.05	0.05	0.05	
<b>Aniones por Cromatografía Iónica</b>																													
Bromuro, Br-	0.001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND																
Cloruros, Cl-	0.02	mg/L	0.734	0.517	0.612	0.83	0.652	---	0.67	0.754	---	---	0.886	1.184	1.444	1.265	578.7	13.75	88.66	330.2	314.6	1.192	0.557	16.71	55.75	100-700	100-700		

Fluoruros, F <sub>-</sub>	0.002	mg/L	0.051	0.028	0.056	0.264	0.075	---	0.023	0.084	---	---	0.067	0.066	0.043	0.052	1.809	0.123	0.204	0.186	0.164	0.038	0.026	0.164	0.108	1	1	2	
Nitratos, (como N)	0.003	mg/L	ND	0.037	0.01	0.05	0.02	---	0.026	0.016	---	---	0.01	0.003	ND	ND	ND	0.135	2.514	3.143	ND	0.004	0.062	1.449	4.063	10	10	50	
Nitritos, (como N)	0.001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.06	0.06	1										
Sulfatos, SO <sub>4</sub> -2	0.015	mg/L	37.2	4.669	26.23	198.8	59.36	---	3.029	57.88	---	---	53.73	53.54	13.34	13.91	686.4	75.36	182.1	441.5	422.6	0.136	2.904	103.7	140.4	300	300	500	
<b>Parámetros Orgánicos</b>																													
Aceites y Grasas	0.5	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	1	1	1									
MEH	1.4	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-									
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	13	ND	11	8	6	ND	ND	6	8	15	15	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	2	mg O <sub>2</sub> /L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	6	ND	ND	ND	0.005	ND	0.004	0.008	0.005	ND	ND	0.006	ND	40	40	40	
Detergentes Aniónicos	0.002	mg MBAS/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND										
<b>Parámetros Microbiológicos</b>																													
Coliformes Fecales	1.8	NMP/100 mL	2	4.5	2	< 1.8	< 1.8	---	< 1.8	2	---	---	23	< 1.8	< 1.8	46	< 1.8	3500	790	490	27	< 1.8	< 1.8	34	110	1000	2000	1000	
Coliformes Totales	1.8	NMP/100 mL	46	33	23	79	7.8	---	33	2	---	---	33	< 1.8	< 1.8	240	33	16000	1100	1400	540	< 1.8	< 1.8	170	2400	5000	5000	5000	
<b>Metales</b>																													
Cromo Hexavalente	0.003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.1	1									
<b>Metales Totales por ICP-MS</b>																													
Aluminio (Al)	0.001	mg/L	ND	ND	ND	12.63	2.415	---	0.145	2.361	---	---	2.723	1.173	ND	0.042	0.025	0.419	0.237	ND	ND	0.148	0.252	0.026	ND	5	5	5	
Antimonio (Sb)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND										
Arsénico (As)	0.0003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	0.0084	ND	0.0102	0.0063	0.0068	ND	0.0062	0.0032	ND	0.05	0.05	0.1		
Bario (Ba)	0.0001	mg/L	0.0136	ND	0.0127	0.0275	0.0157	---	0.0108	0.0172	---	---	0.02	0.0164	0.0158	0.033	0.1492	0.0395	0.1002	0.0967	0.0747	0.0133	0.0807	0.0578	0.1009	0.7	0.7		
Berilio (Be)	0.00004	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1										
Bismuto (Bi)	0.00001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND										
Boro (B)	0.0007	mg/L	0.0346	0.0185	0.0266	0.0339	0.0269	---	0.0232	0.0276	---	---	ND	ND	ND	0.0559	6.628	0.1607	0.8554	1.304	1.081	0.0178	0.0219	0.2617	0.4337	0.5-6	0.5-6	5	
Cadmio (Cd)	0.00003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.005	0.005	0.01										
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	14.23	4.4	9.79	35.87	15.82	---	2.7	15.37	---	---	12.21	12.54	7.39	8.7	241.6	33.3	104.7	211.8	139.1	8.23	3.56	56.66	78.23	200	200		
Cobalto (Co)	0.00004	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.00061	0.0009	ND	ND	0.05	0.05	1									
Cobre (Cu)	0.0003	mg/L	ND	ND	ND	ND	0.003	---	ND	0.0045	---	---	0.0157	0.0115	ND	0.002	0.0031	0.0053	ND	0.0015	ND	0.0063	0.0434	0.0032	ND	0.2	0.2	0.5	
Cromo (Cr)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.0012	ND	ND	ND	ND	ND										
Estaño (Sn)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND										
Estroncio (Sr)	0.0001	mg/L	0.1042	0.0319	0.0764	0.3872	0.1351	---	0.0352	0.1317	---	---	0.1207	0.1183	0.0627	0.078	1.592	0.2096	0.8102	1.624	1.386	0.0574	0.0602	0.2477	0.5354				
Fosforo (P)	0.004	mg/L	0.056	0.059	0.028	0.027	0.063	---	0.032	0.024	---	---	0.056	0.049	0.087	ND	0.124	0.113	0.109	0.031	0.041	ND	0.211	0.107	0.081				
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	ND	ND	ND	ND	0.189	---	0.107	0.249	---	---	0.547	0.193	ND	0.08	ND	0.29	1.324	ND	ND	10.1	91.39	0.01	ND	1	1	1	
Litio (Li)	0.001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.903	ND	0.089	0.086	0.067	ND	ND	0.02	ND	2.5	2.5	2.5	
Magnesio (Mg)	0.004	mg/L	2.64	ND	1.823	8.322	3.121	---	1.016	3.055	---	---	2.77	2.748	1.714	2.775	23.74	4.324	12.42	29.31	27.6	0.715	0.597	6.528	11.09	150	150	150	
Manganeso (Mn)	0.0002	mg/L	ND	ND	ND	0.406	0.0892	---	0.0074	0.0845	---	---	0.0903	0.0567	ND	0.0141	0.0183	0.0601	0.0753	0.0348	0.0193	0.3431	0.9569	0.0125	0.0099	0.2	0.2	0.2	
Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.001	0.001	0.001										
Molibdeno (Mo)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.0129	ND	ND	0.0066	0.0052	0.0019	ND	0.0015	ND	ND	ND	ND	
Niquel (Ni)	0.0002	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.0047	0.0031	ND	ND	0.2	0.2	0.2									
Plata (Ag)	0.00001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.05	0.05	0.05										

Plomo (Pb)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	0.0099	0.0119	ND	ND	0.05	0.05	0.05							
Potasio (K)	0.008	mg/L	1.895	1.569	1.813	3.465	2.125	---	2.484	2.207	---	---	1.829	1.997	2.595	2.696	6.885	2.212	6.31	8.768	7.119	3.398	1.547	2.658	3.309						
Selenio (Se)	0.00005	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.00809	0.00448	ND	ND	ND	ND	0.05	0.05	0.05									
Silicio (Si)	0.02	mg/L	19.33	15.58	17.84	23.32	15.85	---	16.51	15.77	---	---	19.25	18.76	13.65	10.86	13.1	16.83	24.76	18.98	12.11	1.42	21.95	21.41	23.02						
Sodio (Na)	0.09	mg/L	7	3.65	5.7	13.1	7.59	---	3.56	7.43	---	---	6.91	7.1	4.32	6.52	414.7	18.06	80.09	173	143.7	4.26	5.71	24.59	34.11	200	200				
Talio (Tl)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND								
Titanio (Ti)	0.001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND								
Uranio (U)	0.00001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.00372	0.01111	0.00551	ND	ND	ND	0.0049											
Vanadio (V)	0.0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	0.0072	0.0043	ND	ND	ND	ND												
Zinc (Zn)	0.003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND	---	---	ND	ND	ND	ND	0.037	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.011	ND	2	2	24			

Fuente: Informe de ensayo (8034, 8302, 8529, 8634, 8666, 8883) CORPLAB

Resaltado con amarillo: excede el ECA Agua Categoría 3

SR: Sin registro

ND: No detectable

### Blancos y duplicados realizados en el monitoreo

Métodos	Límite de Detección	Unidad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Parámetros de Campo</b>								
Caudal	---	L/s	496,7	---	---	---	497,8	---
Conductividad	1,7	µS/cm	158,2	ND	75,2	ND	2160,0	ND
Oxígeno Disuelto.	0,14	mg/L	7,83	6,01	0,42	5,88	9,22	6,29
pH (Campo)	---	Unidades pH	7,28	5,88	7,74	6,61	8,18	6,15
Temperatura	---	°C	13,1	24,8	14,3	13,6	23,3	27,8
<b>Parámetros Físico Químicos</b>								
Alcalinidad Bicarbonato	1,0	mg CaCO3/L	17,7	ND	37,1	ND	184,3	ND
Alcalinidad Total	1,0	mg CaCO3/L	17,7	ND	37,1	ND	184,3	ND
Bicarbonatos	1,2	mg HCO3/L	21,6	ND	45,2	ND	224,9	ND
Carbonatos	0,6	mg CO3/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dureza Total	1,0	mg CaCO3/L	54,0	ND	26,1	ND	727,5	ND
Silicatos	0,002	mg/L	14,17	ND	0,344	ND	11,49	ND
Sólidos Totales Disueltos	2	mg/L	101	ND	60	ND	1437	ND
Sólidos Totales Suspendidos	2	mg/L	11	ND	22	ND	3	ND
<b>Parámetros Inorgánicos No Metálicos</b>								
Cianuro Libre	0,001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Cianuro Total	0,001	mg CN <sup>-</sup> /L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cianuro Wad	0,001	mg CN <sup>-</sup> /L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenoles	0,001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo Reactivo Disuelto	0,005	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo Total	0,012	mg P/L	0,027	ND	ND	ND	0,035	ND
Nitrógeno Amoniaco	0,005	mg/L	ND	ND	0,091	ND	ND	ND
Sulfuros	0,001	mg S <sup>2-</sup> /L	0,012	ND	0,001	ND	ND	ND
<b>Aniones por Cromatografía Iónica</b>								
Bromuro, Br-	0,001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cloruros, Cl-	0,020	mg/L	0,741	ND	1,195	ND	332,3	ND
Fluoruros, F-	0,002	mg/L	0,085	ND	0,036	ND	0,189	ND
Nitratos, (como N)	0,003	mg/L	0,016	ND	0,004	ND	3,100	ND
Nitritos, (como N)	0,001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfatos, SO <sub>4</sub> -2	0,015	mg/L	57,26	ND	0,131	ND	431,9	ND
<b>Parámetros Orgánicos</b>								
Aceites y Grasas	0,5	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Demanda Química de Oxígeno	2	mg O <sub>2</sub> /L	ND	ND	ND	ND	8	ND
Detergentes Aniónicos	0,002	mg MBAS/L	ND	ND	ND	ND	0,009	ND
MEH	1,4	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Parámetros Microbiológicos</b>								
Coliformes Fecales	1,8	NMP/100mL	1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	330	< 1,8
Coliformes Totales	1,8	NMP/100mL	4,0	< 1,8	< 1,8	< 1,8	1700	< 1,8
<b>Metales</b>								
Cromo Hexavalente	0,003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Metales Totales por ICP-MS</b>								
Aluminio (Al)	0,001	mg/L	2,303	ND	0,132	ND	ND	ND
Antimonio (Sb)	0,0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico (As)	0,0003	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,0061	ND
Bario (Ba)	0,0001	mg/L	0,0167	ND	0,0140	ND	0,0963	ND
Berilio (Be)	0,00004	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bismuto (Bi)	0,00001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Boro (B)	0,0007	mg/L	0,0261	ND	0,0175	ND	1,324	ND
Cadmio (Cd)	0,00003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio (Ca)	0,02	mg/L	14,97	ND	7,89	ND	212,2	ND
Cobalto (Co)	0,00004	mg/L	ND	ND	0,00051	ND	ND	ND
Cobre (Cu)	0,0003	mg/L	0,0039	ND	0,0060	ND	0,0016	ND
Cromo (Cr)	0,0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estaño (Sn)	0,0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estroncio (Sr)	0,0001	mg/L	0,1314	ND	0,0578	ND	1,631	ND
Fosforo (P)	0,004	mg/L	0,024	ND	ND	ND	0,034	ND
Hierro (Fe)	0,001	mg/L	0,220	ND	9,539	ND	ND	ND
Litio (Li)	0,001	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,087	ND
Magnesio (Mg)	0,004	mg/L	2,976	ND	0,726	ND	29,81	ND
Manganeso (Mn)	0,0002	mg/L	0,0775	ND	0,3508	ND	0,0347	ND
Mercurio (Hg)	0,0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Molibdeno (Mo)	0,0001	mg/L	ND	ND	0,0017	ND	0,0064	ND
Niquel (Ni)	0,0002	mg/L	ND	ND	0,0043	ND	ND	ND
Plata (Ag)	0,00001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo (Pb)	0,0001	mg/L	ND	ND	0,0101	ND	ND	ND
Potasio (K)	0,008	mg/L	2,195	ND	3,452	ND	8,758	ND
Selenio (Se)	0,00005	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,00803	ND
Silicio (Si)	0,02	mg/L	15,64	ND	1,53	ND	18,82	ND

<b>Sodio (Na)</b>	0,09	mg/L	7,28	ND	4,34	ND	176,7	ND
<b>Talio (Tl)</b>	0,0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Titanio (Ti)</b>	0,001	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Uranio (U)</b>	0,00001	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,01101	ND
<b>Vanadio (V)</b>	0,0001	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,0070	ND
<b>Zinc (Zn)</b>	0,003	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Informe de ensayo (8302, 8634, 8666) CORPLAB

ND: No detectable

D: Duplicado

B: Blanco

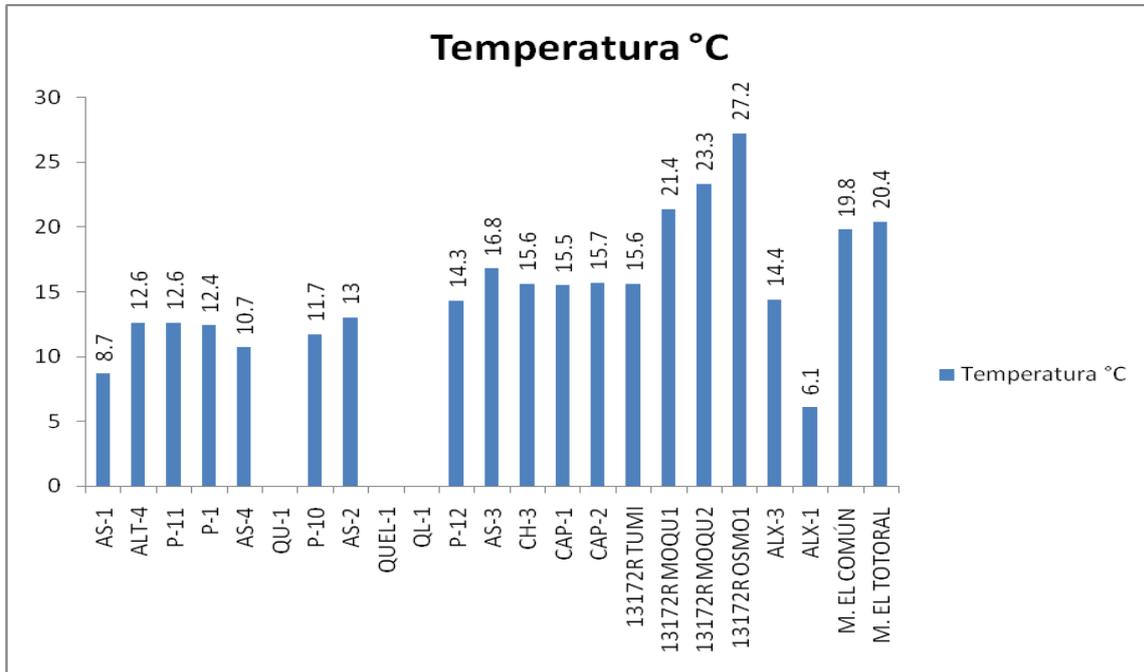
## Resultados adicionales de Coliformes termotolerantes y totales obtenidos en la estación 13172RTumi

		<b>Código de Laboratorio</b>	166992/2014.1 - 0
		<b>Fecha y Hora de Muestreo</b>	03-jun-14 08:30
		<b>Estación de Muestreo</b>	13172RTUMI
		<b>Tipo de Muestra</b>	PER - Aguas Superficiales
<b>Métodos</b>	<b>Límite de Detección</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Parámetros de Campo</b>			
<b>Conductividad</b>	1,7	μS/cm	287,0
<b>Oxígeno Disuelto.</b>	0,14	mg/L	9,20
<b>pH (Campo)</b>	---	Unidades pH	8,20
<b>Temperatura</b>	---	°C	11,1
<b>Parámetros Microbiológicos</b>			
<b>Coliformes Fecales</b>	1,8	NMP/100mL	240
<b>Coliformes Totales</b>	1,8	NMP/100mL	240

Fuente: Informe de ensayo (15169,15170) CORPLAB

## 7.2.4 Interpretación de los Resultados de Laboratorio

### Temperatura



**Figura 04.** Variación espacial de la Temperatura de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP)

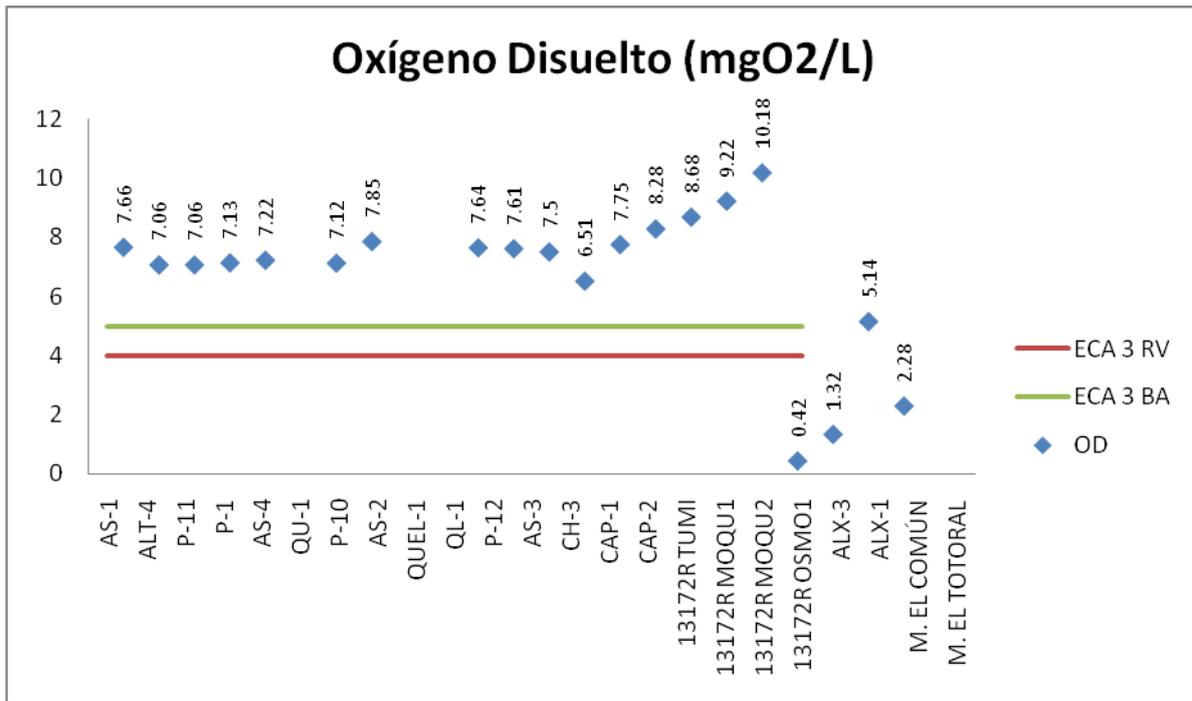
Nuestro Estándar Nacional de Calidad de Agua no fija un valor para este parámetro, este parámetro depende de la altura, la hora de muestreo, de las condiciones del tiempo, estación del año, entre otros. Se recomienda monitorear la temperatura como parámetro referencial, que permite explicar el comportamiento de otros parámetros.

Como se observa en la figura 03, la temperatura del agua en los puntos de monitoreo de cuenca media del Asana (AS-1, ALT-4, P-11, P-1, AS-4, P-10, AS-2, P-12, AS-3, CH-3, CAP-1, CAP-2, AS-4) presenta valores entre 8.7 y 16.8 °C, en los puntos de monitoreo de la calidad del agua de la zona baja (13172RTumi, 13172Rmoqu1, 13172Rmoqu2, 13172Rosmo1) presenta valores entre 15.6 y 27.2 °C. Este comportamiento es debido a condiciones ambientales características de las zonas de altura y la zona costera.

El punto más bajo 13172Rosmo1 presenta la mayor temperatura, por haber sido tomada a las 13:00 horas de la mayor radiación solar.

En el caso de los puntos de monitoreo de agua subterránea la calidad del agua de la parte alta correspondiente a los punto ALX-3 y ALX-1 son bajos 14.1 C° y 6.1 C°, son valores similares a los de la cuenca media del Asana; por el contrario los manantiales M. El Común y M. El Totoral los valores son similares a los de la zona de la parte baja.

### Oxígeno Disuelto



RV: Riego de vegetales

BA: Bebida de animales

**Figura 05.** Variación espacial del Oxígeno Disuelto de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP)

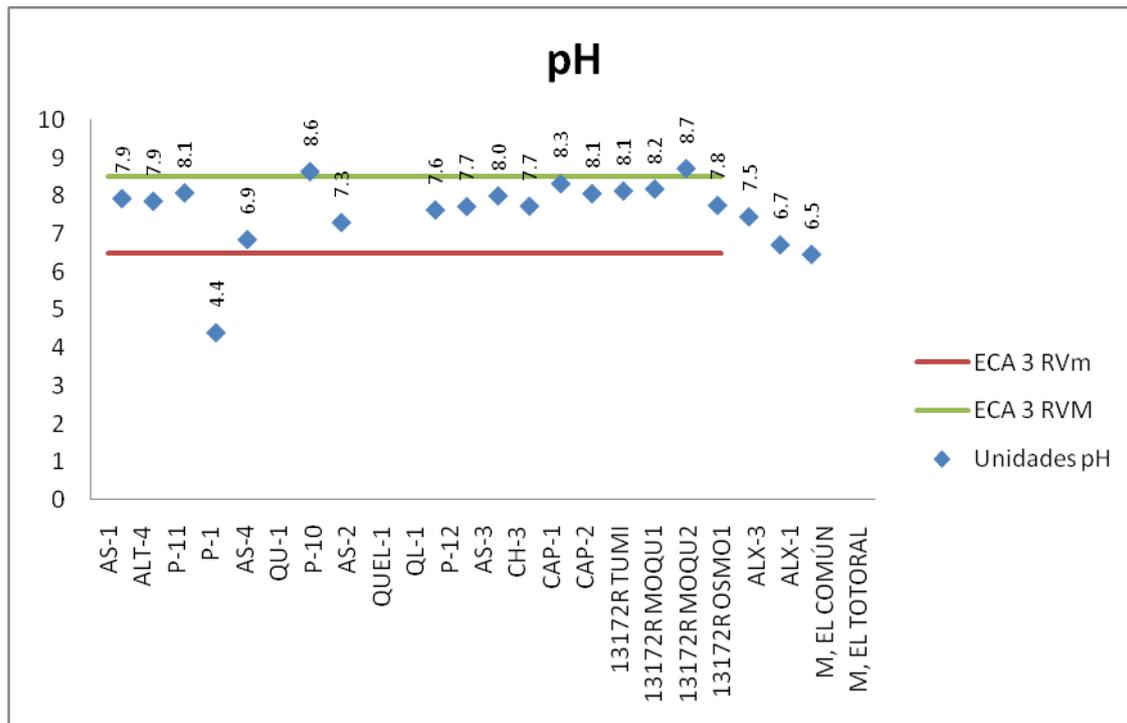
El contenido de oxígeno disuelto en el agua es un parámetro importante para el mantenimiento de la vida acuática, los peces no pueden habitar en cuerpos de agua con menos de 5 mgO<sub>2</sub>/L.

El ingreso de oxígeno en el agua es de la atmosfera hacia el agua, cuando el cuerpo de agua está en movimiento se favorece el ingreso más que cuando el agua está estancada o tiene poco movimiento, a nivel del mar y 20 °C la cantidad promedio de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua natural ventilado es aproximadamente 8.0 mgO<sub>2</sub>/L. El Estándar de Calidad del Agua Categoría 3 riego de vegetales exige un valor mínimo 4 mgO<sub>2</sub>/L y en el caso de bebida de animales, como mínimo 5 mgO<sub>2</sub>/L. El contenido de oxígeno disuelto en el agua puede disminuir por presencia de materia orgánica, sustancias susceptibles de oxidación, entre otros parámetros.

Como se observa en la figura 04 el contenido de oxígeno disuelto en el agua de las estaciones de aguas superficiales de todas las estaciones de monitoreo presentan agua con valores superiores al límite mínimo sugerido por el ECA Agua categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales. Estos valores altos se justifican por el constante movimiento de las masas de agua que favorece el ingreso del oxígeno desde el aire.

Las aguas subterráneas de los puntos ALX-3 y ALX-1 están aisladas del intercambio gaseoso con el oxígeno del aire lo que explica los bajos valores de oxígeno disuelto. Los manantiales M. El Común y M. El Totoral son afloramientos que entran en contacto con el aire, pero el flujo lento no favorece el ingreso del oxígeno desde el aire, además la influencia de la presencia de campos de cultivo, población aledaña y animales (presencia de materia orgánica diversa); justifican los valores bajos en el contenido de oxígeno disuelto del agua.

## Potencial de Hidrógeno - pH



RVm: Riego de vegetales menores

RVM: Riego de vegetales mayores

**Figura 06.** Variación espacial del pH de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial del MAP II marzo abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP)

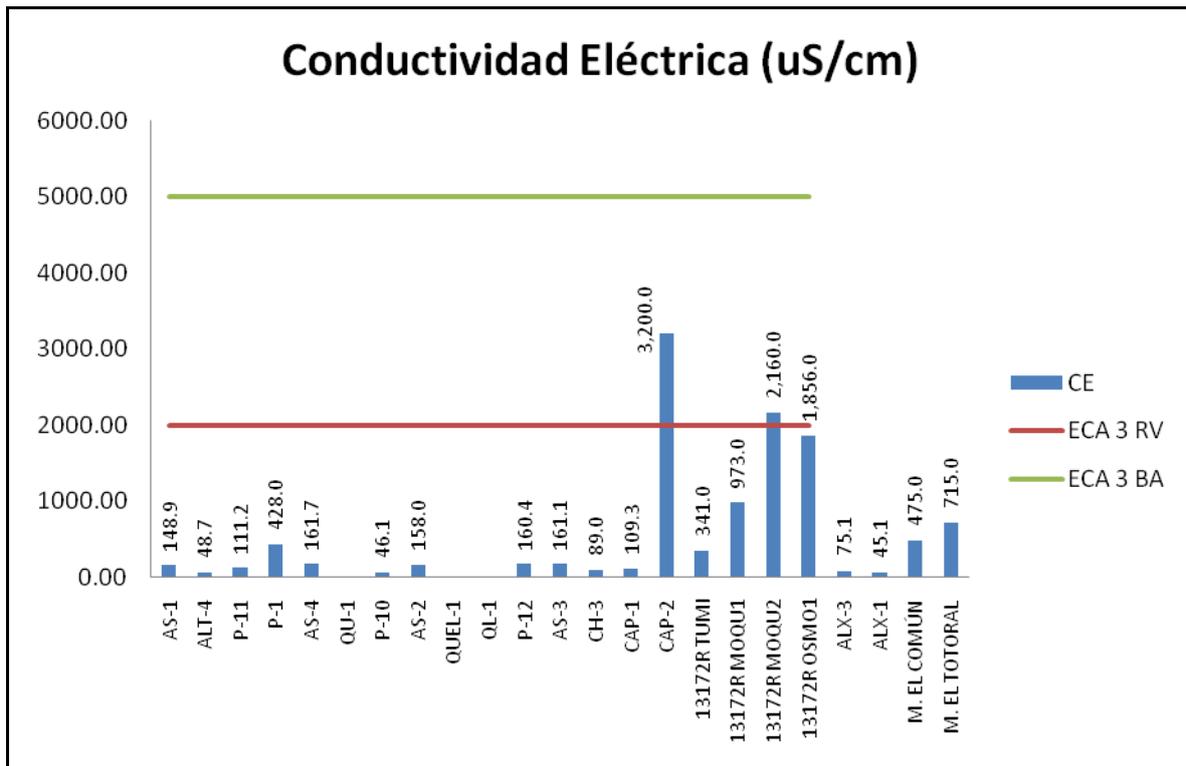
El pH del agua es un parámetro monitoreado en campo que nos indica la presencia de iones hidronio en el agua, su rango va entre 0 a 14; las aguas naturales dependiendo de su contenido de sales disueltas pueden ser ligeramente ácidas o alcalinas. El Estándar de Calidad del Agua ECA Categoría 3 nos sugiere que el pH de agua naturales, debe ser como mínimo 6.5 y como máximo 8.5. El pH del agua se relaciona con la alcalinidad total (presencia de bicarbonato) y acidez (ácidos inorgánicos u orgánicos, metales como el  $Fe^{3+}$  y el  $Al^{3+}$ , entre otros) de un cuerpo de agua.

Como se observa en la figura 05, los valores del pH de casi todas las estaciones cumplen con el rango de pH especificados en el ECA Agua Categoría 3, a excepción del agua de la estación P-1 ubicado en la quebrada Millune, que presenta un valor de pH = 4.4; la estación P-10 ubicado en la Quebrada Sarallenqueque presenta un valor de pH = 8.6 y la estación 13172Rosmo1 ubicado en Río Osmore, estación el Canuto, bocatoma de captación de la EPS Ilo que presenta un valor de pH = 8.7.

La calidad del agua en la estación de monitoreo P-1 en la quebrada Millune, presenta valor bajo de pH, esto se asocia con la presencia de aluminio, responsable de la baja del pH y Manganeso; por otro lado la ausencia de bicarbonatos expresado como alcalinidad total no permite neutralizar la baja del pH del agua de esta estación de monitoreo, motivo por el cual el valor es bajo; este efecto es similar al efecto del uso del bicarbonato cuando tenemos acidez estomacal.

La calidad del agua de las estaciones P-10 y 13172Rosmo1 presentan valores elevados de pH fuera del rango sugerido por el ECA, esto se relaciona con la presencia de carbonatos en esta parte de la cuenca, mencionado en el estudio hidrogeológico del valle de Moquegua – Ilo, elaborado por el INRENA Jun-2004. Adicionalmente en el caso de la estación 13172Rosmo1 el valor elevado del pH también está relacionado con el alto valor de la temperatura que favorece el incremento de la disociación del agua generando mayor cantidad de iones hidroxilo e incrementando el valor del pH.

## Conductividad Eléctrica



**Figura 07.** Variación espacial de la Conductividad Eléctrica de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP)

La conductividad eléctrica, es la propiedad por la cual el agua natural que contiene sales disueltas puede conducir corriente eléctrica, representa la cantidad de sales o sólidos disueltos que están presentes en el agua, estas sales incluyen cationes como los metales disueltos, siendo los más relacionados con la conductividad los iones sodio, potasio, calcio y magnesio, los otros metales no tienen una buena correlación debido a su distribución entre disuelto y suspendido. Por otro lado se tiene a los aniones siendo los principales los cloruros, bicarbonatos y sulfatos.

El riego con aguas que contiene elevados valores de conductividad puede degradar la calidad del suelo por salinización y el consumo como agua de bebida puede ocasionar problemas renales entre los consumidores. El Estándar de calidad de agua Categoría 3 riego de vegetales contempla un valor máximo de 2000 uS/cm y para el caso de bebida de animales se contempla una valor de 5000 uS/cm.

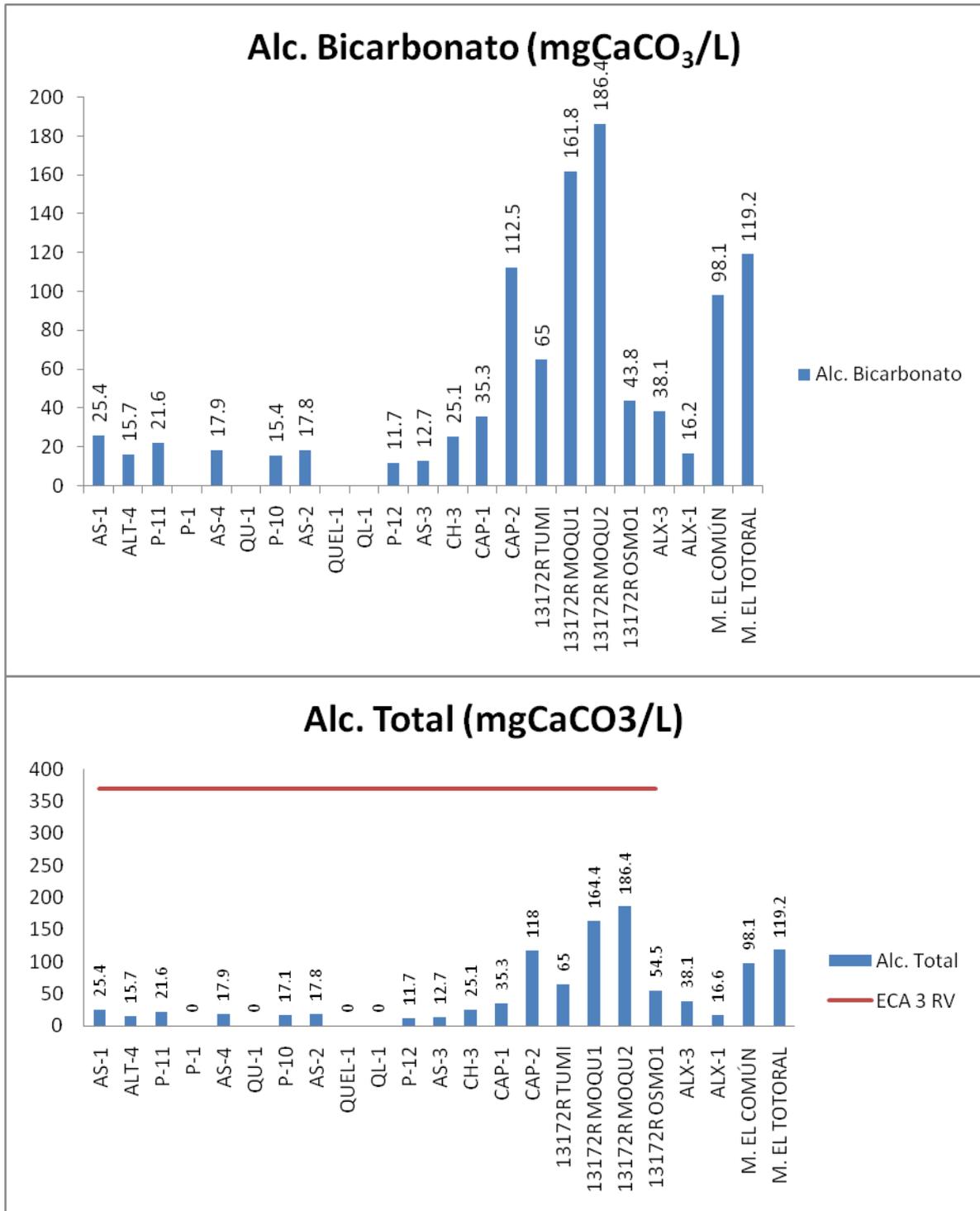
Como se observa en la figura 06 los valores de conductividad de casi todas las estaciones de monitoreo cumple con lo establecido en el ECA para agua Categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales. El agua de la estación CAP-2, río Capillune, aguas abajo del río capillune del área del Proyecto presenta una CE = 3200 uS/cm y la estación 13172Rmoqu2, río Moquegua, estación espejos sector de la Rinconada, fin del valle presenta una CE = 2160 uS/cm exceden los valores establecidos por el ECA categoría 3 para riego de vegetales.

La calidad del agua del río Capillune en la estación de monitoreo CAP-2 presenta valores elevados de conductividad eléctrica debido a la presencia de sólidos disueltos totales, en forma de aniones tales cloruros, fluoruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos, o en la forma de cationes como el sodio, calcio, magnesio que pueden provenir de un lugar que presenta aguas termales denominada poblado Calientes, las aguas termales se caracterizan por su alto contenido de sólidos disueltos totales. La presencia de afloramientos de agua contribuye en el incremento de la conductividad del agua del río capillune.

La calidad del agua de las estaciones 13172Rmoqu2 tiene un valor alto de conductividad 2160 uS/cm que supera los valores establecidos por el ECA Categoría 3, asociado a la presencia de bicarbonatos sulfatos, boratos de sodio, potasio y calcio, adicionalmente los valores altos de temperatura para este punto favorece la disolución de estas sales.

De forma similar al 13172Rmoqu2, las estaciones RMoqu1 y Rosmo1 presentan valores altos pero no superan lo establecido por el ECA.

## Bicarbonatos



**Figura 08.** Variación espacial de los Bicarbonatos y Alcalinidad Total de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Las principales fuentes de bicarbonato en el agua son la disolución del dióxido de carbono del aire, posterior disociación del ácido carbónico formado, y disolución de material de suelo carbonatado.

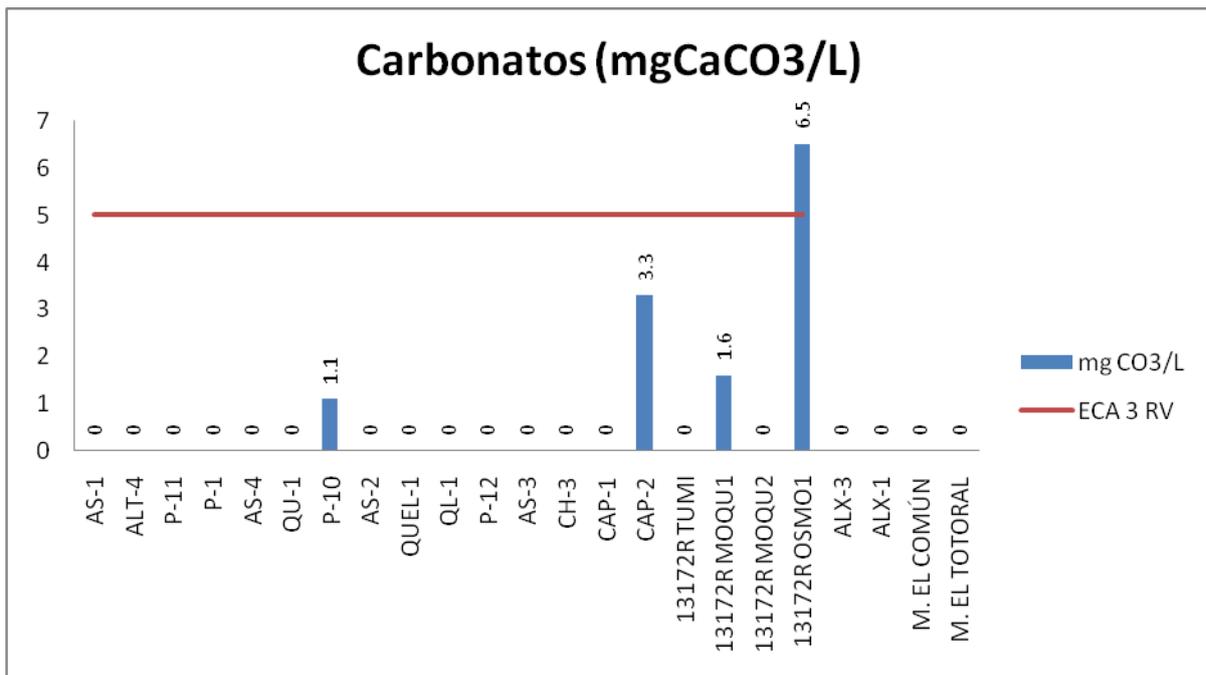
El bicarbonato es el principal responsable de la alcalinidad del agua, tiene la capacidad para neutralizar la acidez del agua provocada por ácidos inorgánicos, orgánicos, iones hidronio y metales disueltos generadores de acidez tales como  $Al^{3+}$  y  $Fe^{3+}$ . El Estándar de calidad de agua ECA Agua Categoría 3 para agua de riego de vegetales es 370 mg  $CaCO_3/L$ .

Como se observa en la figura 07, la calidad del agua de la estación de monitoreo P-1 de la quebrada Millune, no presenta bicarbonatos en su composición motivo por el cual el valor del pH = 4.4 en esta estación es baja. Por otro lado los puntos de monitoreo de la parte baja de la cuenca 13172 Rtumi, 13172 RMoqu1, 13172 RMoqu2 y el 13172 Rosmo1, presentan valores altos de bicarbonato que no exceden los sugerido en el ECA Agua categoría 3.

La ausencia de bicarbonato en el agua de la estación P-1 se debe a estas aguas no atraviesan materiales carbonatados, no existe ingreso de dióxido de carbono del aire. La presencia de bicarbonatos en el parte baja de la cuenca se relaciona con la presencia de carbonatos y bicarbonatos mencionado en el estudio hidrogeológico del valle de Moquegua – Ilo, elaborado por el INRENA Jun-2004.

Como se observa en la figura 07, la alcalinidad por bicarbonato es similar a la alcalinidad total excepto en los puntos P-10, CAP-2, RMoqu1, y Rosmo1, donde la presencia de carbonatos asociado a un valor mayor de pH incrementan la alcalinidad total en comparación a la alcalinidad por bicarbonato.

## Carbonatos

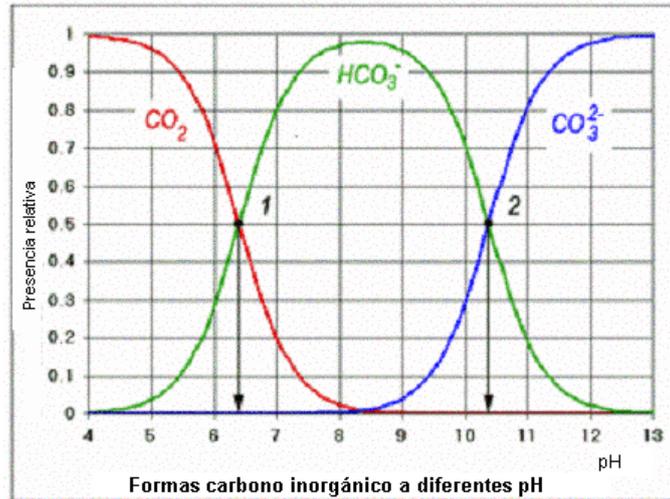


**Figura 09.** Variación espacial de la Concentración de Carbonatos de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Los carbonatos son una de las especies carbonatadas importantes en el agua, las principales fuentes son el dióxido de carbono que se introduce en el agua desde el aire, forma el ácido carbónico, este se disocia y dependiendo del pH puede formar bicarbonato o carbonato. A valores ligeramente altos  $\text{pH} > 8$ , se forma carbonato preferentemente. La otra fuente importante de carbonatos es la disolución del material de suelo carbonatado. El ECA agua categoría 3 fija un valor de 5 mg CaCO<sub>3</sub>/L para agua de riego, debido a que la presencia de carbonatos en el agua riego ocasiona problemas de salinización del suelo.

Como se observa en la figura 08, las aguas de las estaciones de la parte alta de la cuenca (AS-1, ALT-4, P-11, P-1, AS-4, P-12, AS-3, CH3 y CAP-1) no presenta contenidos de carbonatos, mientras que las aguas de las estaciones de la parte baja 13172 RMoqu1, 13172 RMoqu2 y el 13172 Rosmo1, y las estaciones P-10 y CAP-2.

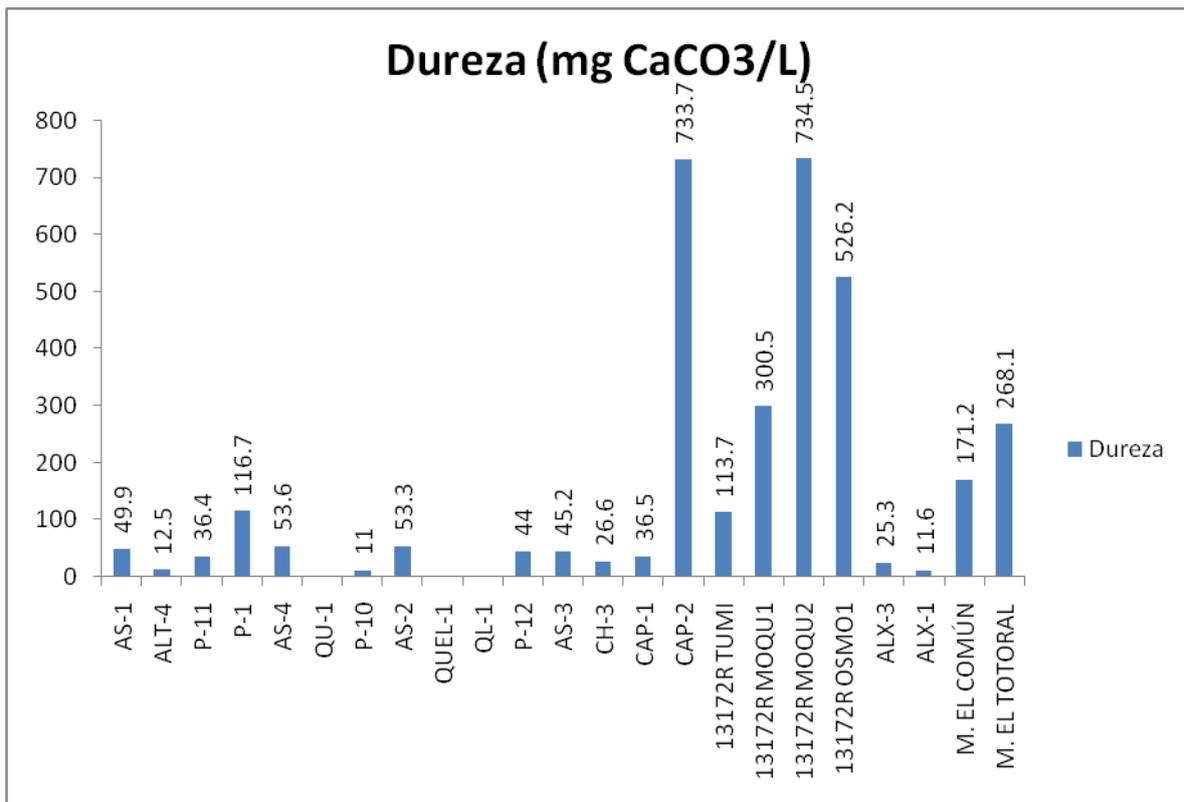
Solo la estación 13172Rosmo1 presenta un valor alto de carbonato que excede lo sugerido en el ECA Agua categoría 3. El alto valor de temperatura en esta estación medido al medio día favorece la disociación de las moléculas del agua que libera mayor cantidad de iones hidroxilo, incrementando el pH y desplazando el equilibrio del sistema carbonato a la formación del carbonato, como se observa el figura 09.



**Figura 10.** Especies carbonatadas a diferentes valores de pH

El contenido alto de carbonatos en el agua de la estación CAP-2 río Capillune se debe al origen mineral de los carbonatos que atraviesan una zona de aguas termales conocida como poblado de Calientes. La presencia de carbonatos en el parte baja de la cuenca se relaciona con la presencia de carbonatos y bicarbonatos en el suelo de la cuenca mencionado en el estudio hidrogeológico del valle de Moquegua – Ilo, elaborado por el INRENA Jun-2004.

## Dureza



**Figura 11.** Variación espacial de la dureza de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

La presencia de cationes polivalentes, principalmente los cationes de calcio y de magnesio dan origen a la dureza de las aguas.

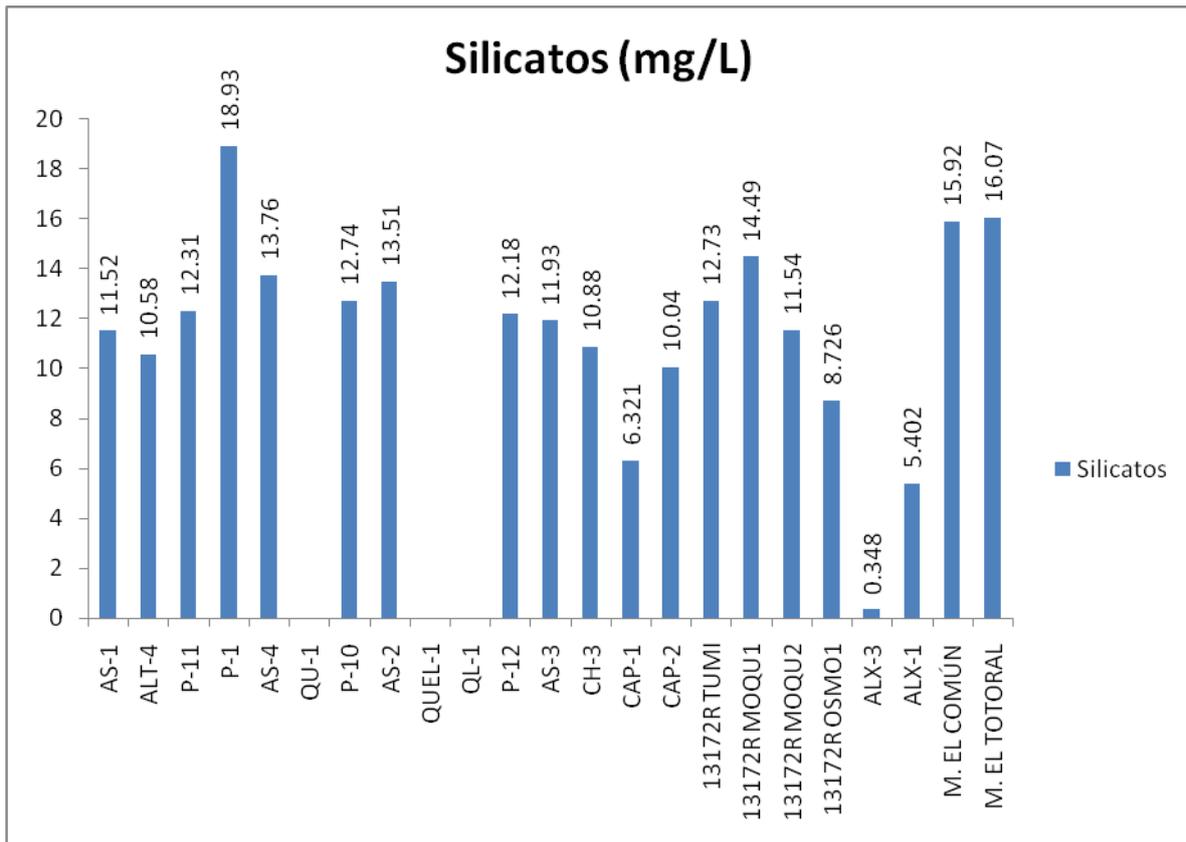
No se ha encontrado ninguna correlación entre las aguas de alto contenido de dureza y daños al organismo. Los problemas más bien son de tipo doméstico e industrial: la dureza impide la formación de espuma causando mayor consumo de jabón y detergentes cuando se les emplea en operaciones de lavado doméstico; por otra parte, está ligada a otros parámetros como el pH y la alcalinidad, y dependiendo de ellos, puede formar depósitos en las tuberías, obstruyéndolas completamente. El ECA Agua categoría 3 no fija un límite para la dureza.

En términos generales, se puede considerar como blanda un agua con menos de 100 mg CaCO<sub>3</sub>/L de dureza como CaCO<sub>3</sub>, medianamente dura de 100 a 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L, dura de 200 a 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L, sin que tenga

necesariamente que ser ablandada para servir a una comunidad con fines domésticos, muy dura para valores mayores a 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

Como se observa en la figura 10, los puntos CAP-2, 13172RMOqu2 y el 13172Rosmo1 tienen aguas muy duras asociadas al elevado contenido de Calcio y Magnesio.

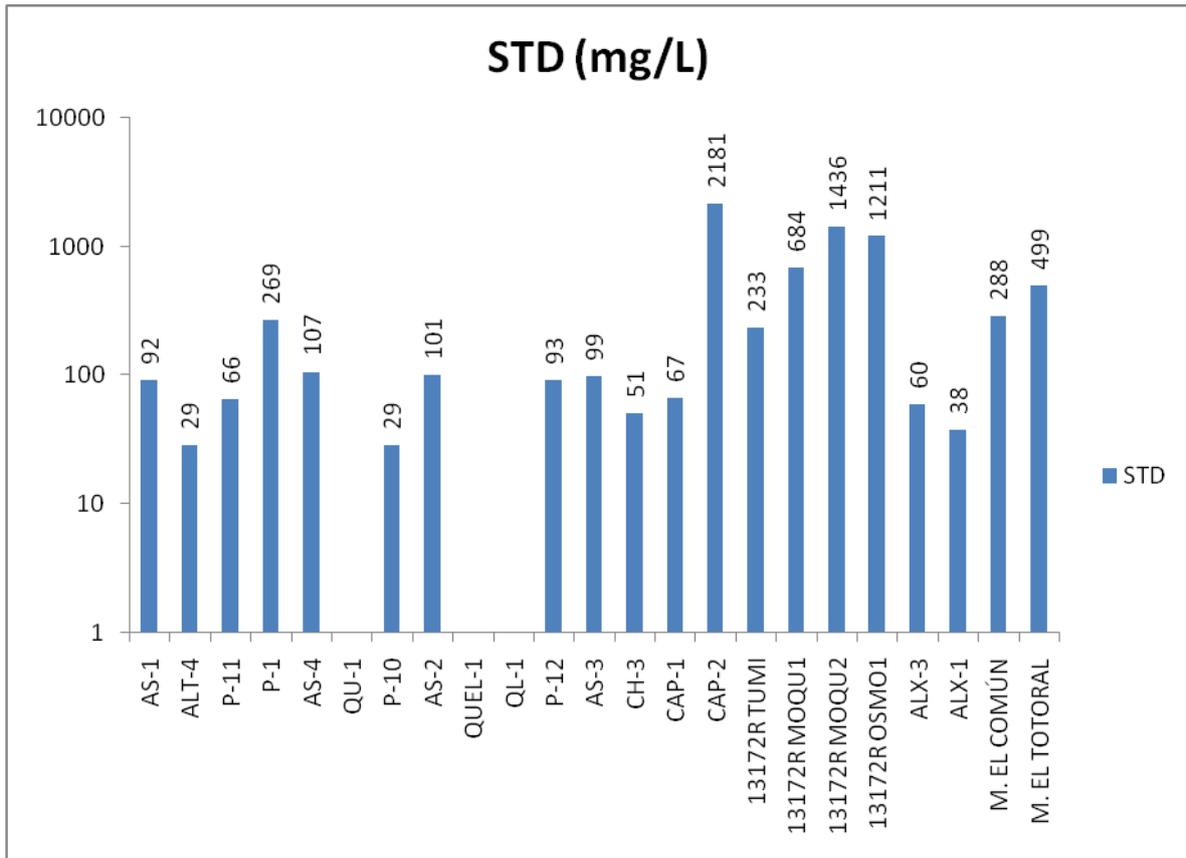
### Silicatos



**Figura 12.** Variación espacial de la Concentración de silicatos de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El contenido de silicatos en todos los puntos de monitoreo son valores bajos, esto se asocia a los bajos valores de los sólidos suspendidos totales, característico de épocas secas. El ECA Agua categoría 3 no fija un valor límite para el contenido de silicatos siendo este parámetro de medición referencial, que explica el ingreso de material de suelo al agua en épocas de lluvia.

### Sólidos Totales Disueltos



**Figura 13.** Variación espacial de Sólidos Disueltos Totales de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

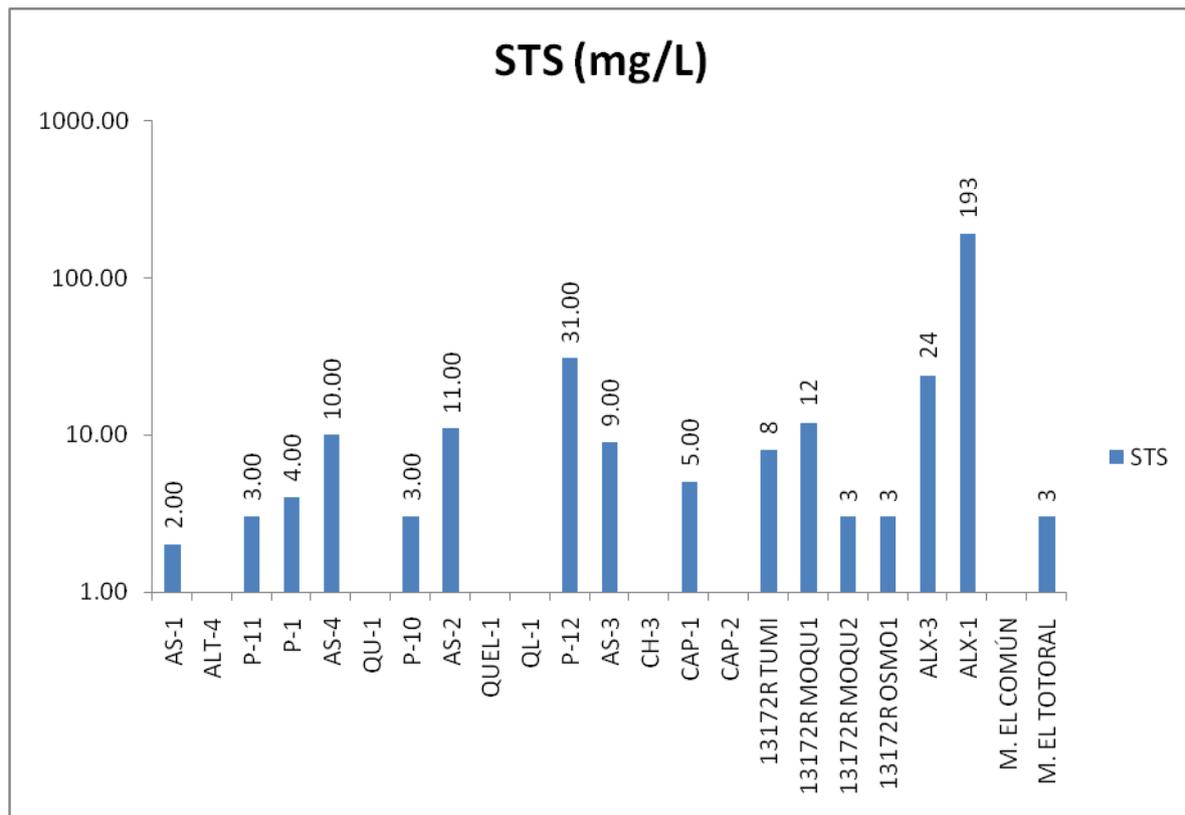
Los sólidos totales disueltos, representa a todas las sales disueltas, formadas por cationes metálicos disueltos como los de Na, K, Ca, Mg y otros metales disueltos, no tiene buena relación con los metales totales debido a que estos por lo general se encuentran adsorbidos. También está formado por aniones disueltos como los cloruros, fluoruros, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos entre otros. La principal fuente son las sales que se encuentran en el lecho del río y que se disuelven en el agua. En época seca, solo la disolución de los iones del lecho es importante, pero en época de lluvia los iones disueltos pueden provenir del suelo y llegar disueltos en las escorrentías juntamente con los sólidos suspendidos. El ECA Agua Categoría 3 no contempla valores límites para este parámetro.

La calidad del agua del CAP-2 está fuertemente mineralizada, presenta gran cantidad de sólidos disueltos totales 2181 mg/L, esto se debe a la influencia de actividad de aguas termales en el lugar denominado poblado Calientes, donde los pobladores indican la presencia de ojos de agua,

aflorescimientos de agua subterránea que aporta sales al agua del río Capillune.

Los altos valores de sólidos disueltos totales en las estaciones CAP-2, 13172RMOQU2 y Rosmo1, se relaciona principalmente con elevados valores de C.E., cationes disueltos como el calcio, sodio y aniones como los cloruros y sulfatos.

### **Sólidos Totales en Suspensión**

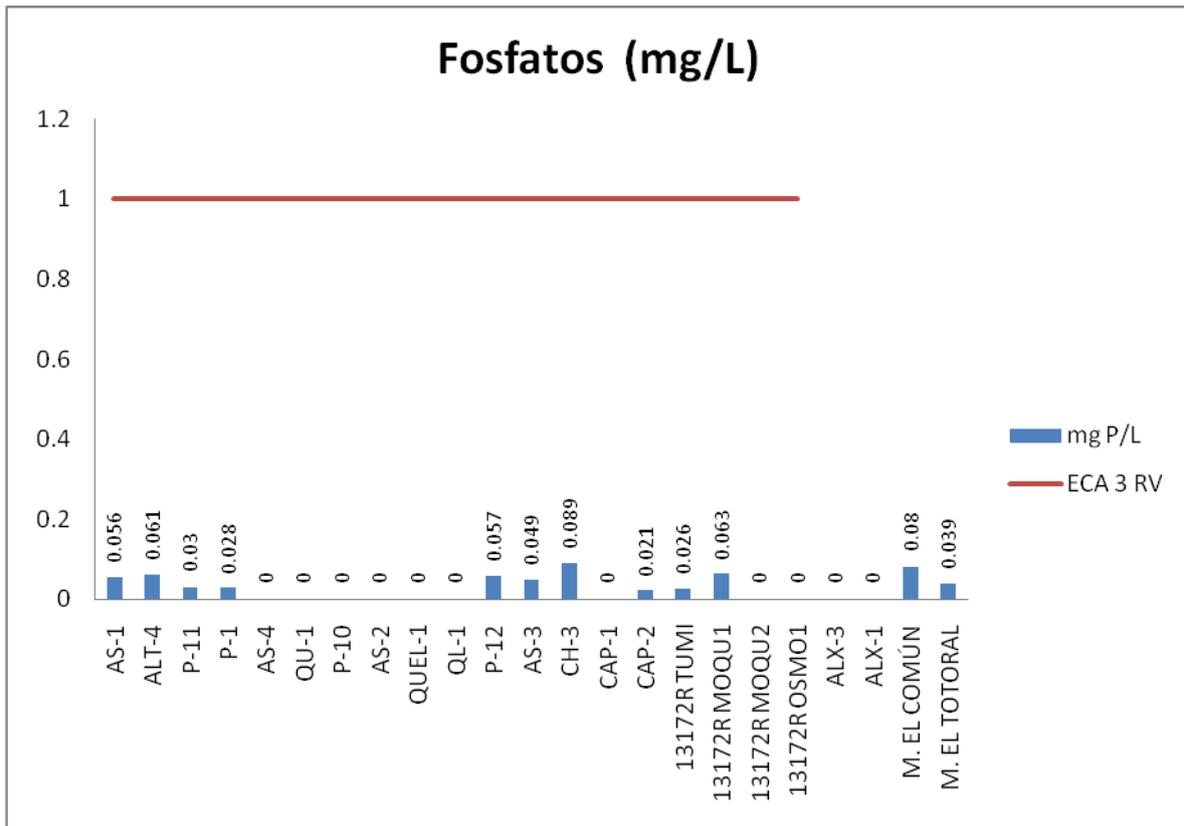


**Figura 14.** Variación espacial de Sólidos Disueltos en Suspensión de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Los sólidos totales en suspensión, son sólidos que permanecen en la columna del cuerpo de agua en el tiempo, son responsables del color y de la turbiedad, los microorganismos patógenos en más del 90 % se encuentran adheridos a este tipo de sólidos, por esta razón es importante su remoción antes de su uso. En época seca la cantidad de sólidos totales en suspensión es baja, pero en épocas de lluvia la acción de las lluvias genera escorrentías que arrastran material del suelo y todo lo que se encuentre sobre este al agua, generando valores significativamente mayores de sólidos totales en suspensión que en la época seca. El ECA Agua Categoría 3 no contempla un valor límite para este parámetro.

En la figura 13 se observa que la calidad del agua de la estación ALX-1 presenta un contenido de sólidos totales suspendidos alto, este comportamiento se asocia a la formación de óxidos de hierro de color café como se menciona en el cuaderno de campo del monitoreo, que enturbian el agua.

### **Fósforo Total**



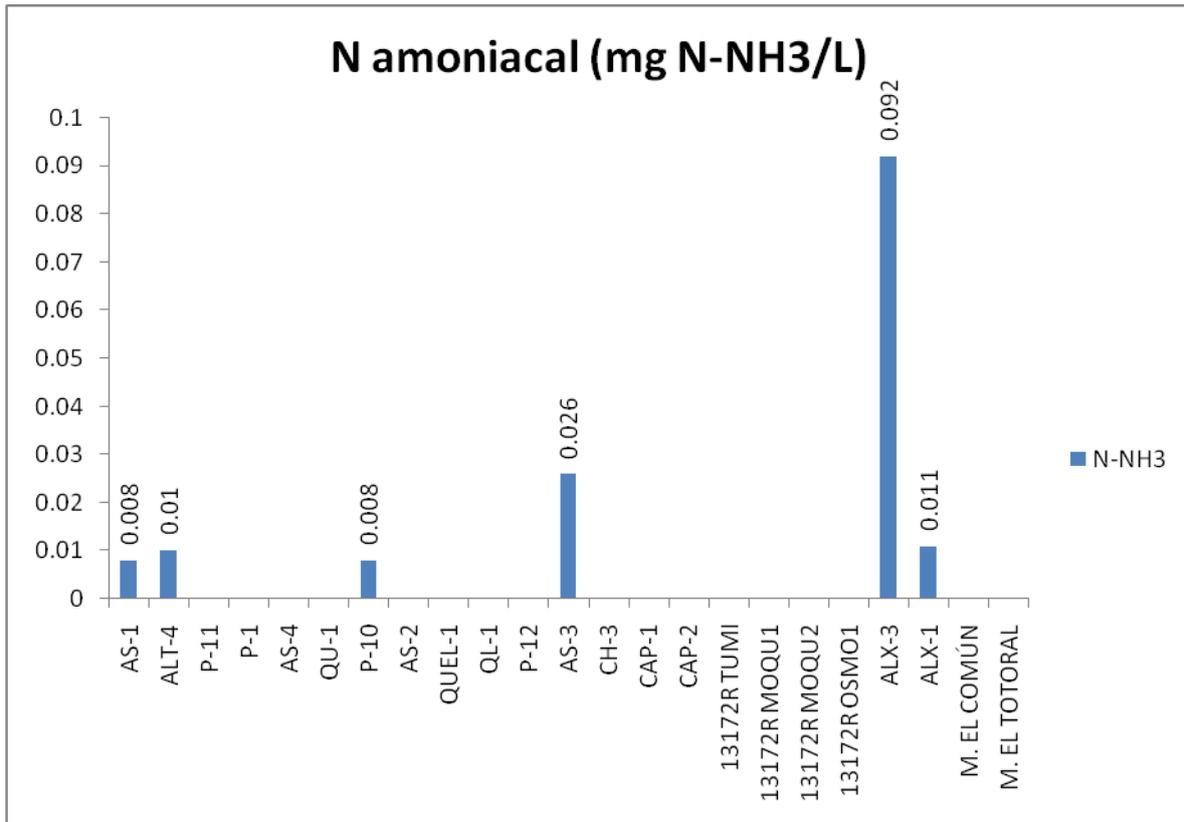
**Figura 15.** Variación espacial del Fósforo Total de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Las principales fuentes de fósforo en el agua son material parental roca fosfórica, vertimiento de aguas residuales que contienen excretas y residuos de detergentes.

El fósforo, es nutriente esencial para la vida; sin embargo su exceso en el agua provoca el proceso de eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico.

La presencia de algas en muchas de las estaciones se relaciona con los contenidos bajos de fósforo total en el agua.

## N-amoniacoal



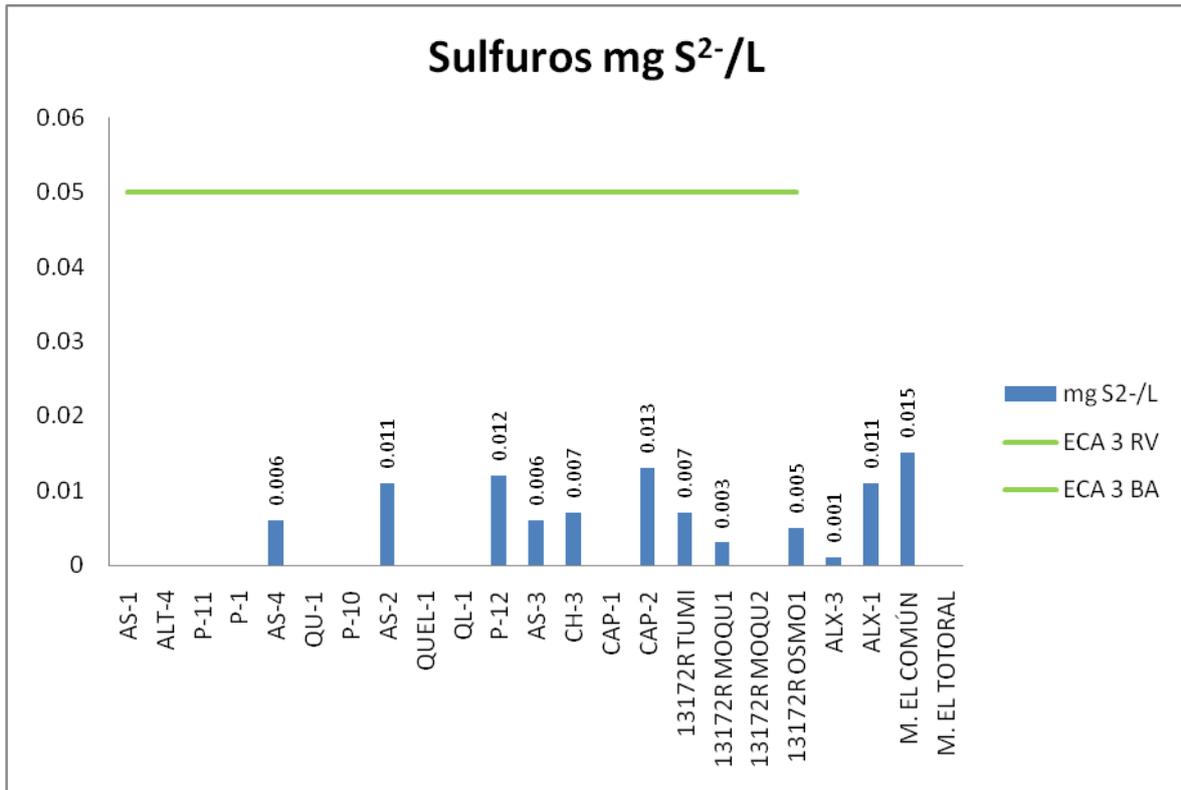
**Figura 16.** Variación espacial del Nitrógeno Amoniacoal de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El nitrógeno amoniacoal es el nitrógeno que se forma luego de la degradación de la materia orgánica nitrogenada como los péptidos, proteínas y aminoácidos, producen mal olor. El ECA Agua categoría 3 no fija un límite para este parámetro.

El valor alto de nitrógeno amoniacoal registrado en el punto ALX-3 se asocia al mal olor percibido en la campaña de monitoreo, por la descomposición anaeróbica de materia orgánica nitrogenada. El ingreso de materia orgánica al agua subterránea en los puntos ALX-3 y ALX-1, se puede estar dando por procesos de filtración a través del suelo o directamente a través del piezómetro.

En el caso de los demás puntos AS-1, ALT-4, P-10 y AS-3, la presencia de algas y excretas secas son posibles fuentes de materia orgánica en proceso de descomposición que genera el nitrógeno amoniacoal, pero en todos estos casos los valores son bajos.

## Sulfuros



**Figura 17.** Variación espacial de la Concentración de Sulfuros en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

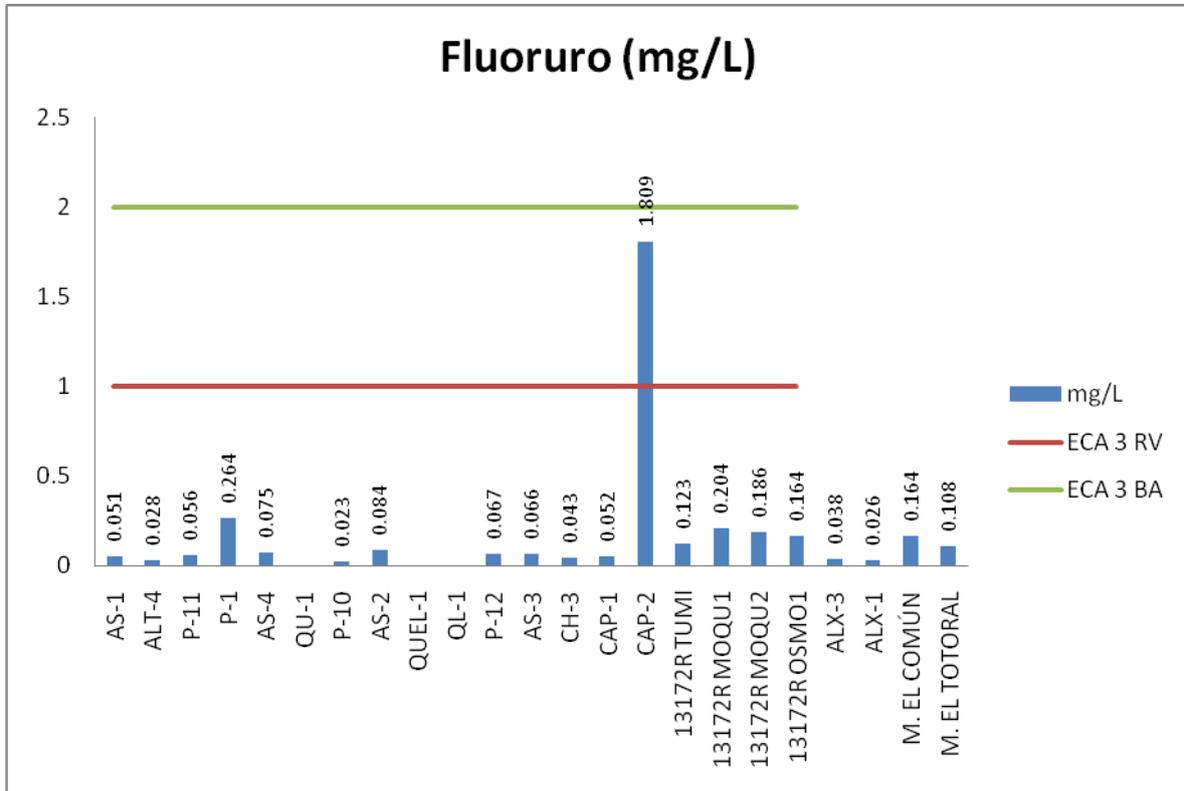
Los sulfuros en la corteza terrestre están asociados con los metales, se encuentran a menudo en el agua subterránea, especialmente en manantiales calientes. Su presencia común en las aguas residuales se debe en parte a la descomposición de la materia orgánica, presente a veces en los residuos industriales, pero procedente casi siempre de la reducción bacteriana de los sulfatos.

La concentración umbral para H<sub>2</sub>S en agua limpia está comprendida entre 0.025 y 0.25 mg/l. El H<sub>2</sub>S ataca directa e indirectamente a los metales y ha producido corrosiones graves en las conducciones de cemento por oxidarse biológicamente a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en las paredes de las tuberías.

El ECA agua categoría 3 fija un valor de 0.05 mg/L, como se observa en la figura 16 todas las estaciones cumplen con la establecido por el ECA. El AS-4, AS-2, AS-3, P-12, CH-3, 13172RTumi, RMoqu1 y el 13172Rosmo1, presentan sulfuros en bajas concentraciones, la fuente en estos casos es materia orgánica en descomposición. En el caso de las aguas subterráneas ALX-3, ALX-1 y M. El común, la fuente principal es la disolución desde la corteza terrestre al agua.

El CAP-2 presenta sulfuros por provenir de la mezcla del agua del río con aguas de origen termal de la zona denominada calientes.

## Fluoruro



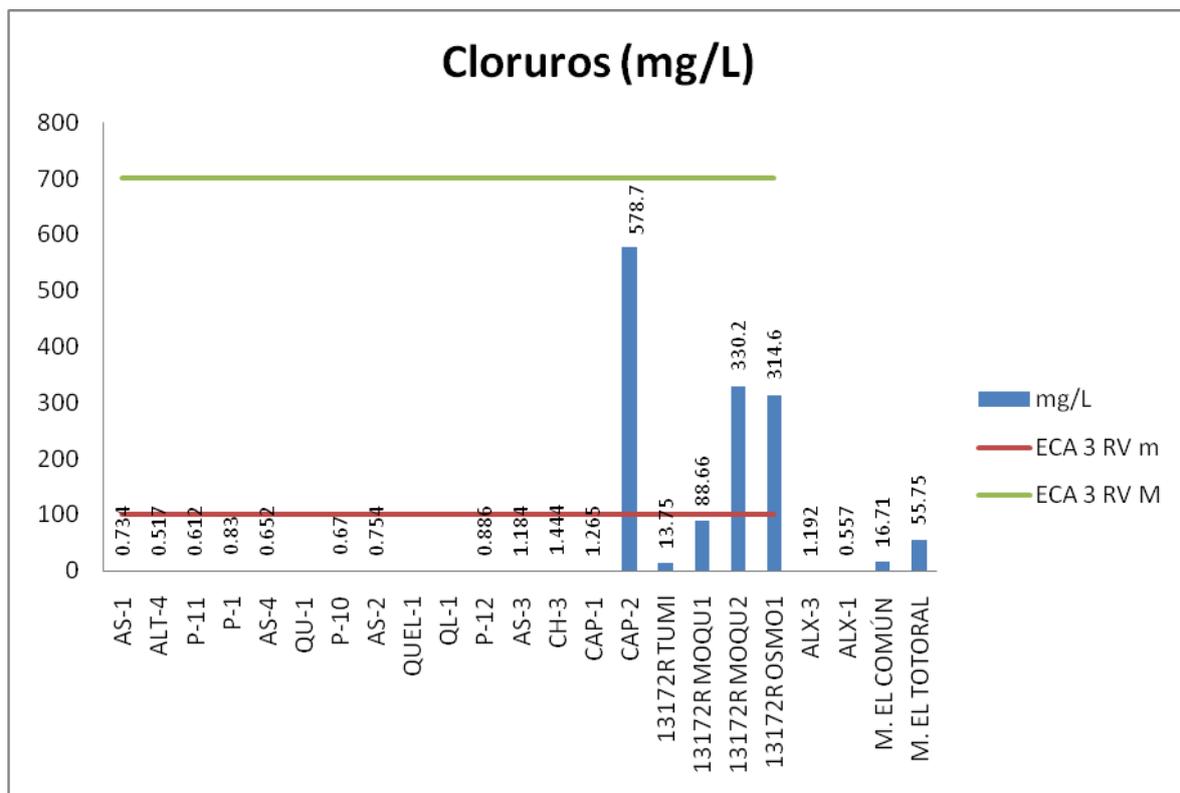
**Figura 18.** Variación espacial de la Concentración de Fluoruros en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea –Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Fluor es una sustancia que previene la caries a una concentración aproximada de 1 mg/L sin ocasionar efectos a la salud, Moquegua es el departamento con menor índice de caries en el Perú, la principal fuente de fluor es ceniza volcánica o material volcánico en general. El exceso de Fluor en el agua puede ser responsable de la deformación de los huesos, enfermedad conocida como fluorosis ósea. El ECA Agua categoría 3 para riego de vegetales fija el valor en 1 mg/L.

Se observa en la figura 17, que el agua del río Capillune en la estación de monitoreo CAP-2 (1.809 mg/L), supera los valores establecidos por el ECA Agua Categoría 3 riego de vegetales, como se explicó esto se debe a la influencia de actividad de aguas termales cerca del poblado Calientes, donde existen adicionalmente ojos de agua, que son afloramientos de agua subterránea fuertemente mineralizada que alcanzan las aguas del río Capillune.

Según el MINSA se estima que el 95 por ciento de niños peruanos de 12 años de edad padece de caries, con por lo menos seis dientes enfermos. El departamento con menor índice de caries infantil es, Moquegua, donde los niños de 12 años que padecen de caries llegan al 33%. Por otro lado una de las cinco principales enfermedades que aquejan a la población de Moquegua son las Dorsopatias con 6363 casos en el 2011 según análisis de situación de salud región Moquegua 2011, el fluor en el agua puede ser una de las principales causas de estos efectos positivo y negativos en la salud de la región.

### Cloruros



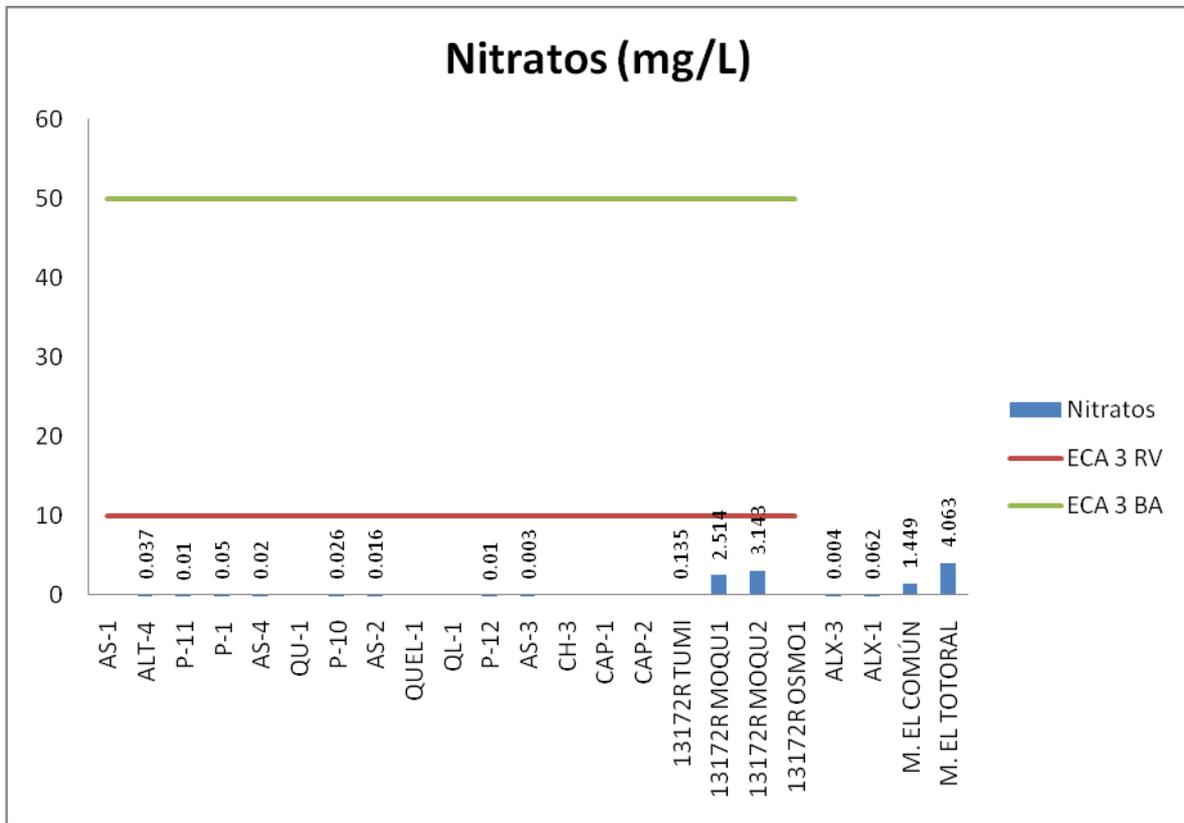
**Figura 19.** Variación espacial de la Concentración de Cloruros en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Los cloruros se encuentran en los suelos de Moquegua juntamente con los aluminosilicatos y sulfatos, se encuentra asociado al ion sodio, sólidos disueltos totales y la conductividad, estas sales de cloruro de sodio tienen origen marino o geológico. El ECA Agua categoría 3, fija un valor máximo de 700 mg/L.

Como se observa en la figura 18, los valores de cloruros en la cuenca media del Asana son bajos, en el caso del CAP-2, la presencia de aguas termales

cerca del poblado Calientes de gran contenido mineral, genera valores altos de cloruros 578.7 mg/L. Por otro lado la cuenca baja más influenciada por las brisas marinas y origen marino presenta valores mayores de cloruros que los de la cuenca media, pero no sobrepasan lo establecido por el ECA.

### Nitratos



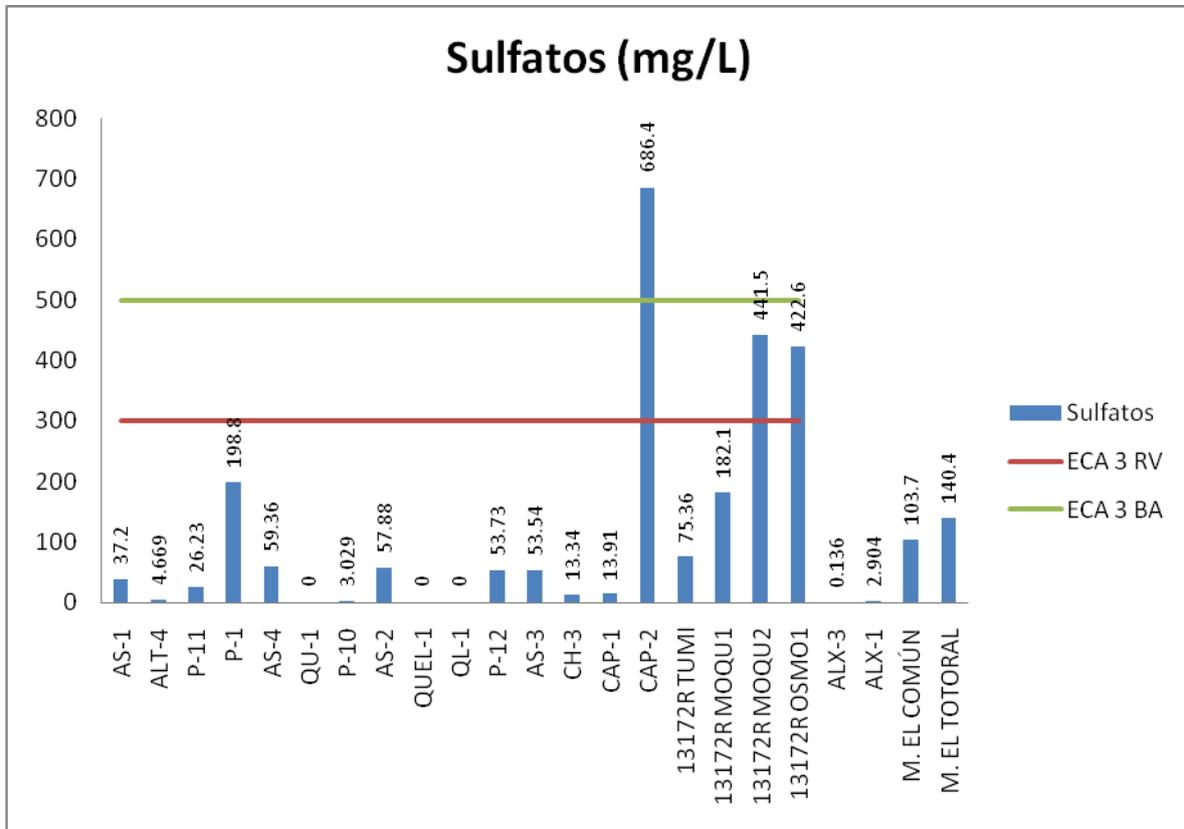
**Figura 20.** Variación espacial de la Concentración de Nitratos en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Los nitratos son nutrientes de las plantas, las principales fuentes de nitratos en el agua son aguas residuales domésticas y fertilizantes. El ECA Agua Categoría 3 fija valores para agua de bebida de animales de 10 mg/L y para riego 50 mg/L. Para bebida el exceso de nitratos puede ocasionar problemas de metahemoglobinemia, problemas con la oxigenación de animales o personas, para el caso de riego el exceso puede ocasionar problemas de salinización de suelos.

Como se observa en la figura 19, el contenido de nitratos es baja en la cuenca alta, mientras que en la zona de los valles parte baja de la cuenca, los valores de nitratos es moderada por la influencia de aguas residuales de la ciudad y por el uso de fertilizantes en las prácticas agrícolas, en los cuadernos de campo y observaciones del monitoreo se indica que las

estaciones 13172RTumi, 13172RMoqu1, 13172RMoqu2, 13172Rosmo1 tienen presencia de algas que se relaciona con los nitratos.

### Sulfatos

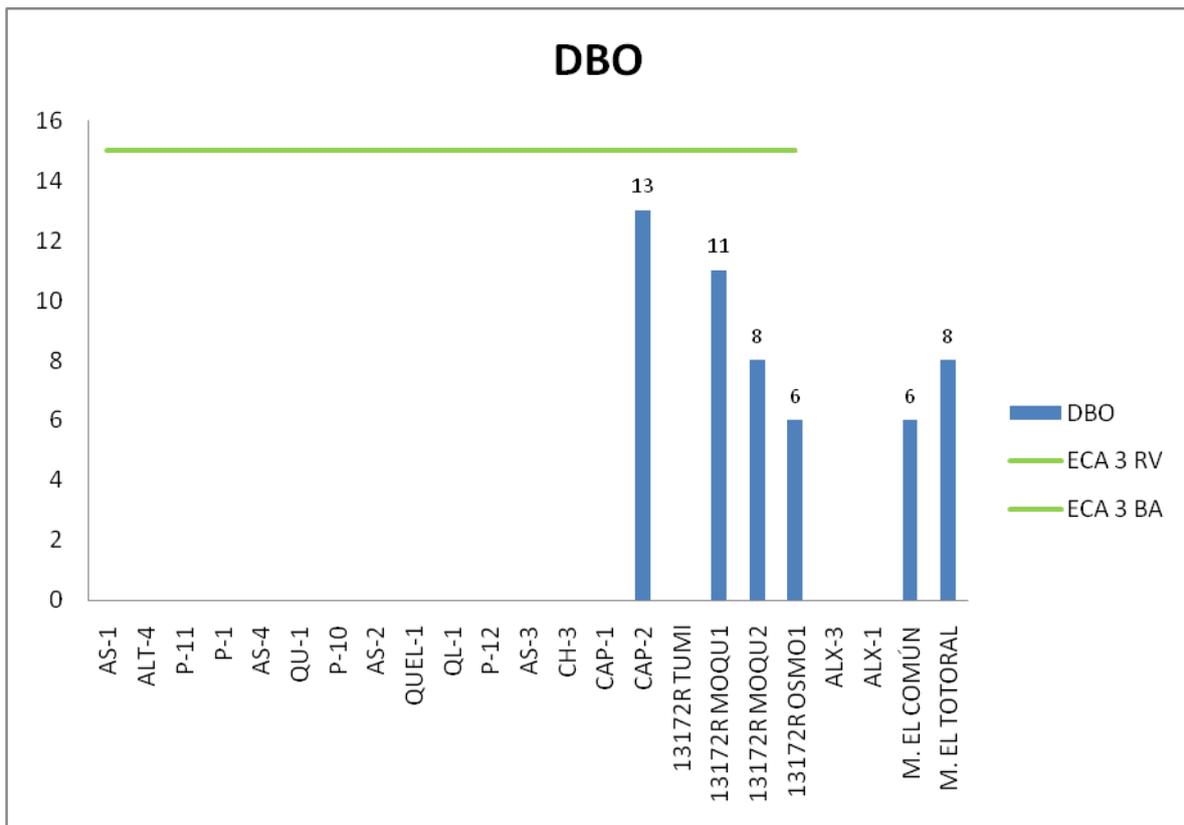


**Figura 21.** Variación espacial de la Concentración de Sulfatos en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Los sulfatos en el agua son de origen geológico, según el estudio hidrológico del valle de Moquegua e Ilo realizado por el INRENA Jun-2004 se encontró que las aguas son de naturaleza sulfatada o bicarbonatada cálcica, siendo la presencia de los sulfatos significativa. El ECA Agua Categoría 3 para riego de vegetales es 300 mg/L y para bebida de animales es 500 mg/L.

Se observa en la figura 20, que el contenido de sulfatos en el agua de la estación de monitoreo CAP-2, presenta un elevado valor de sulfatos 686.4 mg/L esto se relaciona la mineralización de estas aguas que presentan otros parámetros elevados, tales como el calcio y el sodio. Para el caso de las estaciones 13172RMoqu1 y 13172 Rosmo1, las concentraciones altas de sulfatos se justifica por la naturaleza sulfatada de las aguas de esta zona.

## Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5



**Figura 22.** Variación espacial de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

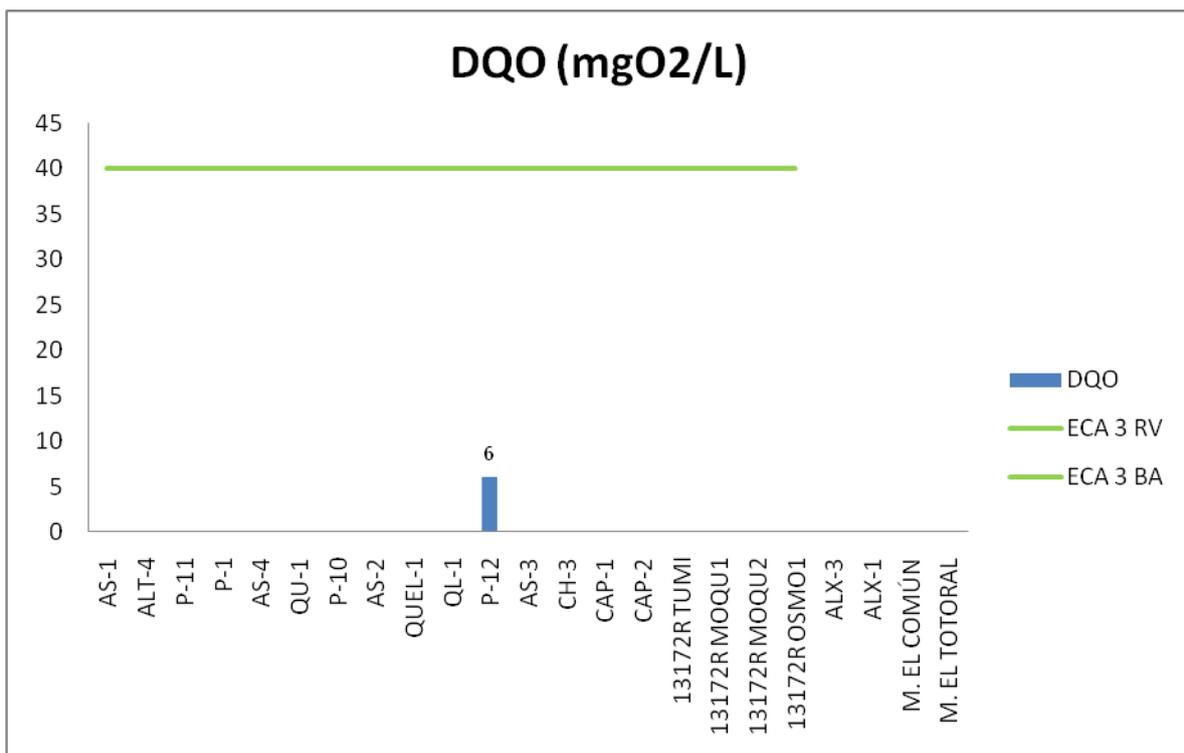
La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un parámetro que se relaciona con el ingreso de material orgánico biodegradable, las principales fuentes de DBO en el agua son las descargas de aguas residuales de origen doméstico, proveniente de inodoros o cocina. El incremento del DBO se relaciona negativamente con el contenido de oxígeno disuelto. La materia orgánica al biodegradarse en presencia de microorganismos consume oxígeno disuelto. Los cuerpos de agua tienen la capacidad de auto recuperarse luego de una descarga con alto DBO, debido a que cuando la materia orgánica del vertimiento que se ha degradado, por procesos de difusión del oxígeno del aire hacia el agua permite que el agua recupere su contenido inicial de oxígeno disuelto. El ECA Categoría 3 riego de vegetales, fija un valor máximo de DBO<sub>5</sub> de 15 mg O<sub>2</sub>/L.

Como se observa en la figura 21, el contenido de DBO<sub>5</sub> en el agua en todas las estaciones de monitoreo presenta valores por debajo de lo contemplado en el ECA. Para el caso de las estaciones CAP-2, 13172RMOQU1, 13172RMOQU2 y 13172Rosmo1, se tiene valores bajos de DBO<sub>5</sub>, esto se puede deber al ingreso de aguas residuales que tienen

material de naturaleza orgánica tales como restos de vegetales, animales muertos, excretas entre otros al cuerpo de agua.

En el caso de los manantiales M. El Común y M. El Totoral, los valores bajos de DBO se pueden deber al ingreso de material vegetal en descomposición o infiltración de material orgánico al agua subterránea.

### **Demanda Química de Oxígeno - DQO**

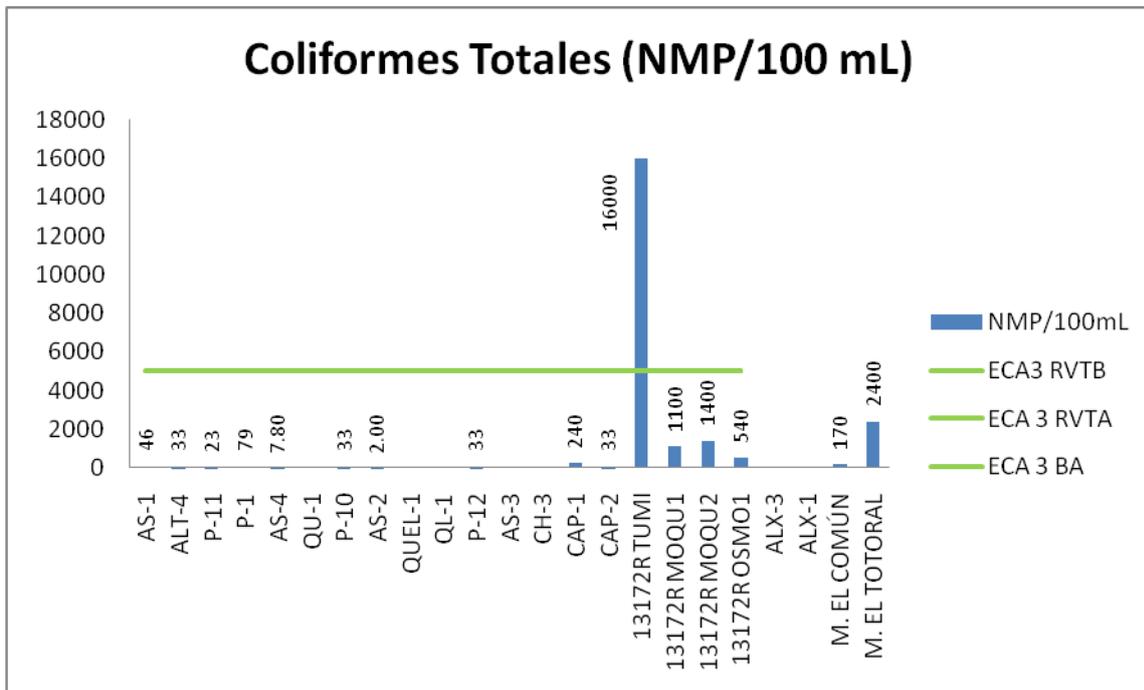
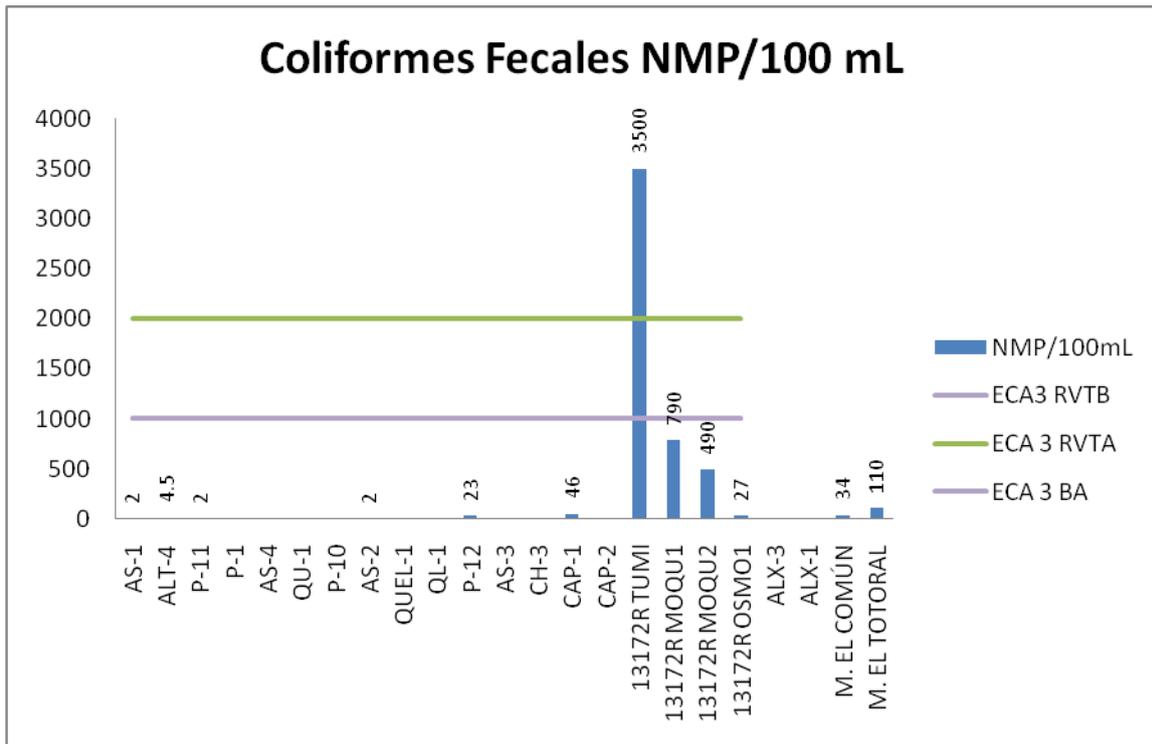


**Figura 23.** Variación espacial de la Demanda Química de Oxígeno en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

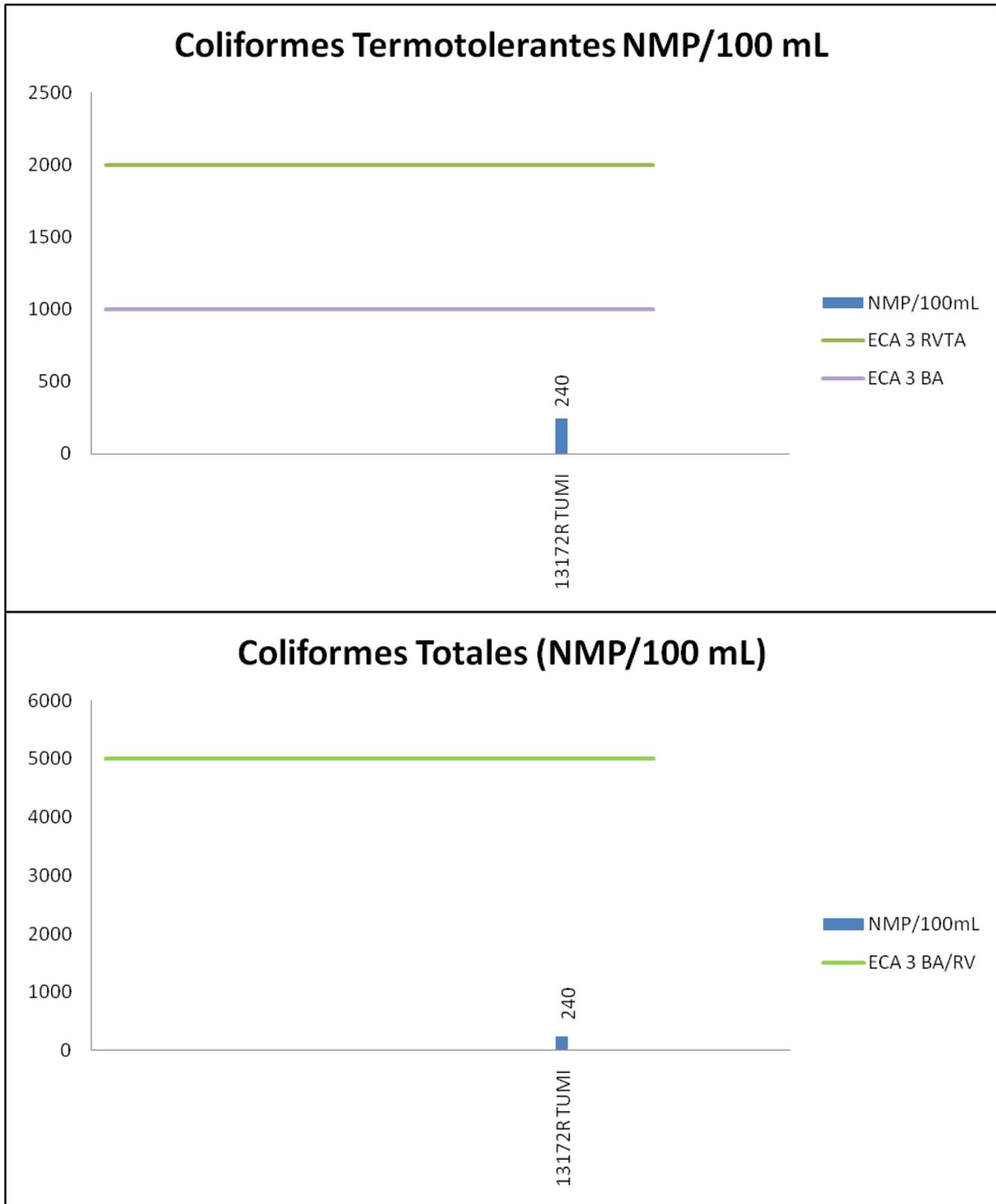
La Demanda Química de Oxígeno representa a todo material orgánico biodegradable, no biodegradable y sustancias químicas susceptibles de oxidación, que consumen oxígeno en el agua al oxidarse químicamente. Las principales fuentes de DQO en el agua son la materia orgánica de las aguas residuales domésticas (excretas de inodoros, restos de comida), también detergentes, aceites y grasas que no se degradan fácilmente, material orgánico nitrogenado entre otros. El ECA Agua categoría 3, contempla un valor máximo de DQO de 40 mg O<sub>2</sub>/L.

Como se observa en la figura 22, solo la estación P-12 presenta un bajo valor del DQO, se relaciona con material susceptible de oxidación, tales como cationes metálicos hierro y otros aniones como los sulfuros.

**Coliformes termotolerantes y totales**



**Figura 24.** Variación espacial de Coliformes Fecales y Totales en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).



**Figura 25.** Análisis confirmatorio de Coliformes Fecales y Totales en la estación 13172RTumi adicional del monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

La Presencia de Coliformes Termotolerantes y Totales en los cuerpos de agua son indicativos de la presencia de excretas de animales y humanos en el cuerpo de agua, en el caso de los coliformes fecales o termotolerantes, estos son bacterias que se encuentran en el intestino de los humanos y animales de sangre caliente. Los coliformes totales incluyen a los fecales y a otros que no se encuentran en el intestino de humanos o animales de sangre caliente. La principal especie de coliformes es la *Escherichiacoli*. Las fuentes más importantes de coliformes fecales y totales en el agua son los vertimientos de aguas residuales domésticas, excretas que son arrastradas por escorrentía al agua, filtraciones de pozos sépticos entre otros. El ECA Agua Categoría 3 para bebida de animales contempla un valor de 1000 NMP/100 mL, para riego de vegetales un valor de 2000 NMP/100 mL, para coliformes fecales y 5000 NMP/100 mL para coliformes totales.

Como se observa en las figura23, el agua en las estaciones de la parte alta de la cuenca (AS-1, ALT-4, P-11, P-1, AS-4, P-10, AS-2, P-12, AS-3, CH-3, CAP-1 y CAP-2) presenta valores bajos de Coliformes termotolerantes y totales.

En la parte baja de la cuenca la estación 13172Rtumi presenta valores que en el monitoreo exceden lo establecido en el ECA y en la muestra adicional presenta Coliformes Termotolerantes y Totales. El exceso de totales sobre los termotolerantes nos indica que existe presencia de vertidos o infiltración de aguas residuales domésticas y presencia de especies acuáticas en el agua. Se recomiendo una mejora en la gestión del agua especialmente en esta zona que se encuentra en la parte superior de la bocatoma de la EPS.

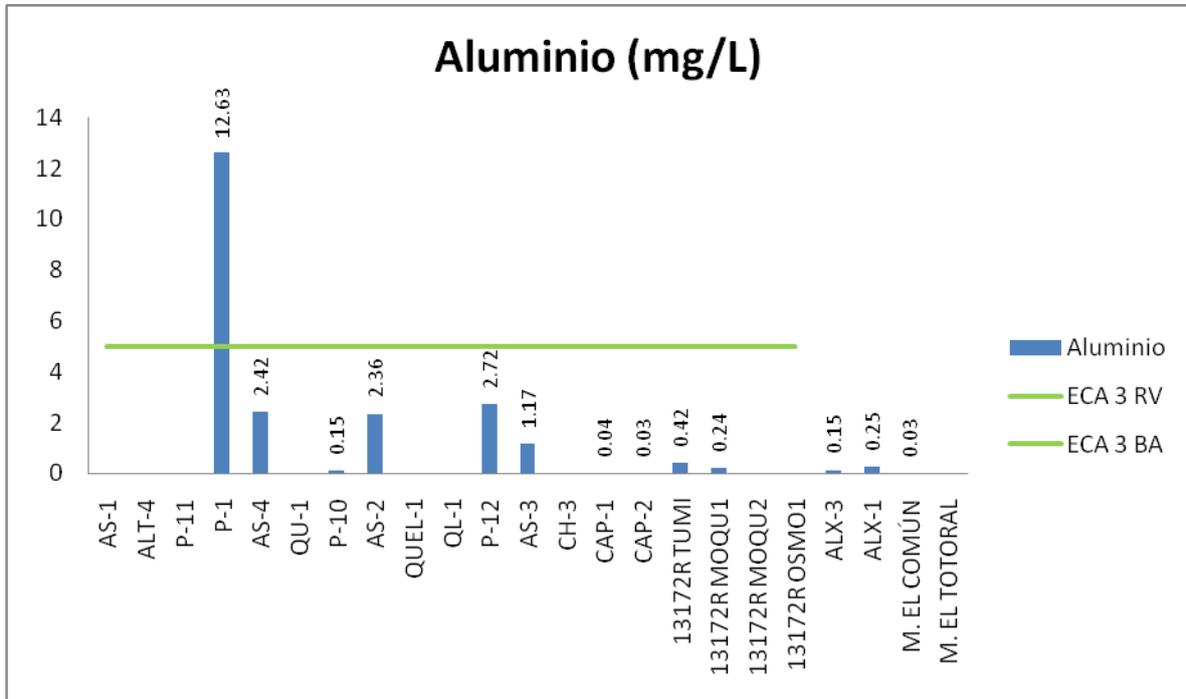
Los puntos 13172RMoqu1, 13172RMoqu1 y 13172ROsmo1 presentan valores de coliformes fecales y totales por debajo de lo indicado por el ECA, esto debido al ingreso de aguas residuales domésticas, escorrentías desde el suelo al agua en los canales de irrigación e infiltración a través de pozos sépticos.

Los Manantiales M. El Común y M. El Totoral, presentan valores bajos de coliformes fecales y totales por debajo de lo indicado por el ECA, esto debido a mal manejo de las fuentes y posible infiltración a través de pozos sépticos.

En monitoreos realizados por la DIRESA entre el 2008 y el 2010 en zonas aledañas al punto 13172Rtumi se ha determinado una presencia moderada e intermitente de coliformes termotolerantes y totales, que coincide con los resultados de la Segunda Campaña de Monitoreo.

## METALES

### Aluminio



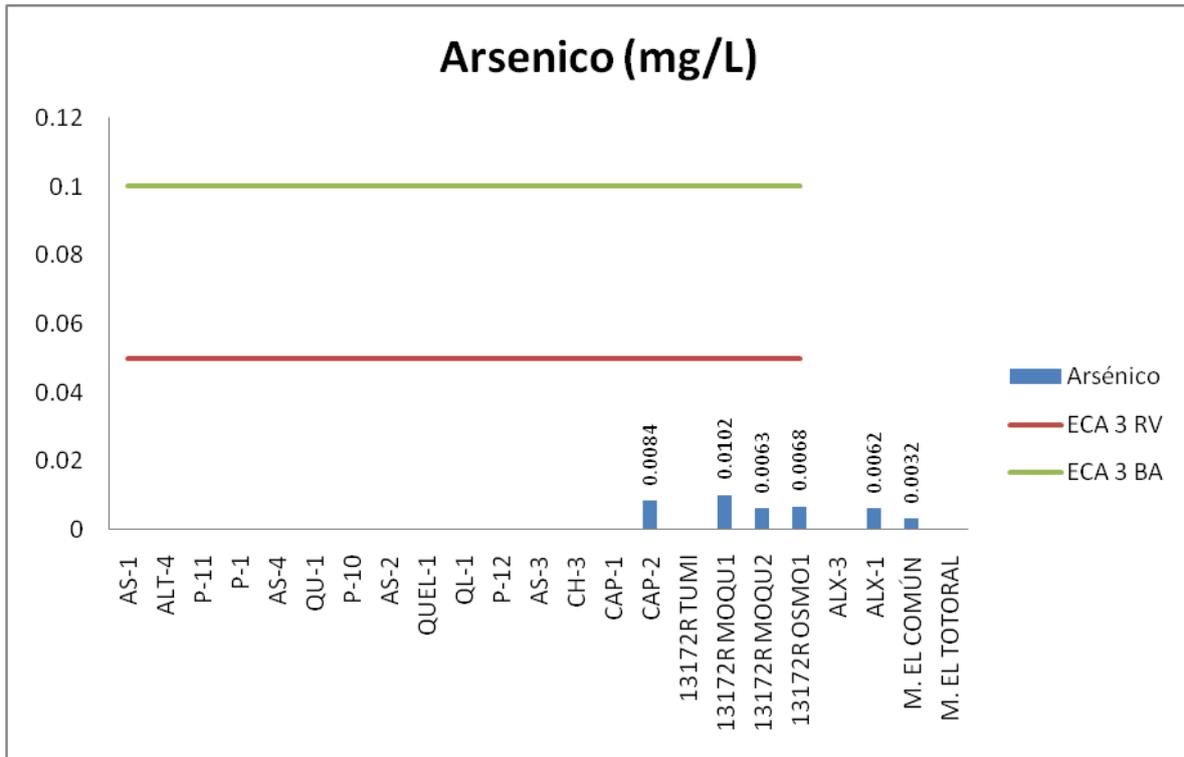
**Figura 26.** Variación espacial de la Concentración de Aluminio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Aluminio es el tercer elemento más abundante en el planeta aproximadamente 8.07 %, la presencia de este elemento en suelos es importante y frecuente. El Aluminio es un elemento capaz de liberar iones hidronio en el agua cuando esta disuelto y por lo tanto baja el valor del pH. El ECA Agua categoría 3, fija una valor de 5 mg/L.

Como se observa en la figura 25, el punto P-1, la quebrada Millune, presenta un valor de 12.63 mg/L que excede lo establecido por el ECA. Este comportamiento se relaciona con la baja del pH a valores de 4.4, como se observa en la figura 04, también la ausencia de bicarbonatos en este punto como se observa en la figura 06 no permite neutralizar el efecto del Aluminio. El contraion del Aluminio es el sulfato como se observa en la figura 19.

En las otras estaciones de monitoreo el valor del Aluminio no excede lo establecido por el ECA Agua categoría 3.

## Arsénico



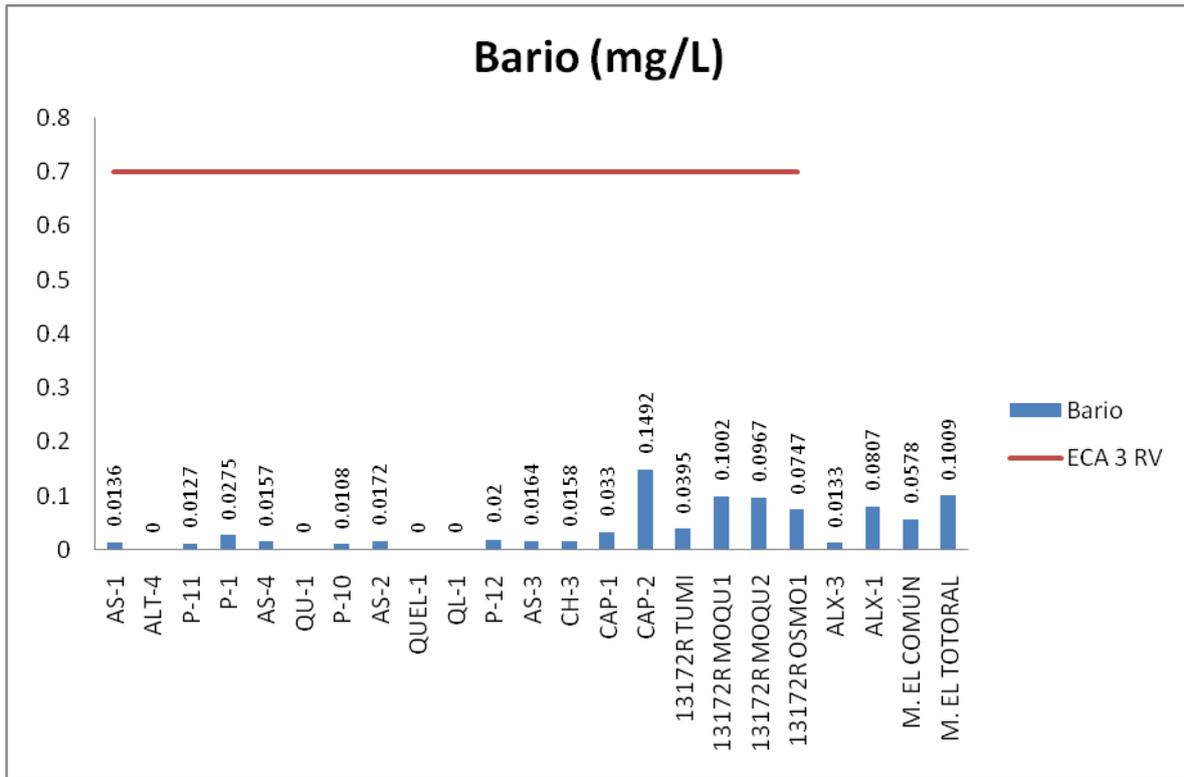
**Figura 27.** Variación espacial de la Concentración de Arsénico en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El arsénico es un metaloide asociado con la presencia de oro y plata, se detecta en aguas de naturaleza termal.

Como se observa en la figura 26, el arsénico está ausente en casi todas los puntos de muestreo de la cuenca media del Asanaexcepto en el punto CAP-2, que corresponde al Capillune, cerca del poblado Calientes donde el agua está fuertemente mineralizado por la influencia de aguas termales.

En la parte baja de la cuenca se ha detectado presencia de bajos valores de arsénico que cumplen con lo indicado por el ECA Agua categoría 3, la fuente es de naturaleza geoquímica.

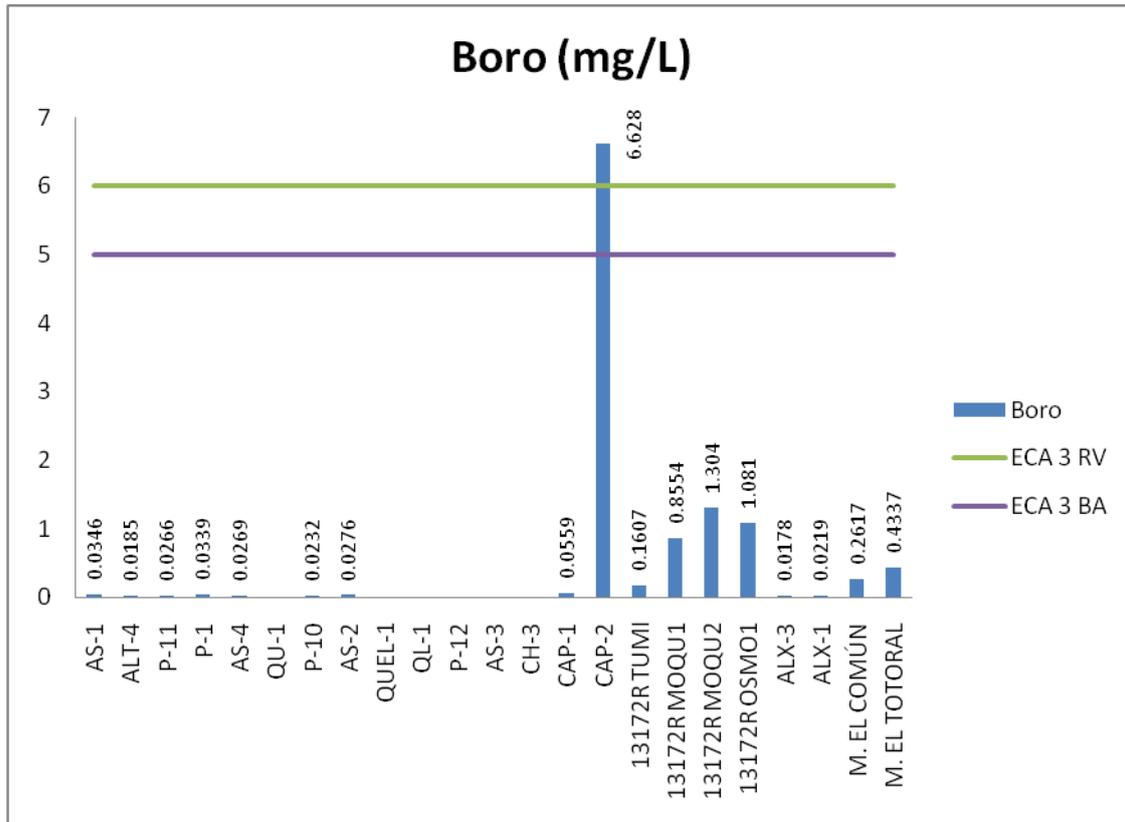
**Bario**



**Figura 28.** Variación espacial de la Concentración de Bario en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Como se observa en la figura 27, el contenido de Bario está por debajo de lo establecido por el ECA Agua Categoría 3 de 0,7 mg/L. Su distribución a lo largo de la cuenca es uniforme en la parte alta con valores entre 0,0108 hasta 0.033, mientras que en la parte baja se tiene valores también uniforme entre 0,0133 hasta 0,1009, principalmente debido al tipo de suelo de la parte baja formada por carbonatos y bicarbonatos de calcio y bario. El agua de la estación CAP-2, por el grado de mineralización presenta valores similares al de la cuenca baja.

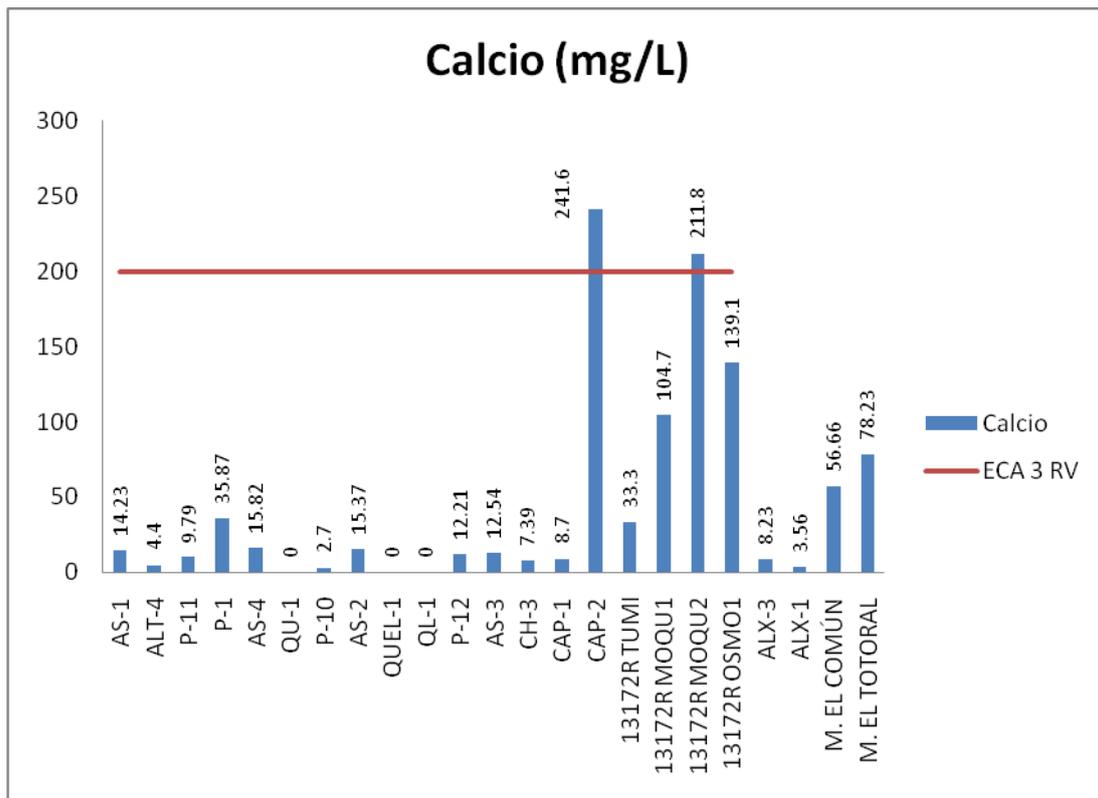
**Boro**



**Figura 29.** Variación espacial de la Concentración de Boro en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El boro es esencial para el crecimiento de las plantas siendo sumamente tóxico en concentraciones por arriba del óptimo. Como se observa en la figura 28, el contenido de Boro en la cuenca media del Asana es baja, pero en la parte baja de la cuenca se observa un incremento constante de este elemento que coincide con lo descrito en el Estudio Hidrogeológico de Valle de Moquegua llo del INRENA de Jun-2004, donde se indica que el boro fluctúa entre 1.28 y 3.16 ppmvalores que corresponden a aguas condicionadas para el riego.

## Calcio

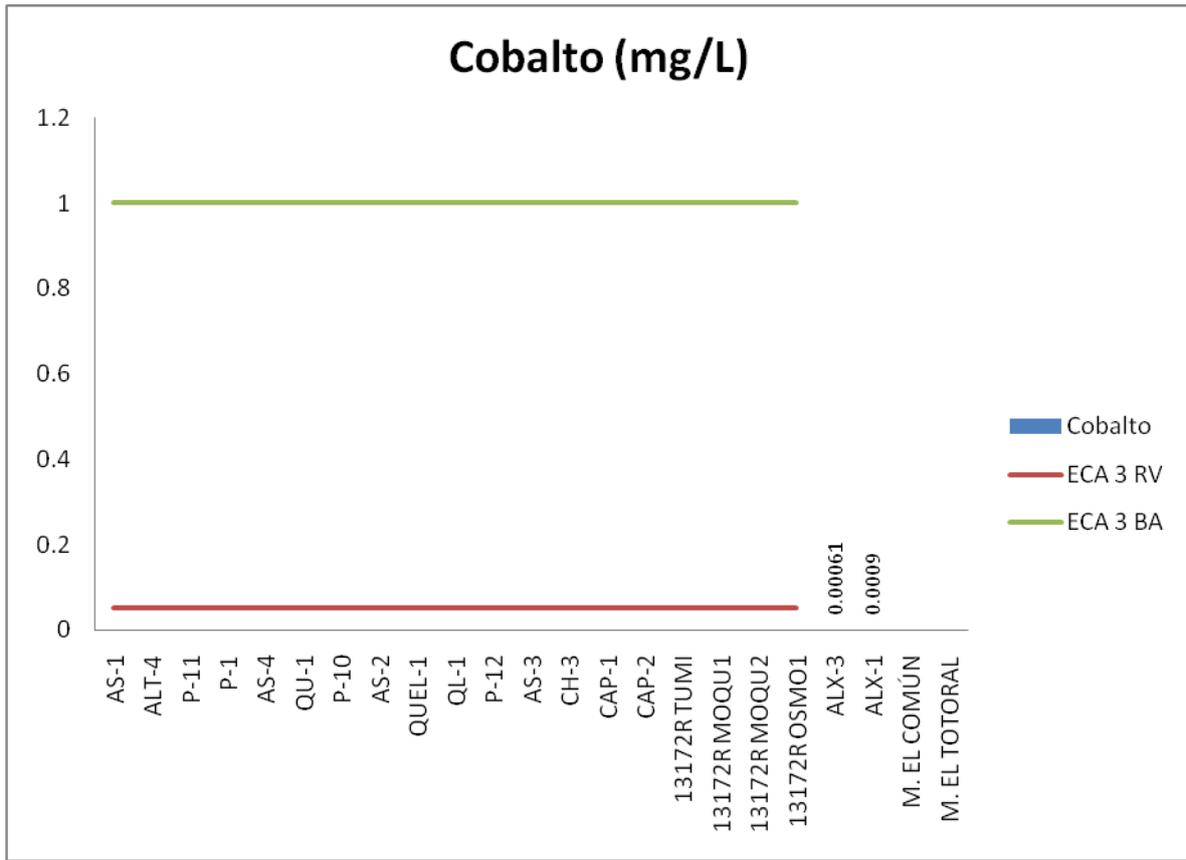


**Figura 30.** Variación espacial de la Concentración de Calcio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Calcio es el principal elemento responsable de la dureza del agua, elevadas concentraciones de calcio en el agua es perjudicial para el riego, puede ocasionar problemas de salinización de suelos, en el caso de agua de bebida, puede ocasionar problemas renales al consumidor. El ECA Agua Categoría 3, establece un valor de 200 mg/L para riego de vegetales.

Como se observa en la figura 29 la calidad del agua en la cuenca media del Asana presenta valores bajos de Calcio entre 2.7 hasta 35.87. Por otro lado la estación CAP-2 presenta elevados valores de Calcio debido a que esta mineralizada, en la parte baja de la cuenca como menciona el estudio del INRENA de Jun-2004, presenta aguas con altos contenidos de Calcio en forma de carbonatos y sulfatos.

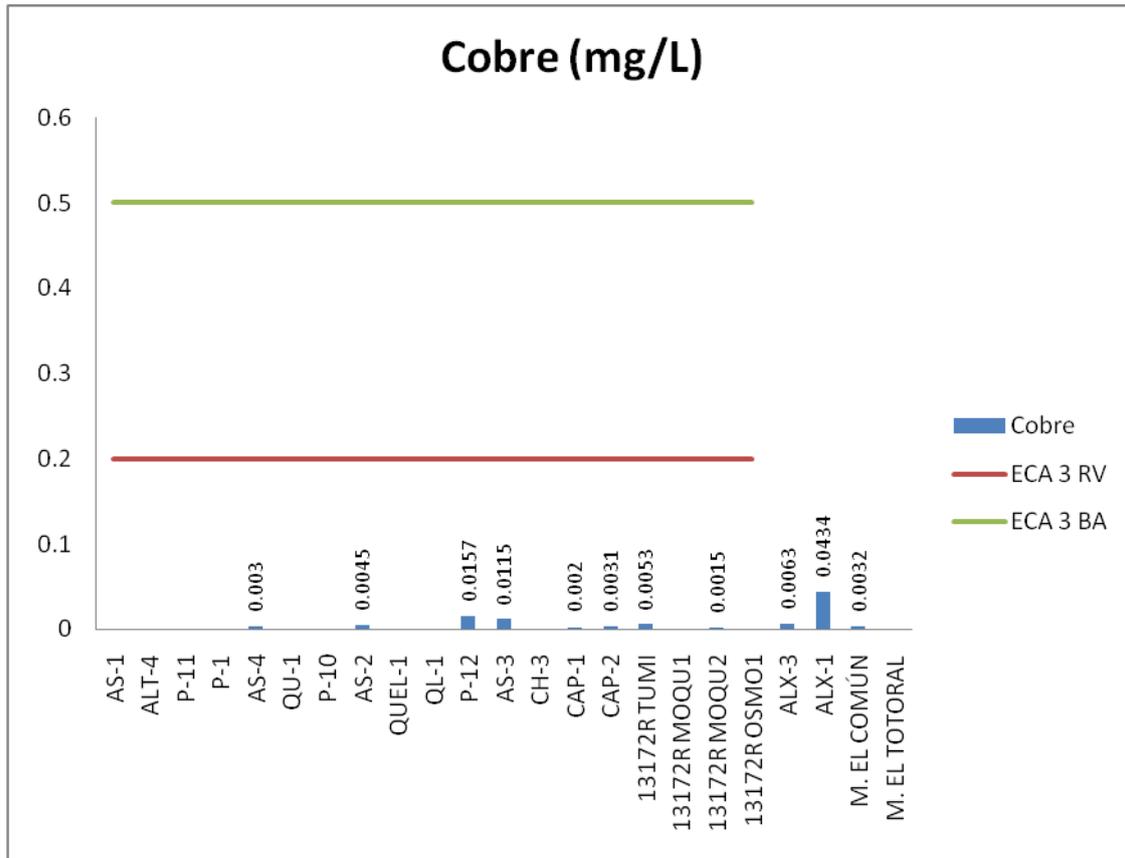
## Cobalto



**Figura 31.** Variación espacial de la Concentración de Cobalto en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

Como se observa en la figura 30, no se ha determinado la presencia de cobalto en las muestras de aguas superficiales, en las muestras de aguas subterráneas se ha determinado valores mínimos de cobalto.

## Cobre

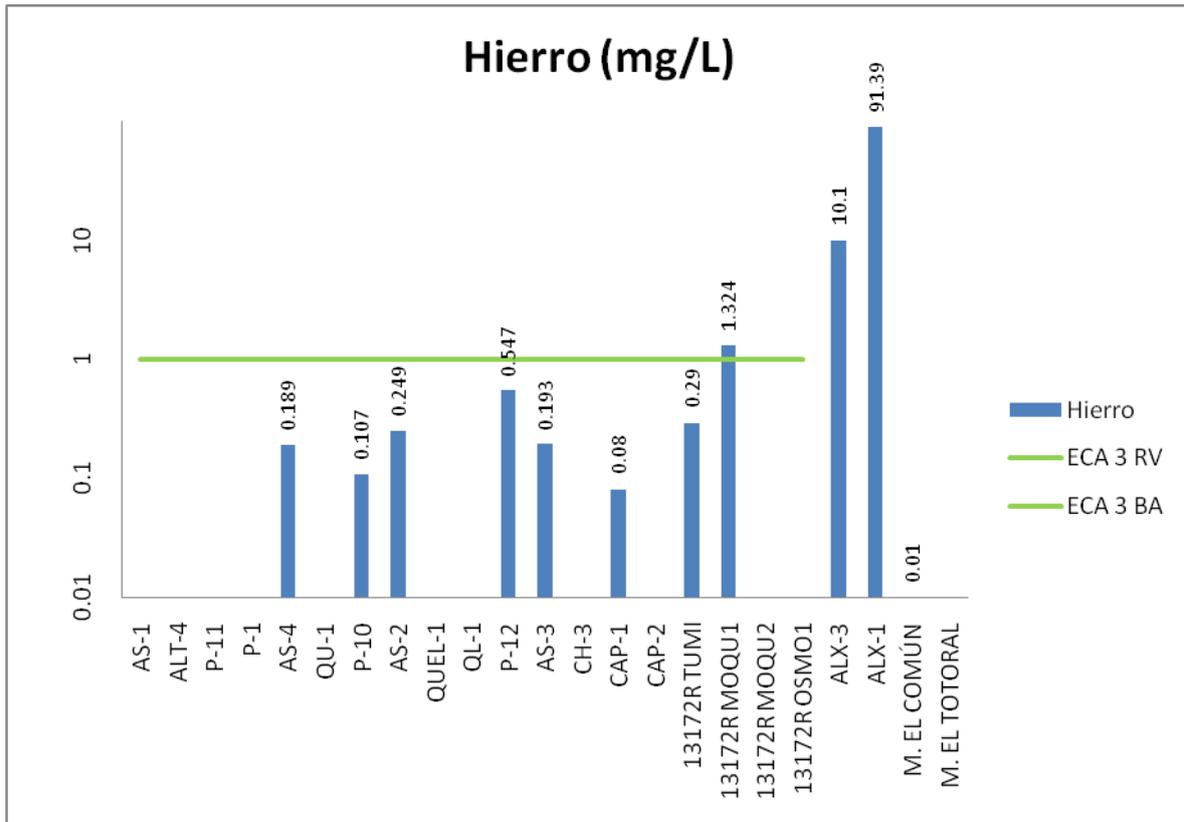


**Figura 32.** Variación espacial de la Concentración de Cobre en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Cobre es un elemento metálico de gran valor económico, considerado también en bajas concentraciones como un micronutriente. El ECA Agua Categoría 3, establece un valor de 0,2 mg/L para riego de vegetales y 0,5 para bebida de animales.

En la figura 32, se observa que el cobre se encuentra en muy bajas concentraciones en todas las estaciones a lo largo de toda la cuenca, presentando valores que van desde 0.002 hasta 0.0434 mg/L.

## Hierro

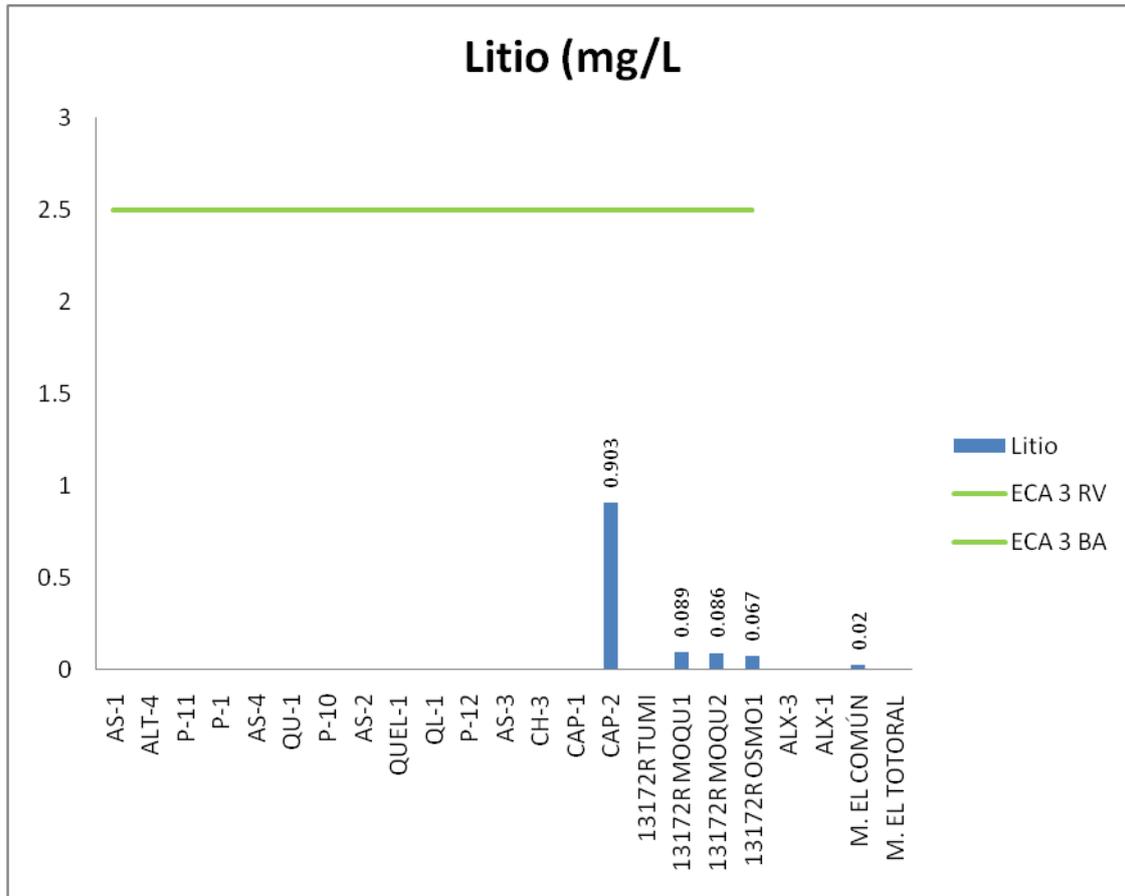


**Figura 33.** Variación espacial de la Concentración de Hierro en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El hierro es un elemento metálico pesado, su presencia en el agua se debe en forma natural al paso del agua sobre material ferroso o por intervención antropogénica. El hierro al igual que el Aluminio al disolverse puede liberar iones hidronio y bajar el pH. El ECA Agua Categoría 3 establece un valor de 6 mg/L de hierro total en el agua.

Como se observa en la figura 32, la presencia de hierro en forma natural en casi todas las estaciones de monitoreo de la parte baja y media del Asana no exceden lo establecido por el ECA. Para el caso del 13172Rmoqu1 el ingreso de aguas residuales en la parte de arriba, son la principal fuente de hierro en el agua. Para las estaciones subterráneas ALX-3 y ALX-1, los valores elevados de hierro que exceden lo establecido por los ECAs se relacionan con el grado de oxidación de la tubería del piezómetro y fuentes desde el suelo, se recomienda un mejor manejo del piezómetro, para evitar oxidación de la tubería.

**Litio**

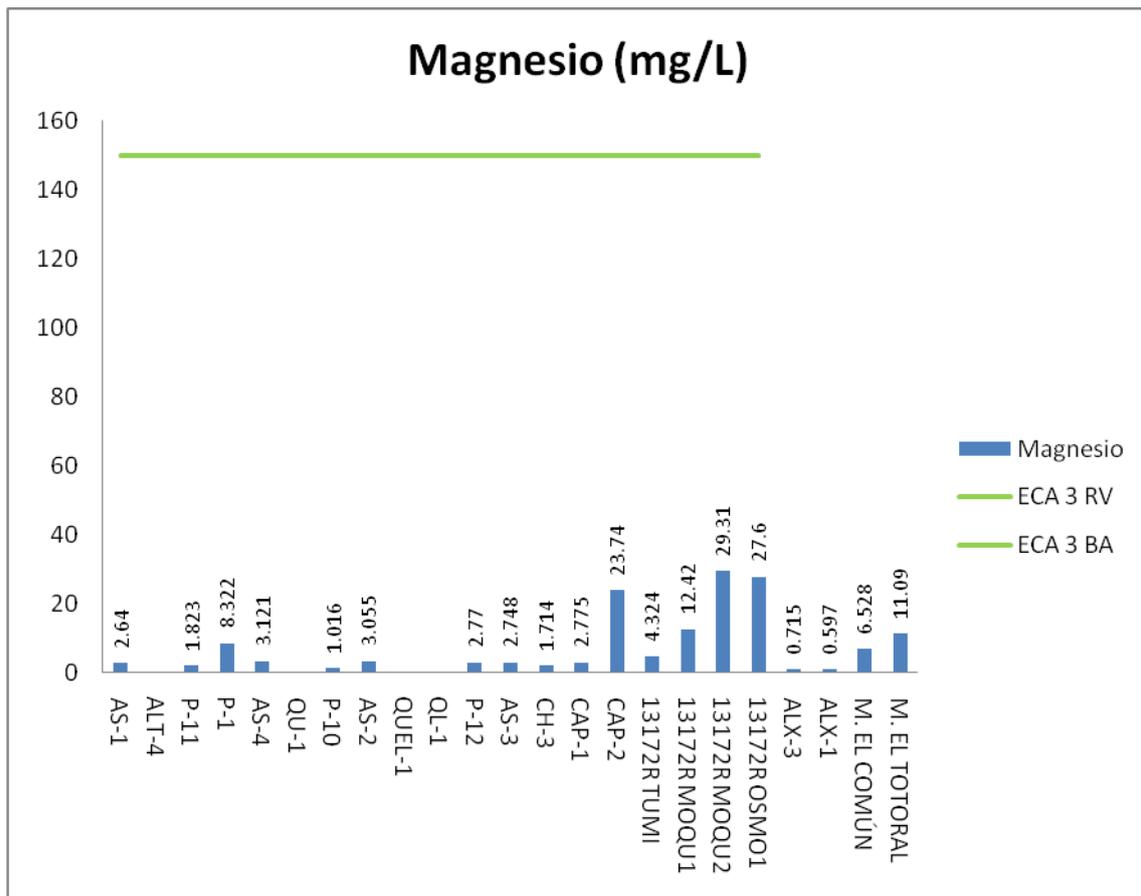


**Figura 34.** Variación espacial de la Concentración de Litio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Litio es un elemento metálico ligero, su presencia en el agua en bajas concentraciones es muy apreciada en agua de mesa, El ECA-Agua Categoría 3 fija un estándar de calidad de 2.5 mg/L.

Como se observa en la figura 33, la presencia de Litio en la parte media de la cuenca del Asana no ha sido detectada, en el caso de CAP-2 aguas mineralizadas si se detecta una concentración apreciable de 0.903 muy por debajo de lo fijado por el ECA. La parte baja de la cuenca presenta una zona carbonata, bicarbonatada y sulfatada de Calcio, Magnesio Bario y Litio, pero los valores están por debajo de lo establecido por el ECA.

## Magnesio



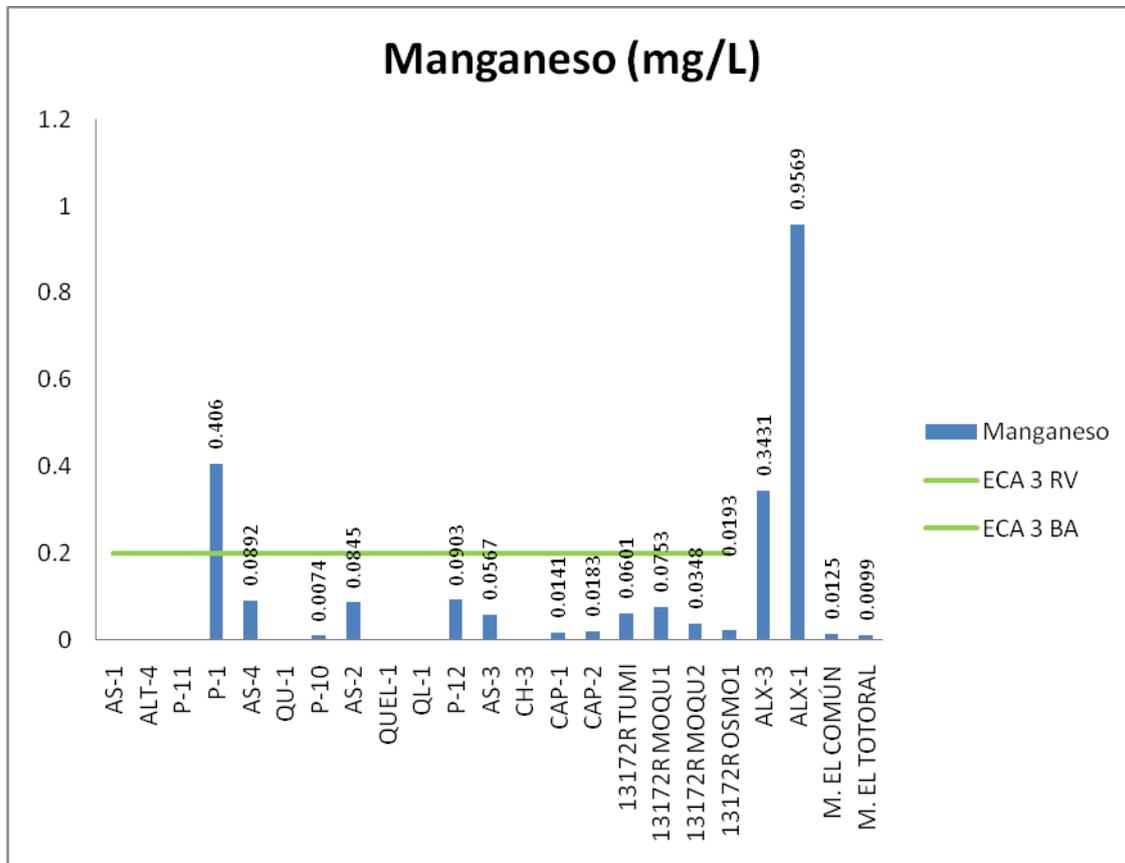
**Figura 35.** Variación espacial de la Concentración de Magnesio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Magnesio es el otro elemento responsable de la dureza del agua, elevadas concentraciones de magnesio en el agua es perjudicial para el riego, puede ocasionar problemas de salinización de suelos, en el caso de agua de bebida, puede ocasionar problemas renales al consumidor. El ECA Agua Categoría 3, establece un valor de 150 mg/L para riego de vegetales.

Como se observa en la figura 34 la calidad del agua en la parte alta de la cuenca presenta valores bajos de Magnesio entre 1.016 hasta 8.322 mg/L. La estación CAP-2 presenta elevados valores de Magnesio debido a que esta mineralizada, en la parte baja de la cuenca como menciona el estudio del INRENA de Jun-2004, presenta aguas con altos contenidos de Magnesio en forma de carbonatos y sulfatos tomando valores entre 4.324 hasta 29.31.

Los Manantiales M. El Común y M. El Totoral, presentan valores bajos de Magnesio por las condiciones del suelo de la cuenca baja rica en calcio y magnesio.

### Manganeso



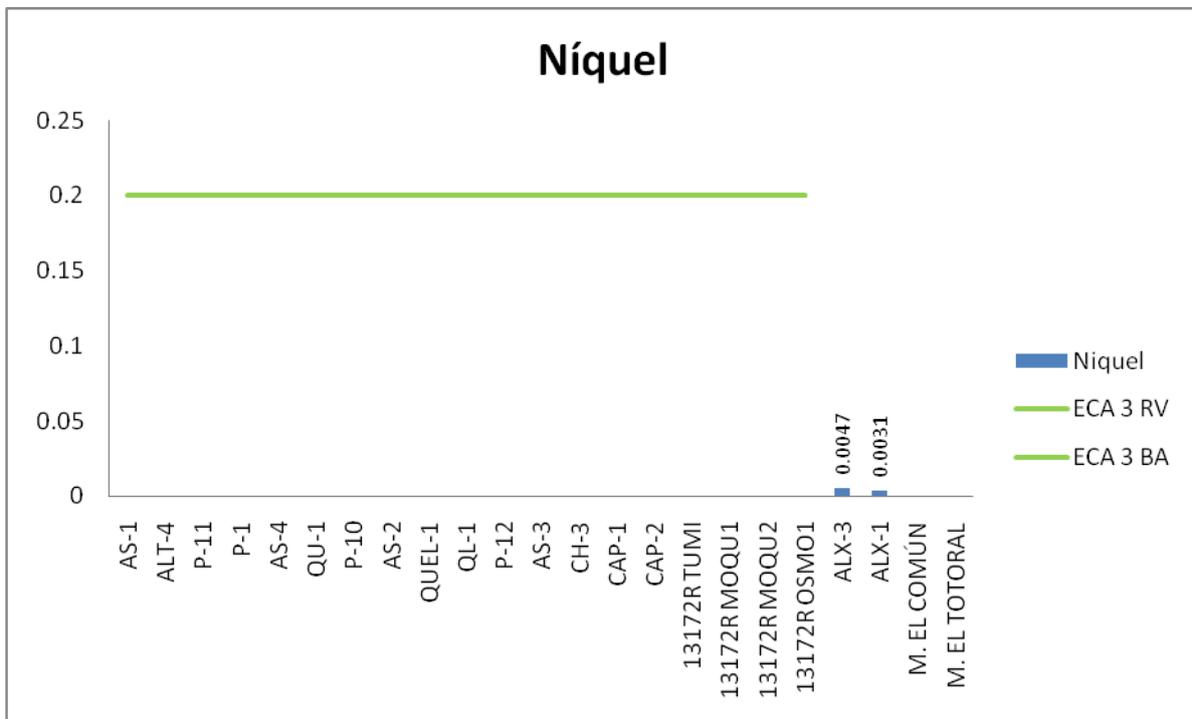
**Figura 36.** Variación espacial de la Concentración de Manganeso en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Manganeso puede darle al agua un sabor, olor y color indeseable. El manganeso causa manchas cafés-negras en los utensilios, que no pueden ser removidos por detergentes. El manganeso es un elemento metálico común en la superficie de la tierra. A medida que el agua se filtra por el suelo y las piedras puede disolver este mineral y acarrearlo hacia el agua. El ECA Agua Categoría 3. Fija un valor de 0.2 mg/L como estándar de calidad.

En la figura 35 se observa que a lo largo de toda la cuenca se tiene presencia de Manganeso en el agua que no sobrepasa lo establecido por el ECA excepto en la quebrada Millune punto P-1, donde el Manganeso (0.406 mg/L) excede en forma natural lo establecido por el ECA, este valor alto del agua de la quebrada Millune está relacionado con la presencia de Aluminio y la baja del pH, proveniente de suelos ácidos.

El agua subterránea de los punto ALX-3 y ALX-1, son valores elevados que sobrepasan el valor sugerido por el ECA-3, este comportamiento es similar al hierro, por lo que se considera una misma fuente de estos parámetros.

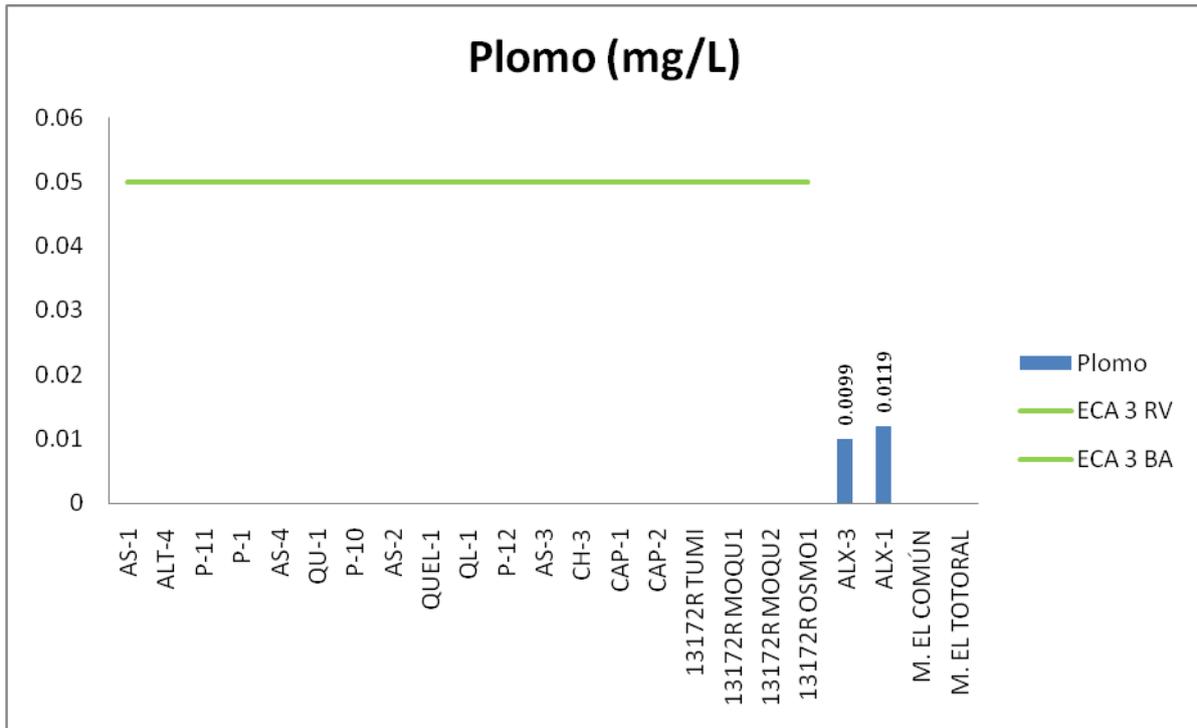
### Níquel



**Figura 37.** Variación espacial de la Concentración de Níquel en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

No se ha determinado la presencia de Níquel en las aguas superficiales de los puntos de monitoreo, en aguas subterráneas de la cuenca alta los valores registrados son muy bajos en comparación con lo sugerido por el ECA Agua categoría 3.

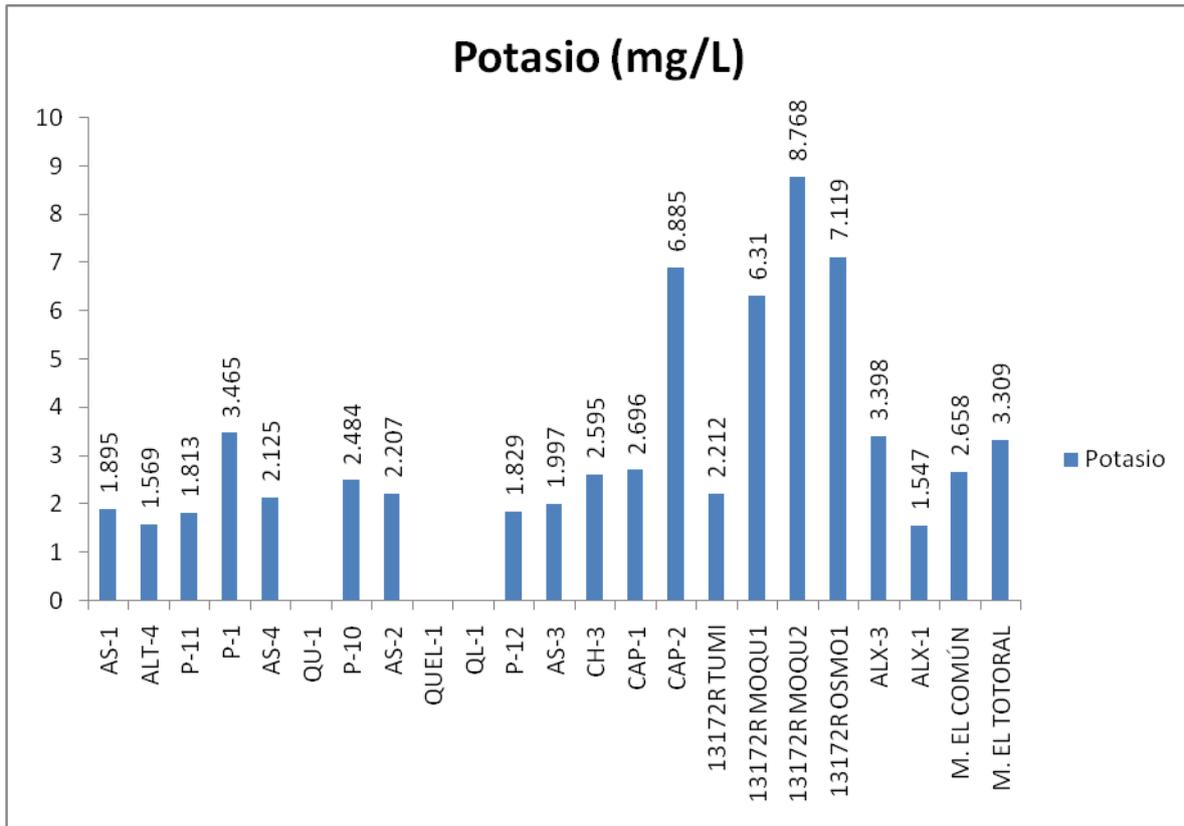
## Plomo



**Figura 38.** Variación espacial de la Concentración de Plomo en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

No se ha determinado la presencia de Plomo en las aguas superficiales de los puntos de monitoreo, en aguas subterráneas de la cuenca alta los valores registrados son muy bajos en comparación con lo sugerido por el ECA Agua categoría 3.

## Potasio

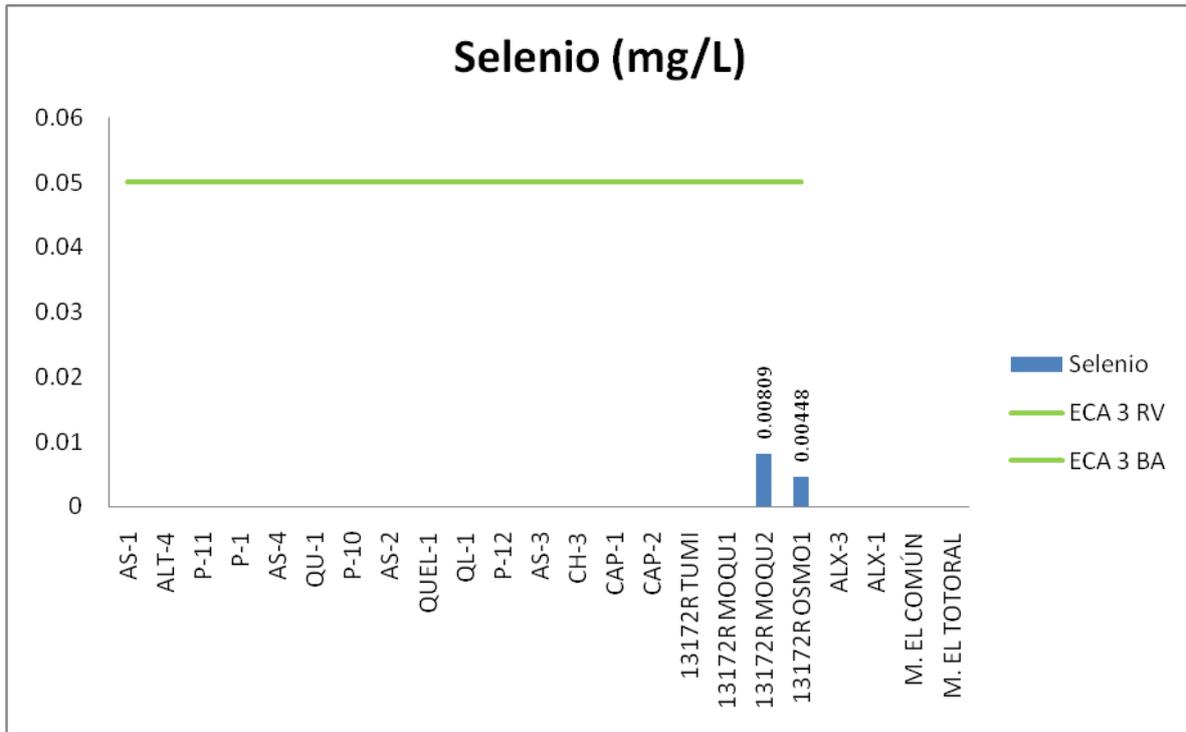


**Figura 39.** Variación espacial de la Concentración de Potasio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El potasio es un elemento muy común en el agua, el ECA Agua categoría 3 no fija un valor para este parámetro, como se observa en la cuenca alta los valores de potasio son bajos oscilando entre 1.569 hasta 3.465 mg/L, en el caso del CAP-2 el contenido de potasio se relaciona bien con la conductividad eléctrica y con los sólidos disueltos, esto debido a la fuerte mineralización de las aguas que pasan por la zona denominada calientes.

En la parte baja el contenido de potasio en el agua es mayor que el de la cuenca alta que coincide con lo descrito en el Estudio Hidrogeológico de Valle de Moquegua Ilo del INRENA de Jun-2004, donde se indica que las aguas pueden tener entre 2.73 hasta 10.14 mg/L de potasio.

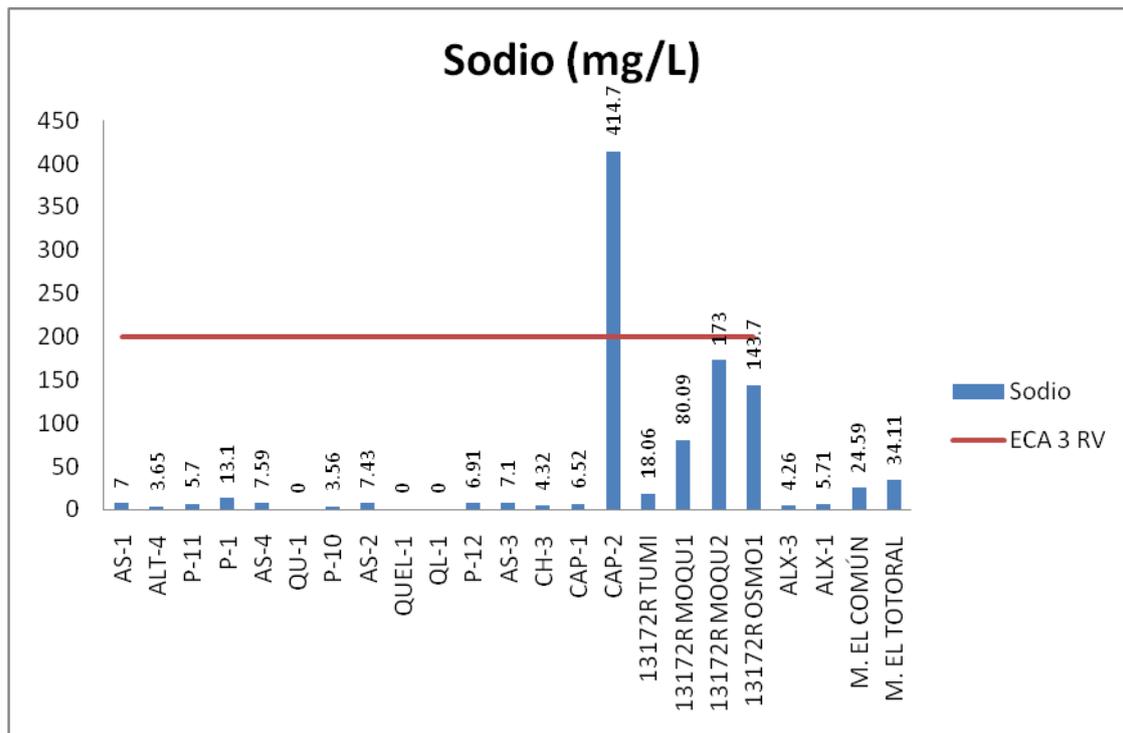
## Selenio



**Figura 40.** Variación espacial de la Concentración de Selenio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

No se ha determinado la presencia de Selenio en las aguas superficiales de los puntos de monitoreo, en aguas subterráneas de la cuenca alta los valores registrados son muy bajos en comparación con lo sugerido por el ECA Agua categoría 3.

## Sodio



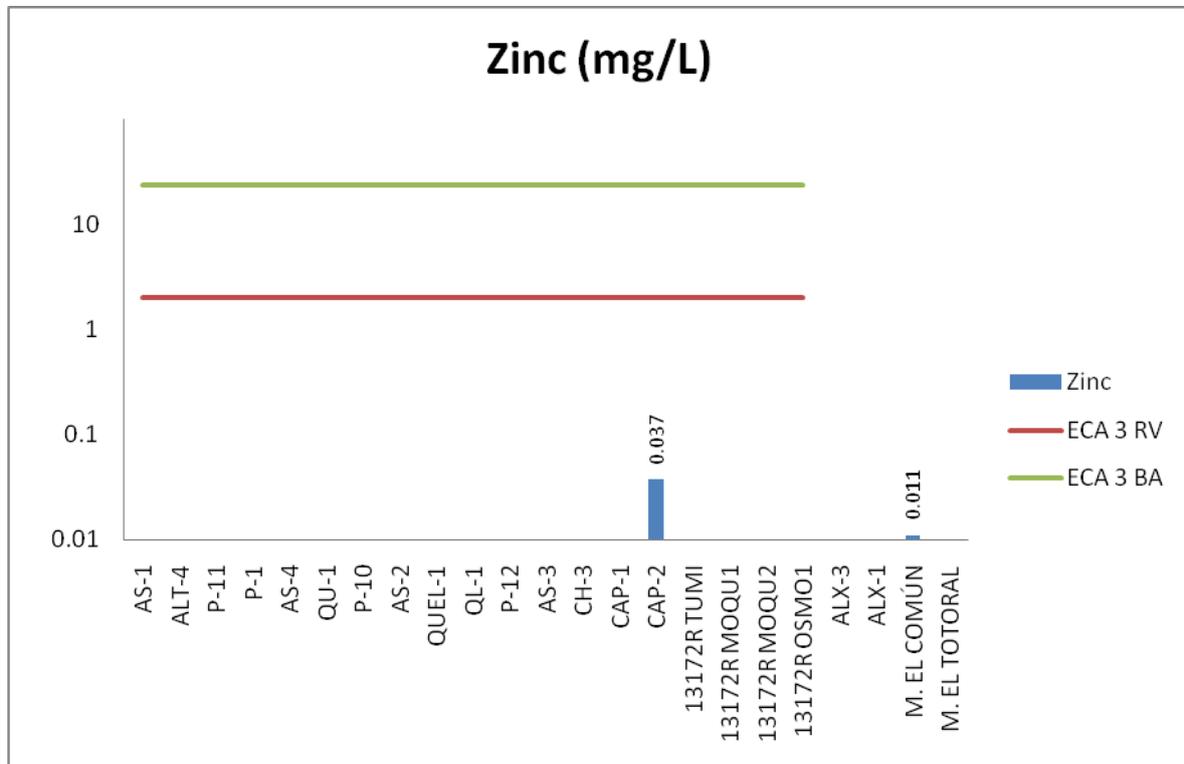
**Figura 41.** Variación espacial de la Concentración de Sodio en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El sodio es un elemento abundante en el agua conjuntamente con el cloruro son los responsables de la conductividad del agua y los sólidos disueltos totales, su principal fuente es el cloruro de sodio del agua de mar, que se encuentra disperso sobre la superficie de terrenos que en tiempos pasados estuvieron bajo el mar. El riego con agua con altos valores de sodio puede degradar la calidad del suelo por salinización de estos. El ECA Agua Categoría 3, fija un valor de 200 mg/L para el sodio.

Como se observa en la figura 40 la parte media de la cuenca del Asana el contenido de sodio es uniforme tomando valores entre 3.56 a 7.43 mg/L mientras que en la zona baja se tiene valores entre 18.06 hasta 173 mg/L por estar cerca de la costa bajo la influencia de la brisa marina, por otro lado el Estudio Hidrogeológico de Valle de Moquegua Ilo del INRENA de Jun-2004, indica que las aguas de la zona baja de la cuenca está formada pueden tener entre 15.64 hasta 160.08 mg/L de sodio lo que coincide con lo encontrado en el monitoreo. El punto CAP-2 presenta un valor extremo de sodio debido a que es una zona con aguas mineralizadas cercano al poblado Calientes, por la actividad geotermal.

En los manantiales M. El Común y M. El Totoral, se observa una concentración de sodio por influencia de las características del suelo y las brisas marinas.

## Zinc



**Figura 42.** Variación espacial de la Concentración de Zinc en las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial de la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea – Marzo Abril 2014 del programa de Monitoreo Ambiental Participativo (MAP).

El Zinc es un elemento metálico no ferroso asociado al cobre y cadmio. En forma natural se puede encontrar en el agua entre 0.005 a 0.010 mg/L. El zinc no presenta mayor potencial tóxico, es un micronutriente para animales y humanos. La solubilidad del zinc depende de la temperatura y del pH del agua en cuestión. Cuando el pH es casi neutro, el zinc es insoluble en el agua. La solubilidad del zinc en el agua aumenta con la acidez. El ECA Agua Categoría 3, fija un valor de 2 y 24 mg/L para agua de riego y bebida de animales respectivamente.

Como se observa en la figura 41, en la cuenca no se ha detectado zinc, a excepción del agua de la estación CAP-2 (0.037 mg/L), aguas fuertemente mineralizadas, cercanas a la zona denominada Calientes.

En todas las estaciones de monitoreo no se supera el valor establecido por ECA para agua de riego de vegetales o bebida de animales establecidos para el zinc

### 7.3 Validación de la línea de base ambiental de agua superficial en época húmeda

La validación de la línea base del Proyecto Quellaveco componente agua superficial época húmeda, se realizó por comparación de los resultados obtenidos en el monitoreo ambiental participativo desarrollado en marzo-abril del 2014, con los resultados de la Línea Base del Proyecto Quellaveco y los resultados de los monitoreos permanentes desarrollado por Anglo American. La validación se ajusta a los resultados de la estación húmeda sin lluvias.

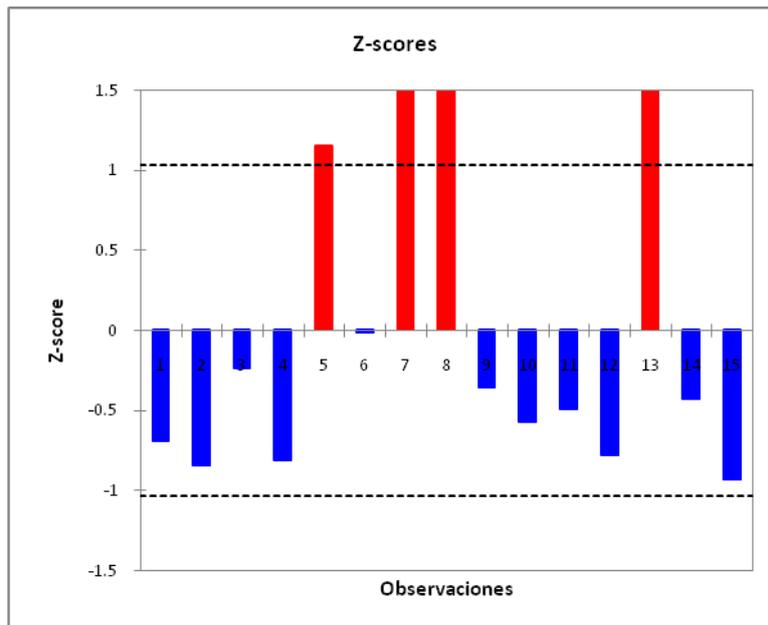
Se presentará los resultados de la Estación AS-1 como ejemplo, los diagramas de las demás estaciones se presentan en los anexos.

#### 7.3.1 Determinación de caudales en época húmeda, con lluvia y sin lluvia

Se ha considerado como época húmeda al intervalo de tiempo comprendido entre el mes de enero y abril, los caudales de época húmeda con lluvia y sin lluvia fueron determinados utilizando el test de grubbs, donde los valores atípicos son considerados como época húmeda con lluvia y los típicos como época húmeda sin lluvia.

**Tabla 11. Test de Grubbs para clasificar los caudales en la época húmeda de enero a abril de la estación AS-1**

Valor	Z-score
449.000	-0.694
346.000	-0.841
770.000	-0.237
364.000	-0.815
1748.000	<b>1.154</b>
929.000	-0.011
2099.830	<b>1.655</b>
2046.000	<b>1.578</b>
686.000	-0.357
534.000	-0.573
589.875	-0.494
388.792	-0.780
2186.300	<b>1.778</b>
635.200	-0.429
280.400	-0.934



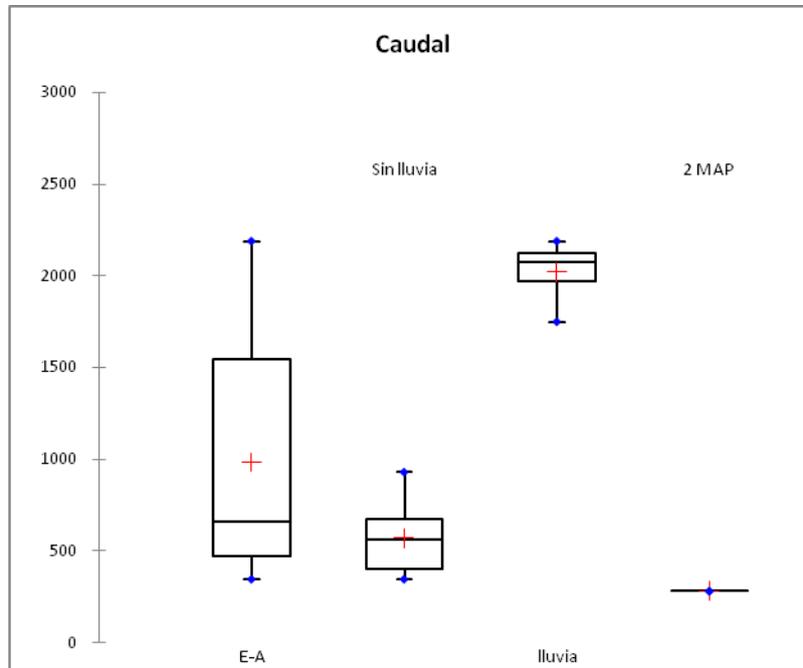
**Figura 43.** Representación gráfica del test de grubbs para la clasificación de los caudales de la estación AS-1

Como se observa en la tabla 11 y figura 43, durante los meses de la época húmeda la estación AS-1 presenta 4 caudales que exceden lo establecido por el test de grubbs y por lo tanto son considerados como caudales de época húmeda con lluvia.

**Tabla 12. Clasificación de las fechas de monitoreo como épocas húmedas con o sin lluvias.**

Fecha	Caudal			
	E-A	Sin lluvia	lluvia	2 MAP
20/2/96	449.00	449.00		
8/1/97	346.00	346.00		
12/2/97	770.00	770.00		
26/3/07				
26-mar-07				
18-ene-11	364.00	364.00		
19-feb-11	1748.00		1748.00	
19-mar-11	929.00	929.00		
12-abr-11	686.00	686.00		
10-ene-12	2099.83		2099.83	
05-mar-12	2046.00		2046.00	
19-abr-12	534.00	534.00		
11-ene-13	589.88	589.88		
15-feb-13	388.79	388.79		
05-mar-13	2186.30		2186.30	
17-abr-13	635.20	635.20		
31-mar-14				280.4

En la tabla 12, se ha clasificado las fechas de monitoreo en función al caudal como fechas de época húmeda con lluvia y sin lluvia que será utilizado para el análisis de todos los parámetros en la estación AS-1.

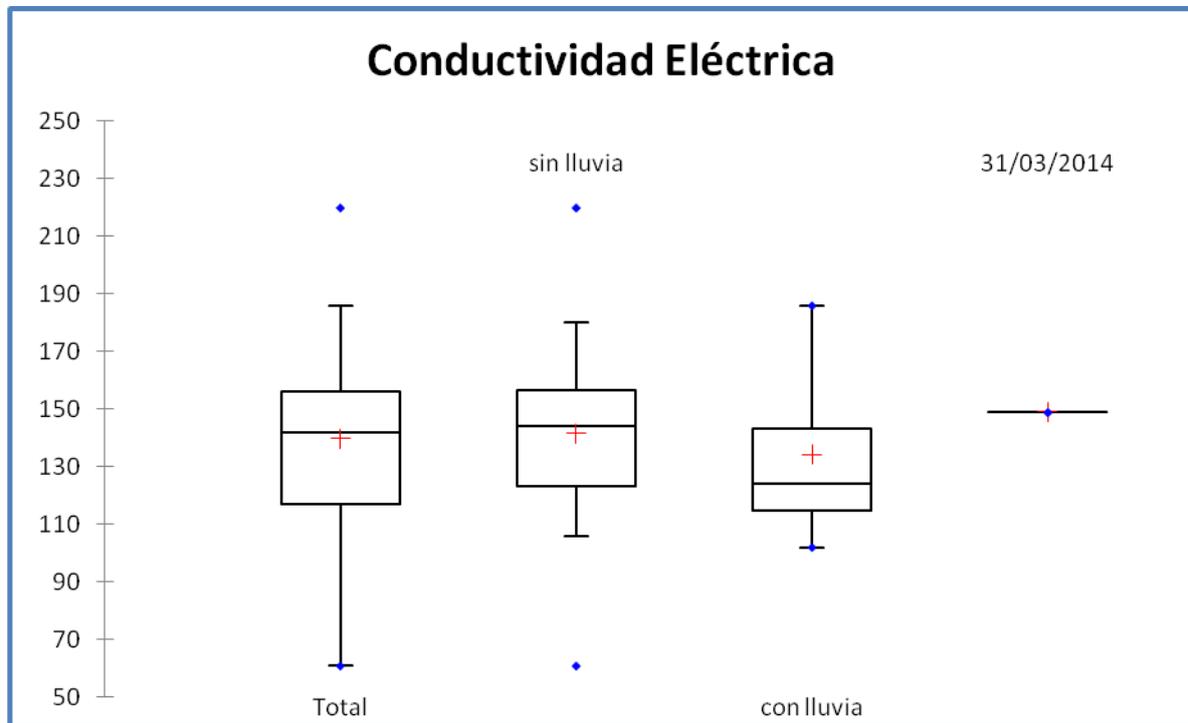


**Figura 44.** Diagrama de Cajas y Bigotes del caudal en la estación AS-1, época húmeda

Estadística	E-A	Sin lluvia	lluvia	2 MAP
No. de observaciones	17			
Mínimo	346.000	346.000	1748.000	280.400
Máximo	2186.300	929.000	2186.300	280.400
1° Cuartil	470.250	403.844	1971.500	280.400
Mediana	660.600	561.938	2072.915	280.400
3° Cuartil	1543.250	673.300	2121.448	280.400
Media	983.714	569.187	2020.033	280.400

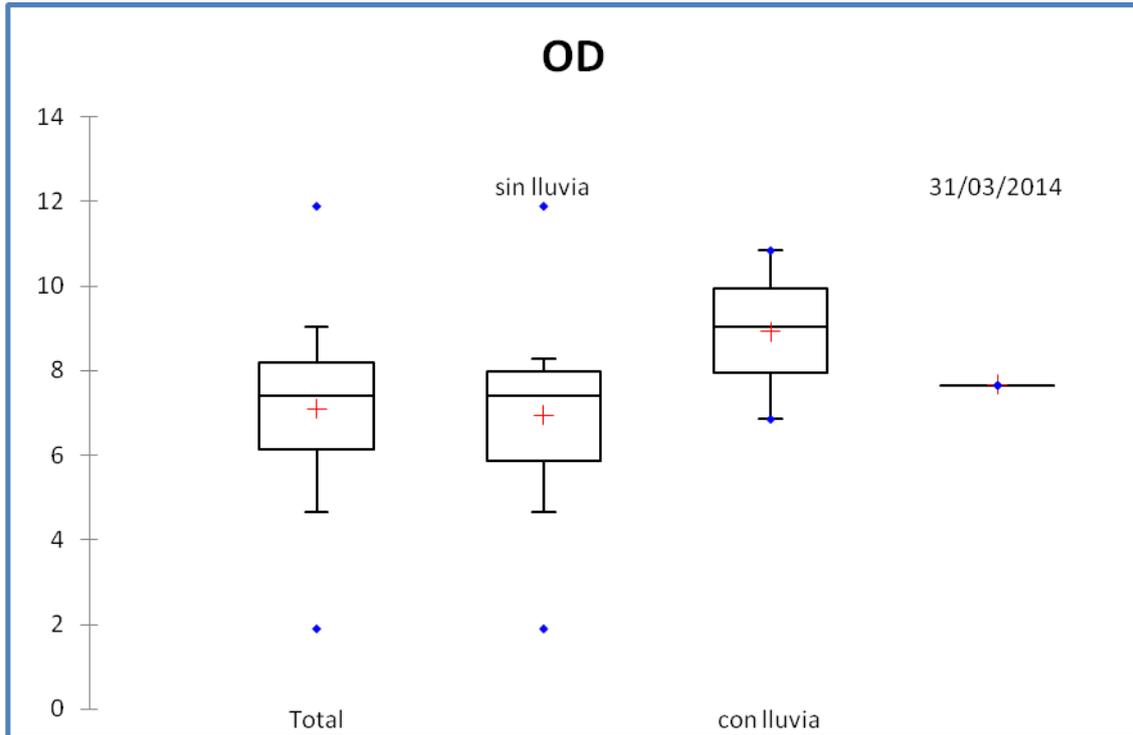
### 7.3.2 Inclusión del monitoreo en el record histórico, línea de base ambiental

Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



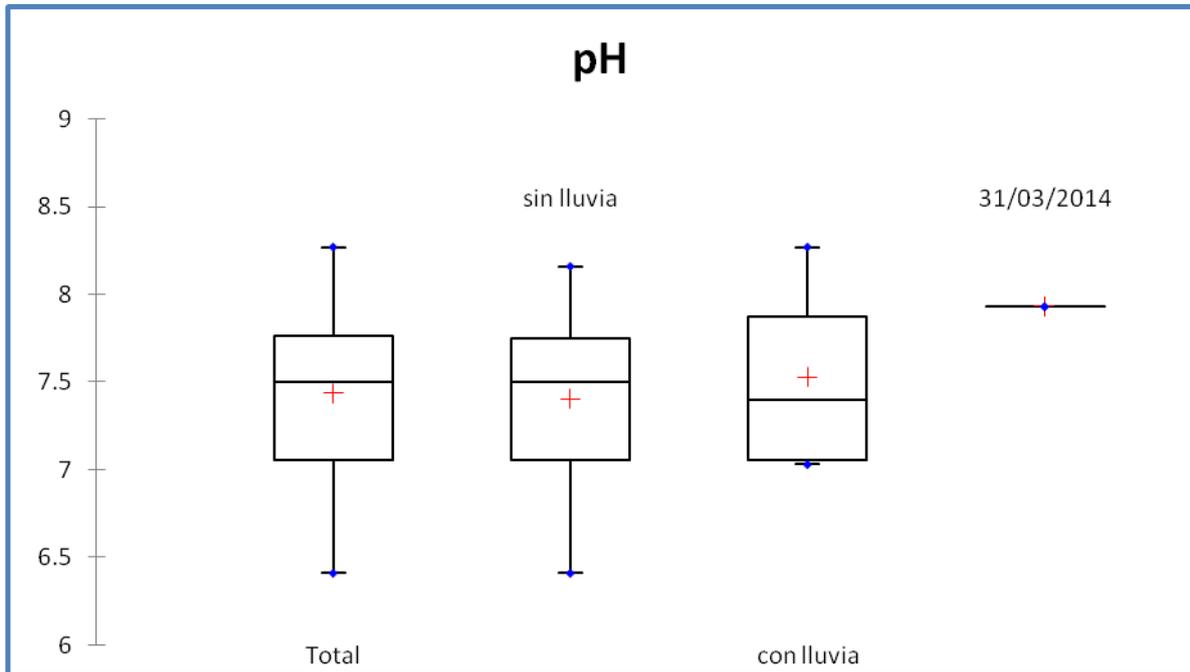
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	60.800	60.800	102.000	148.900
Máximo	220.000	220.000	186.000	148.900
1° Cuartil	116.750	123.500	114.750	148.900
Mediana	142.000	144.000	124.200	148.900
3° Cuartil	156.325	156.325	143.550	148.900
Media	139.538	141.350	134.100	148.900

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



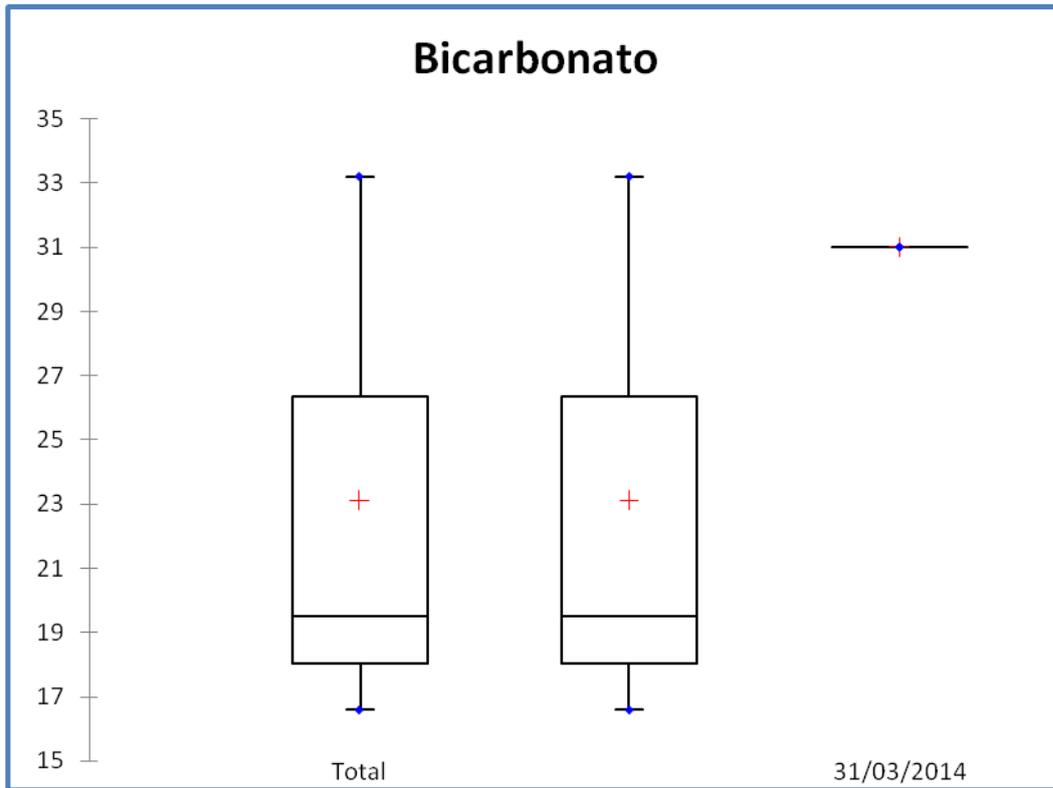
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. de observ.	17			
Mínimo	1.900	1.900	6.860	7.660
Máximo	11.900	11.900	10.850	7.660
1° Cuartil	6.145	5.860	7.945	7.660
Mediana	7.400	7.400	9.030	7.660
3° Cuartil	8.195	7.970	9.940	7.660
Media	7.084	6.934	8.913	7.660

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



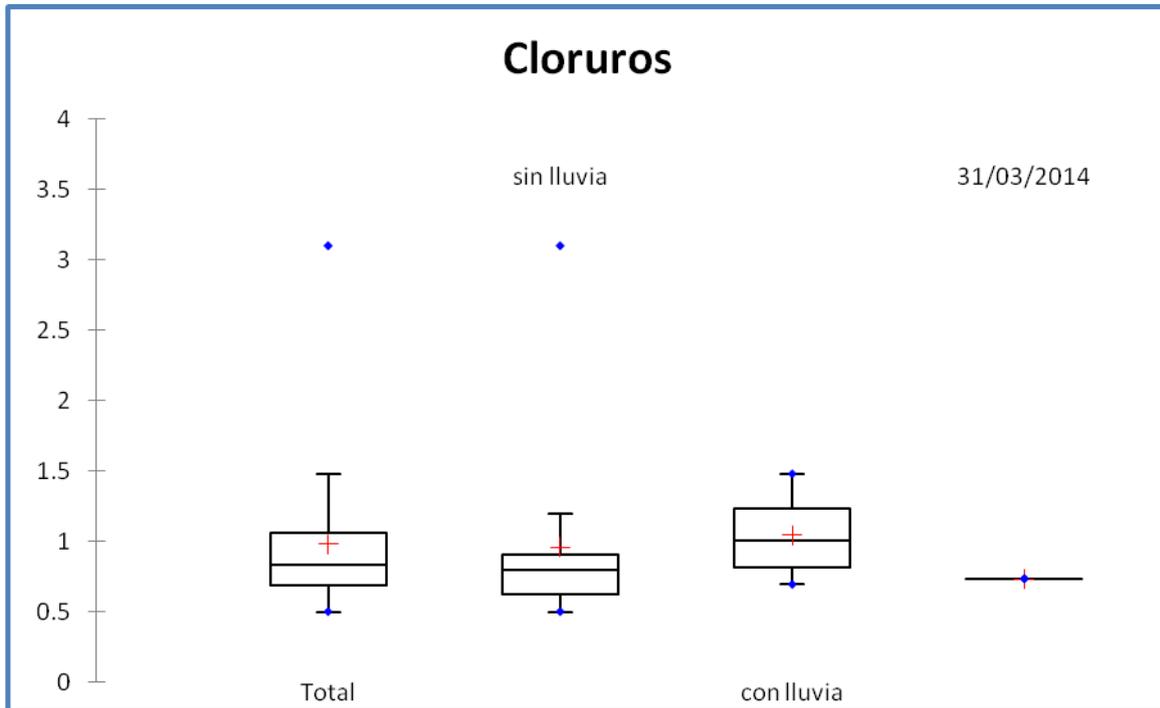
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	6.410	6.410	7.030	7.930
Máximo	8.270	8.160	8.270	7.930
1° Cuartil	7.053	7.058	7.053	7.930
Mediana	7.500	7.500	7.400	7.930
3° Cuartil	7.765	7.750	7.873	7.930
Media	7.432	7.401	7.525	7.930

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



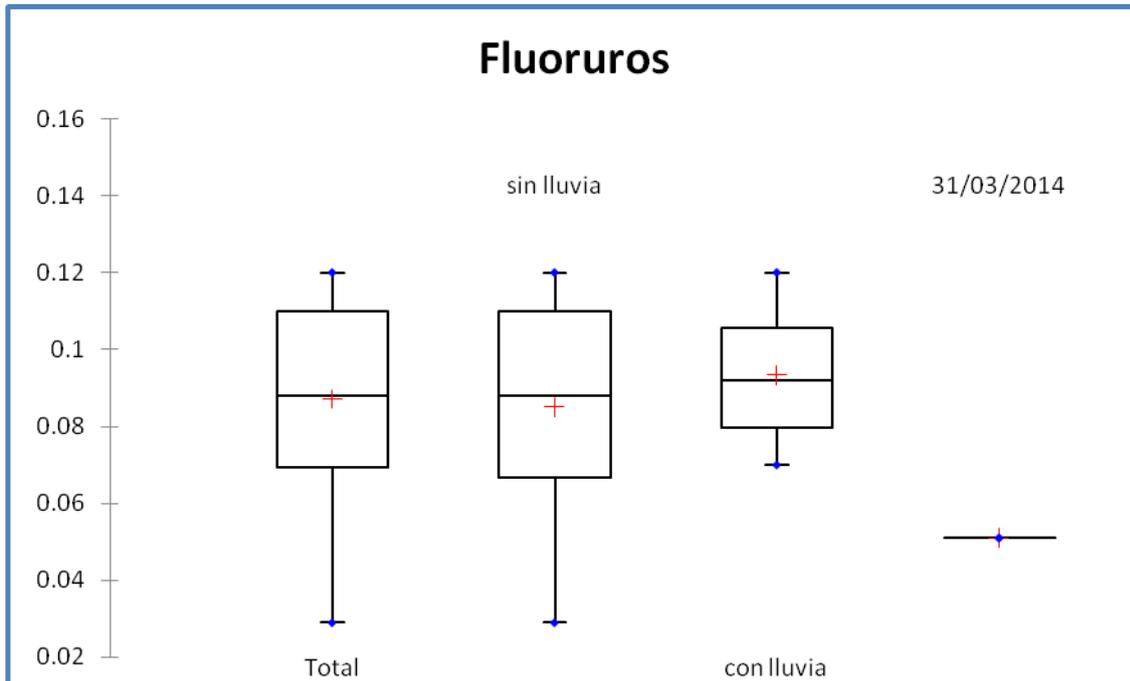
Estadística	Total	sin lluvia	31/03/2014
No. de observaciones	17		
Mínimo	16.600	16.600	31.000
Máximo	33.200	33.200	31.000
1° Cuartil	18.050	18.050	31.000
Mediana	19.500	19.500	31.000
3° Cuartil	26.350	26.350	31.000
Media	23.100	23.100	31.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



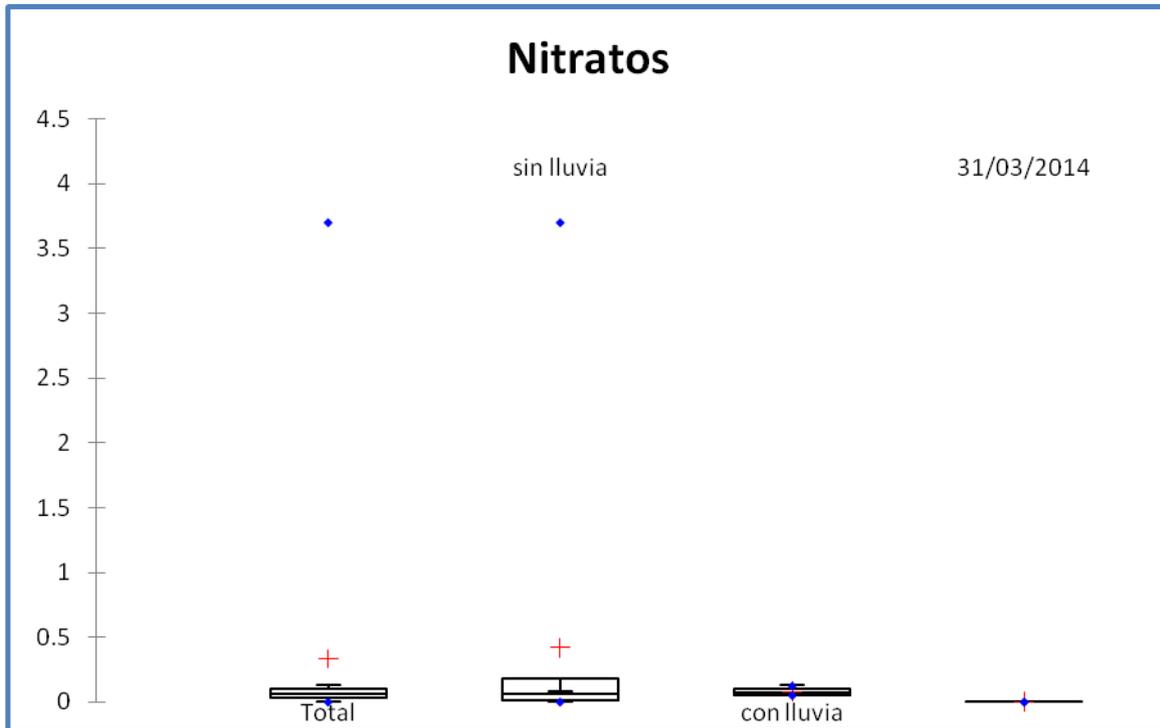
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.500	0.500	0.693	0.734
Máximo	3.100	3.100	1.479	0.734
1° Cuartil	0.688	0.629	0.816	0.734
Mediana	0.835	0.802	1.006	0.734
3° Cuartil	1.064	0.909	1.235	0.734
Media	0.982	0.961	1.046	0.734

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



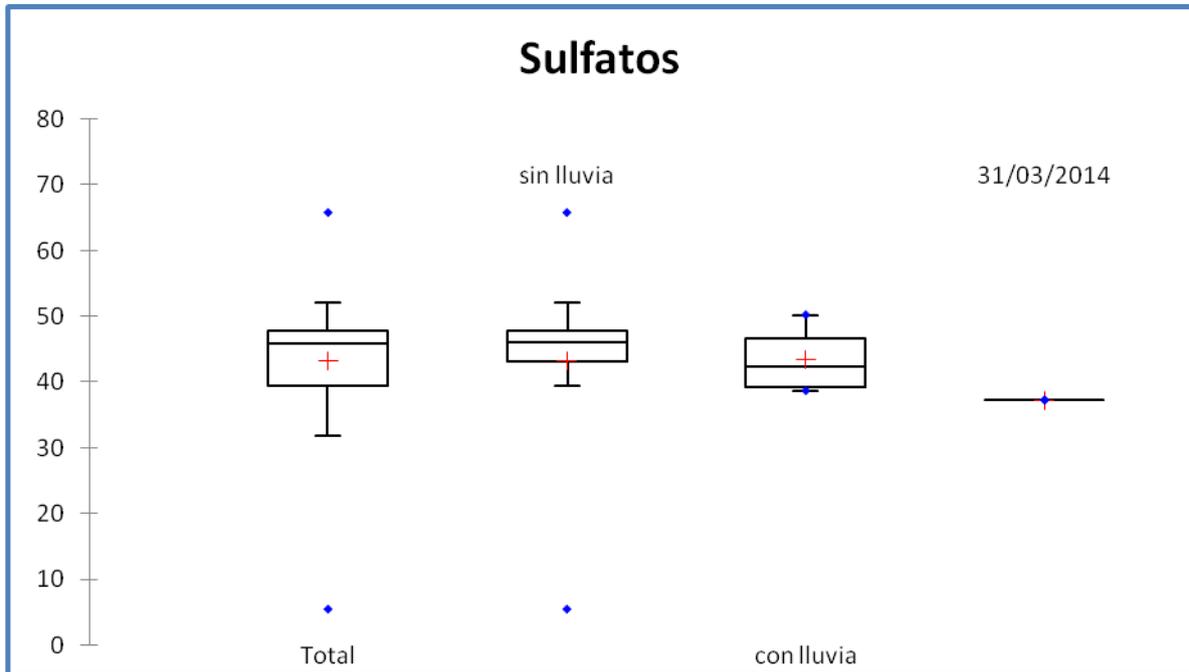
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.029	0.029	0.070	0.051
Máximo	0.120	0.120	0.120	0.051
1° Cuartil	0.069	0.067	0.080	0.051
Mediana	0.088	0.088	0.092	0.051
3° Cuartil	0.110	0.110	0.106	0.051
Media	0.087	0.085	0.094	0.051

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



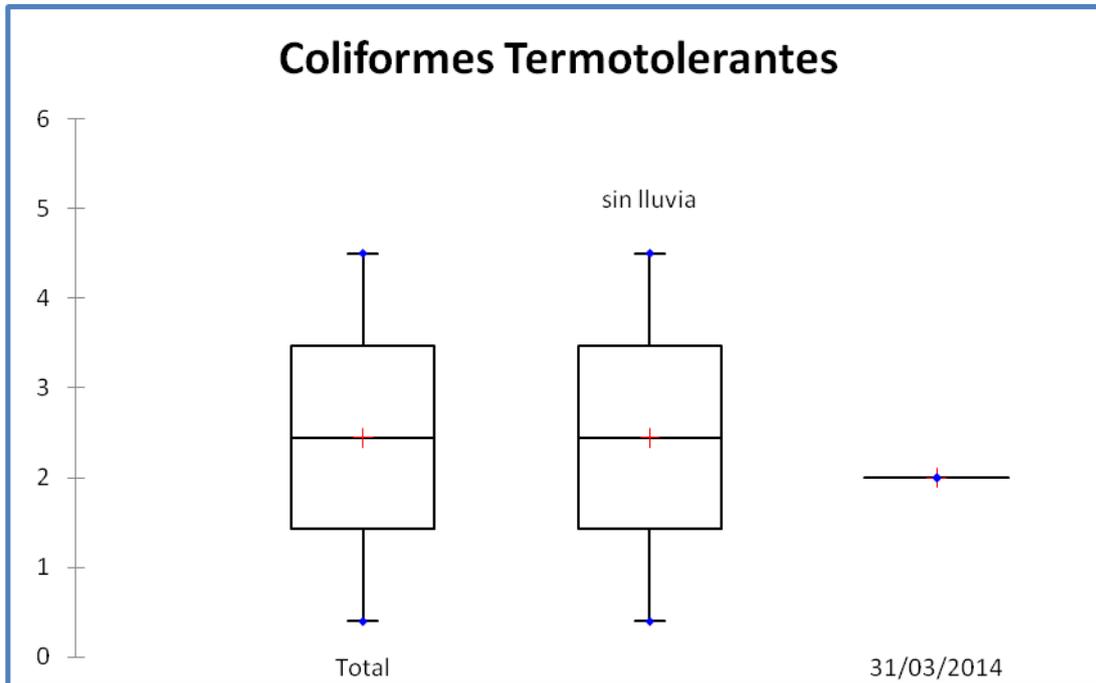
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.003	0.003	0.053	0.003
Máximo	3.700	3.700	0.127	0.003
1° Cuartil	0.036	0.009	0.054	0.003
Mediana	0.061	0.061	0.075	0.003
3° Cuartil	0.103	0.185	0.103	0.003
Media	0.335	0.420	0.082	0.003

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



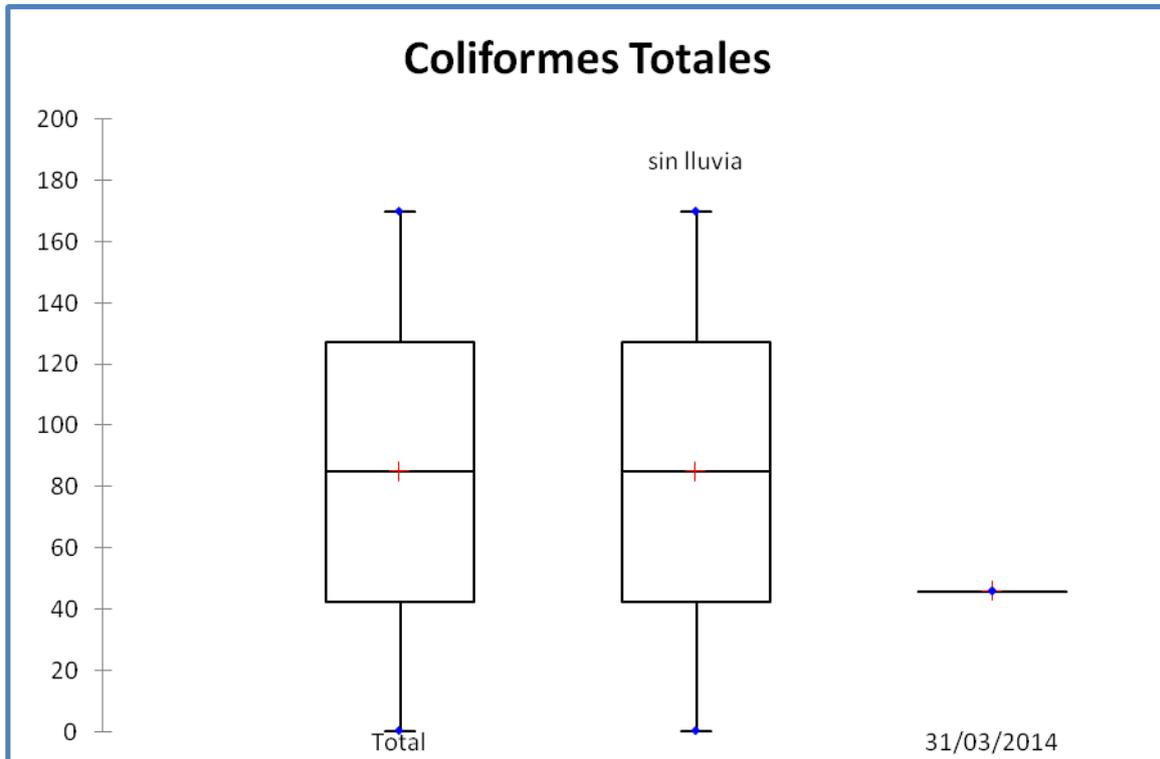
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	5.394	5.394	38.620	37.200
Máximo	65.700	65.700	50.160	37.200
1° Cuartil	39.423	43.195	39.138	37.200
Mediana	45.720	46.000	42.375	37.200
3° Cuartil	47.678	47.678	46.620	37.200
Media	43.277	43.242	43.383	37.200

Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



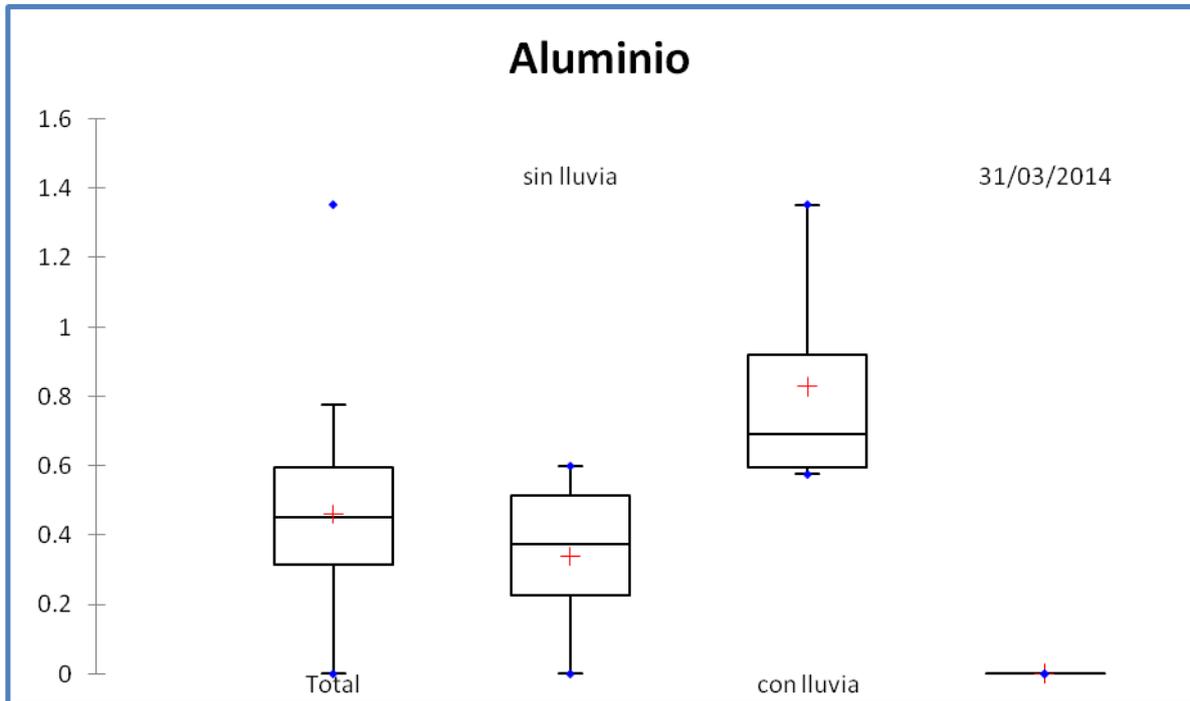
Estadística	Total	sin lluvia	31/03/2014
No. de observaciones	17		
Mínimo	0.400	0.400	2.000
Máximo	4.500	4.500	2.000
1° Cuartil	1.425	1.425	2.000
Mediana	2.450	2.450	2.000
3° Cuartil	3.475	3.475	2.000
Media	2.450	2.450	2.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



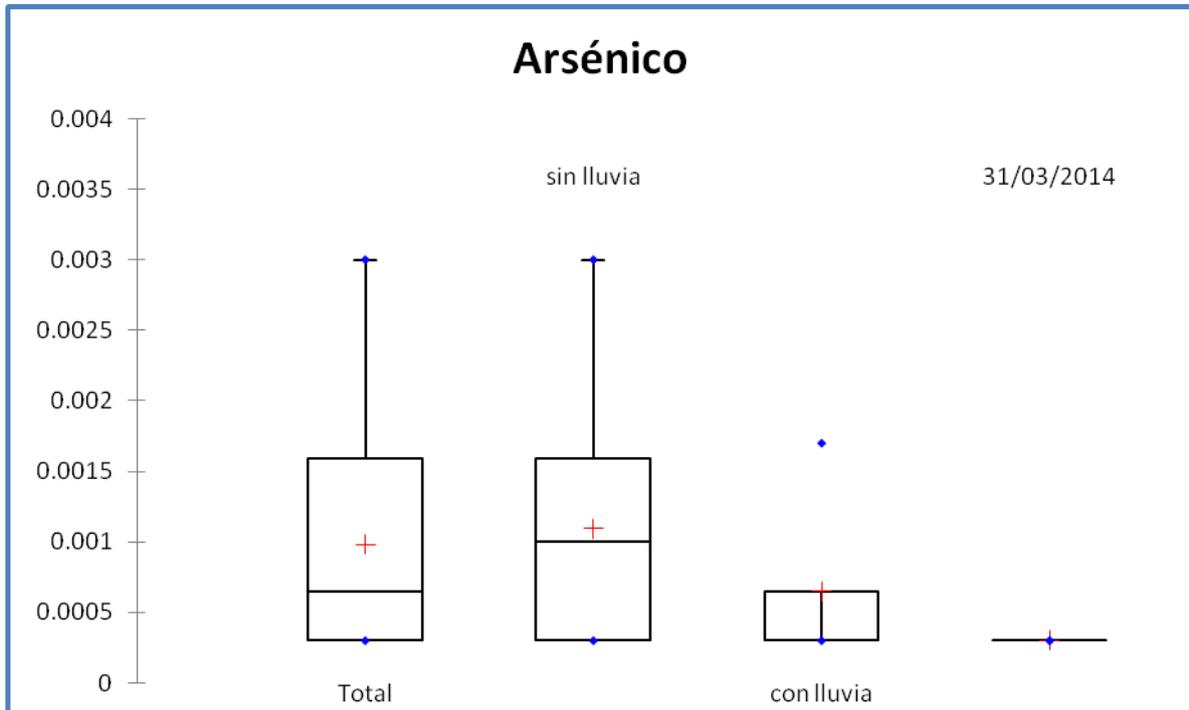
Estadística	Total	sin lluvia	31/03/2014
No. de observaciones	17		
Mínimo	0.400	0.400	46.000
Máximo	170.000	170.000	46.000
1° Cuartil	42.800	42.800	46.000
Mediana	85.200	85.200	46.000
3° Cuartil	127.600	127.600	46.000
Media	85.200	85.200	46.000

## Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



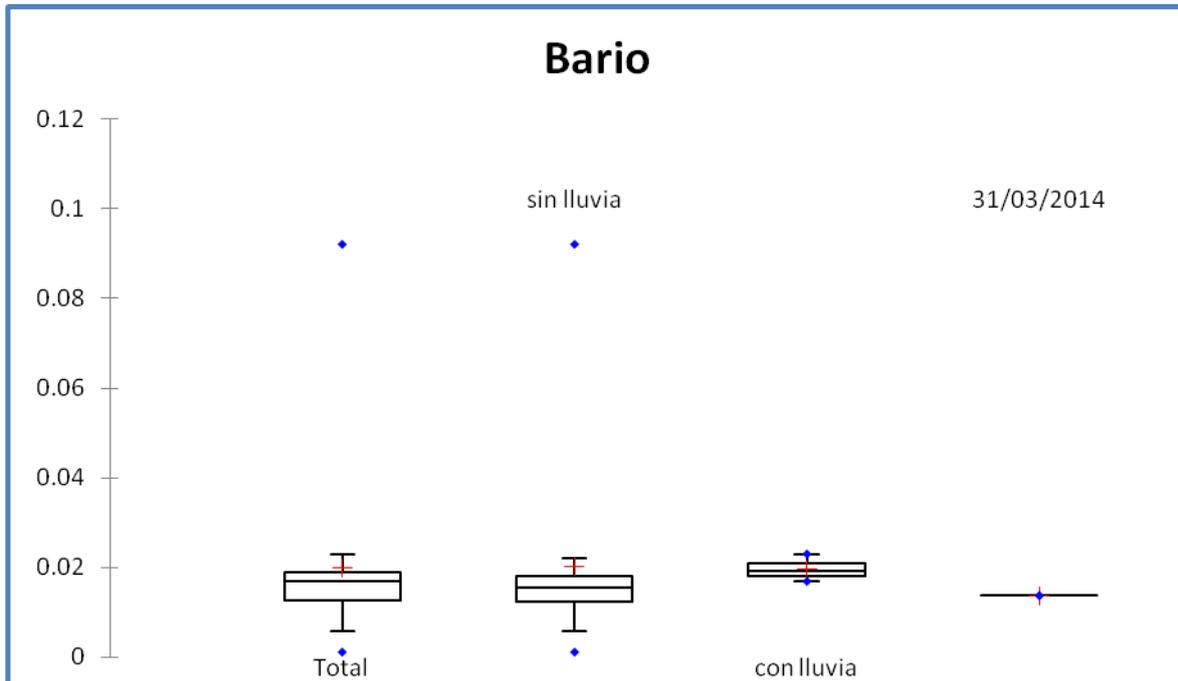
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.001	0.001	0.576	0.001
Máximo	1.353	0.600	1.353	0.001
1° Cuartil	0.314	0.225	0.596	0.001
Mediana	0.452	0.376	0.690	0.001
3° Cuartil	0.594	0.516	0.920	0.001
Media	0.461	0.338	0.827	0.001

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



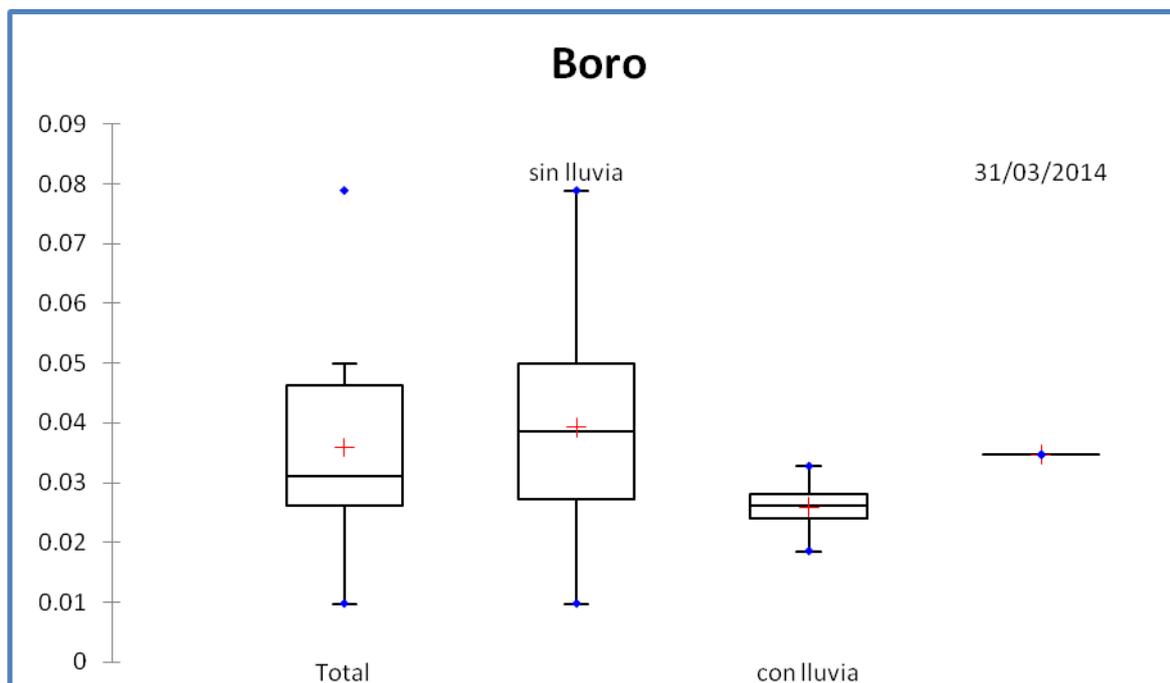
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.003	0.003	0.002	0.000
1° Cuartil	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.001	0.001	0.000	0.000
3° Cuartil	0.002	0.002	0.001	0.000
Media	0.001	0.001	0.001	0.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



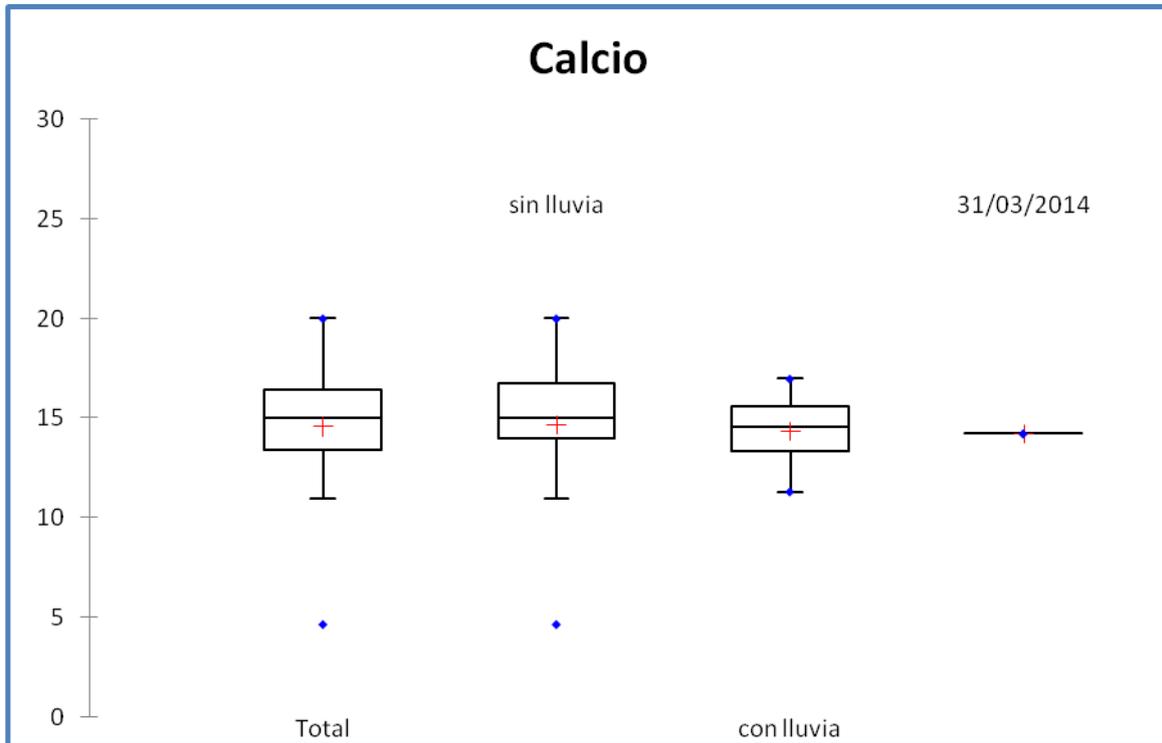
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.001	0.001	0.017	0.014
Máximo	0.092	0.092	0.023	0.014
1° Cuartil	0.013	0.012	0.018	0.014
Mediana	0.017	0.016	0.019	0.014
3° Cuartil	0.019	0.018	0.021	0.014
Media	0.020	0.020	0.020	0.014

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



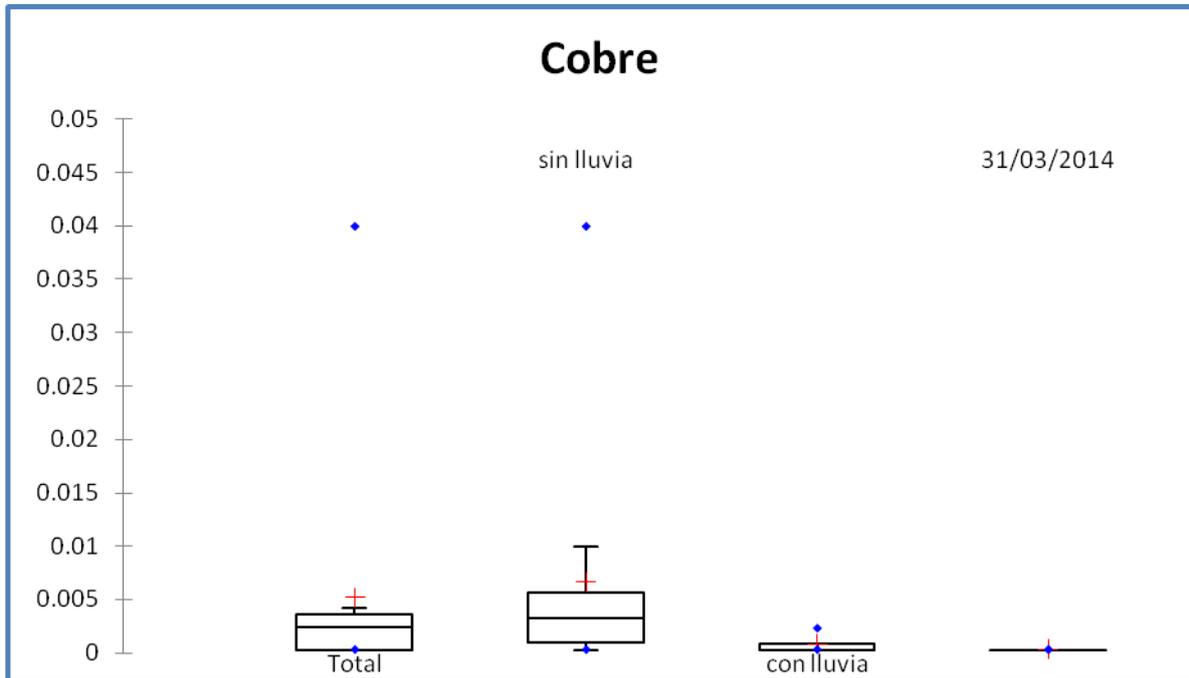
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.010	0.010	0.019	0.035
Máximo	0.079	0.079	0.033	0.035
1° Cuartil	0.026	0.027	0.024	0.035
Mediana	0.031	0.039	0.026	0.035
3° Cuartil	0.046	0.050	0.028	0.035
Media	0.036	0.039	0.026	0.035

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



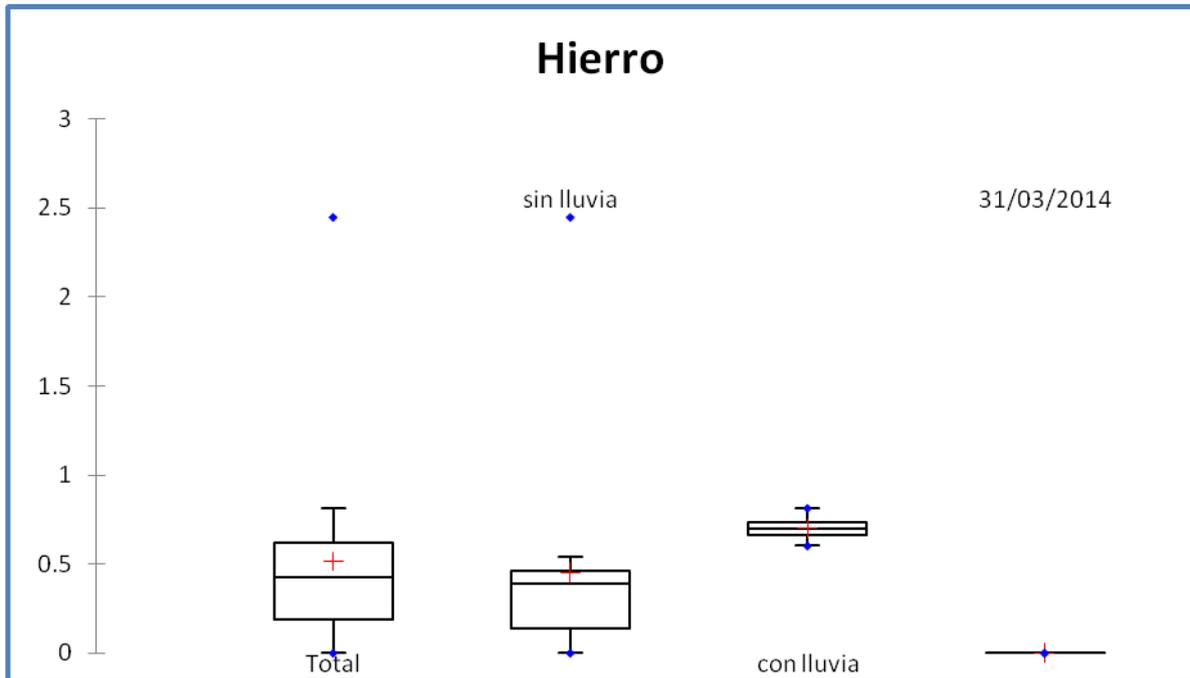
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	4.670	4.670	11.320	14.230
Máximo	20.000	20.000	16.980	14.230
1° Cuartil	13.435	14.020	13.345	14.230
Mediana	15.000	15.000	14.550	14.230
3° Cuartil	16.410	16.718	15.555	14.230
Media	14.584	14.662	14.350	14.230

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



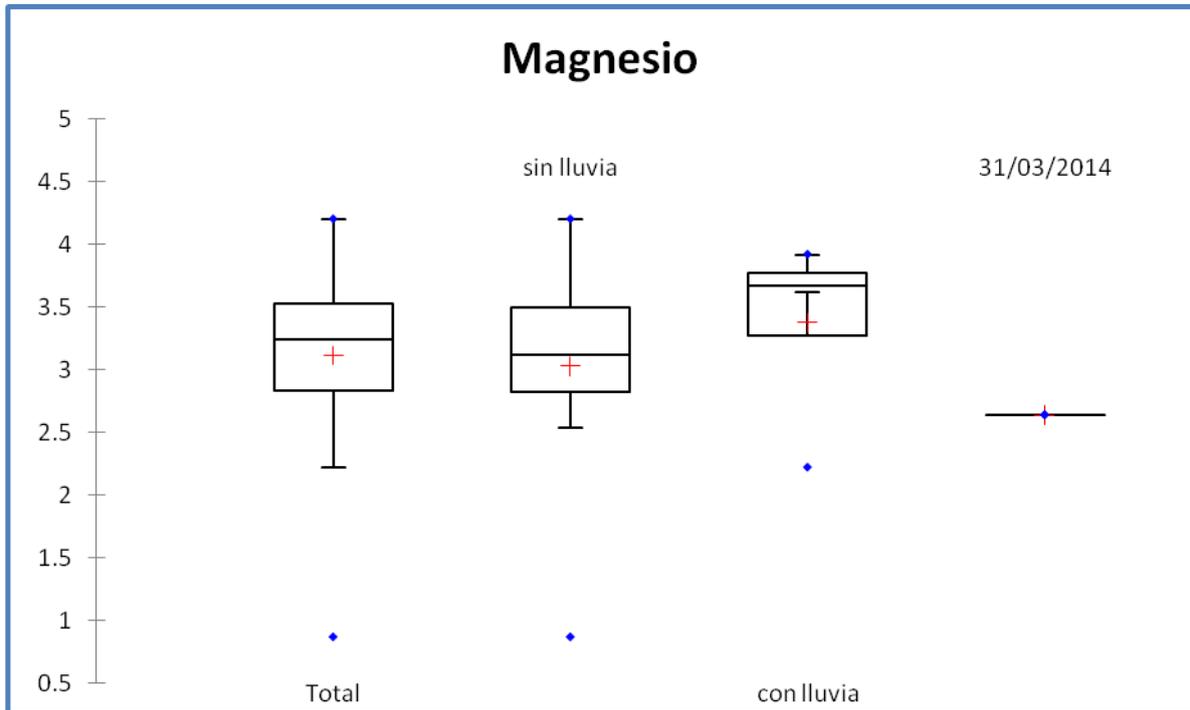
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.040	0.040	0.002	0.000
1° Cuartil	0.000	0.001	0.000	0.000
Mediana	0.002	0.003	0.000	0.000
3° Cuartil	0.004	0.006	0.001	0.000
Media	0.005	0.007	0.001	0.000

## Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



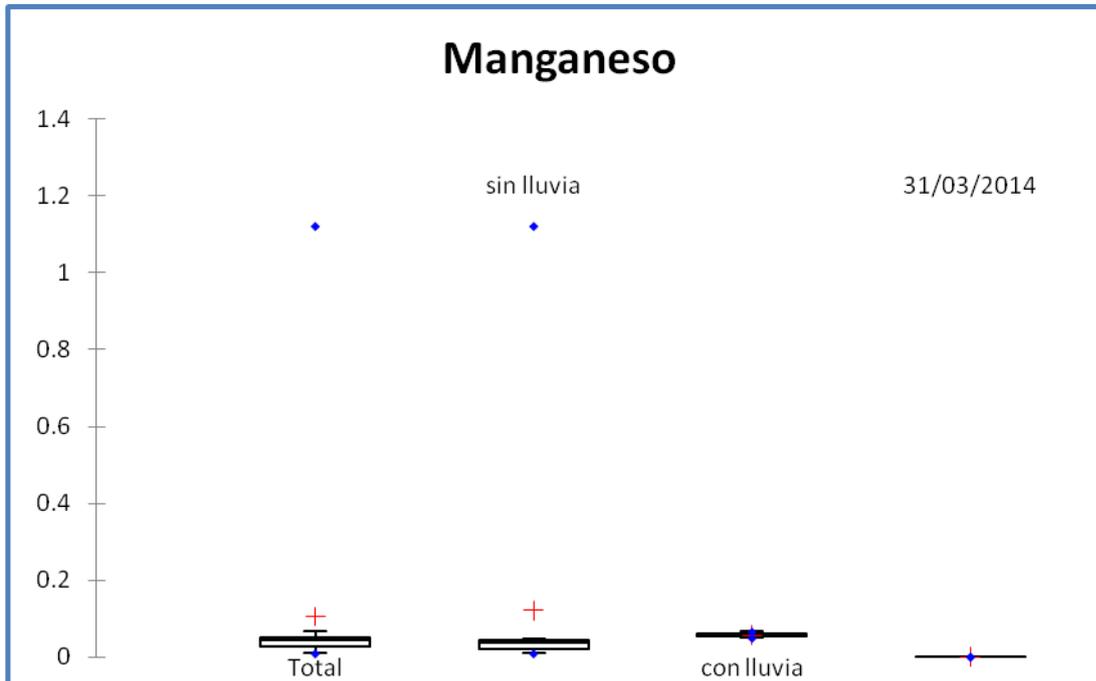
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No observaciones	17			
Mínimo	0.001	0.001	0.604	0.001
Máximo	2.450	2.450	0.815	0.001
1° Cuartil	0.188	0.135	0.664	0.001
Mediana	0.426	0.387	0.696	0.001
3° Cuartil	0.624	0.461	0.735	0.001
Media	0.517	0.456	0.703	0.001

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



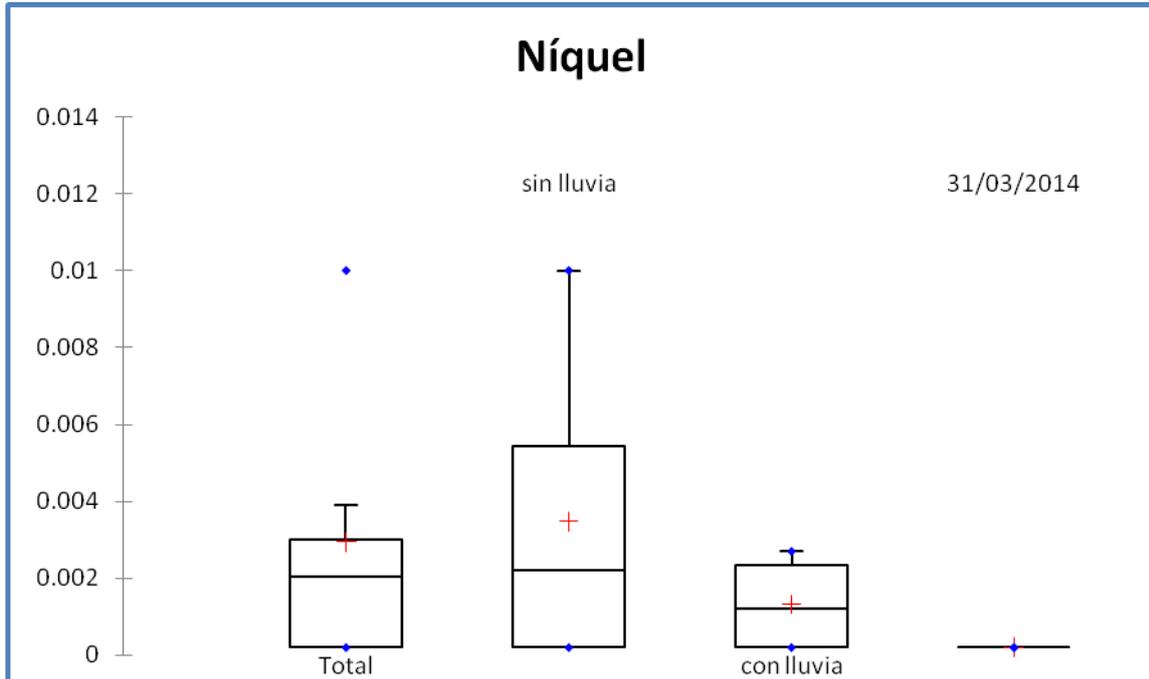
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.870	0.870	2.222	2.640
Máximo	4.200	4.200	3.918	2.640
1° Cuartil	2.829	2.829	3.272	2.640
Mediana	3.242	3.120	3.677	2.640
3° Cuartil	3.531	3.500	3.779	2.640
Media	3.115	3.028	3.374	2.640

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



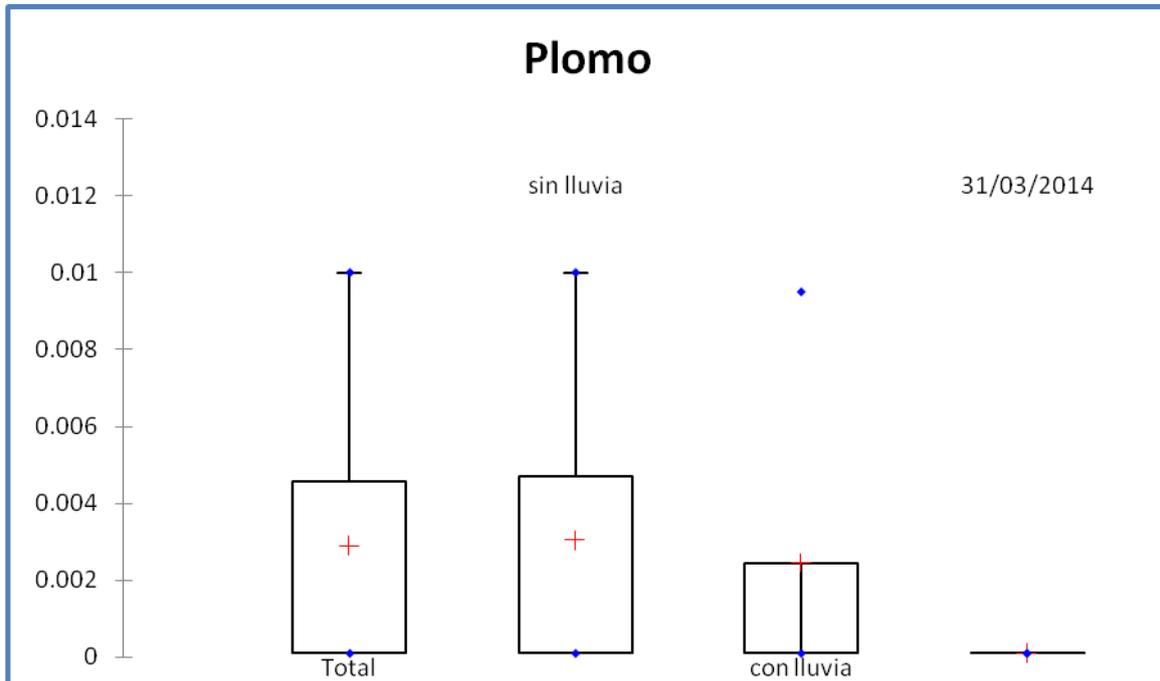
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No observaciones	17			
Mínimo	0.009	0.009	0.050	0.000
Máximo	1.120	1.120	0.066	0.000
1° Cuartil	0.027	0.019	0.053	0.000
Mediana	0.041	0.036	0.055	0.000
3° Cuartil	0.051	0.044	0.059	0.000
Media	0.105	0.121	0.056	0.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



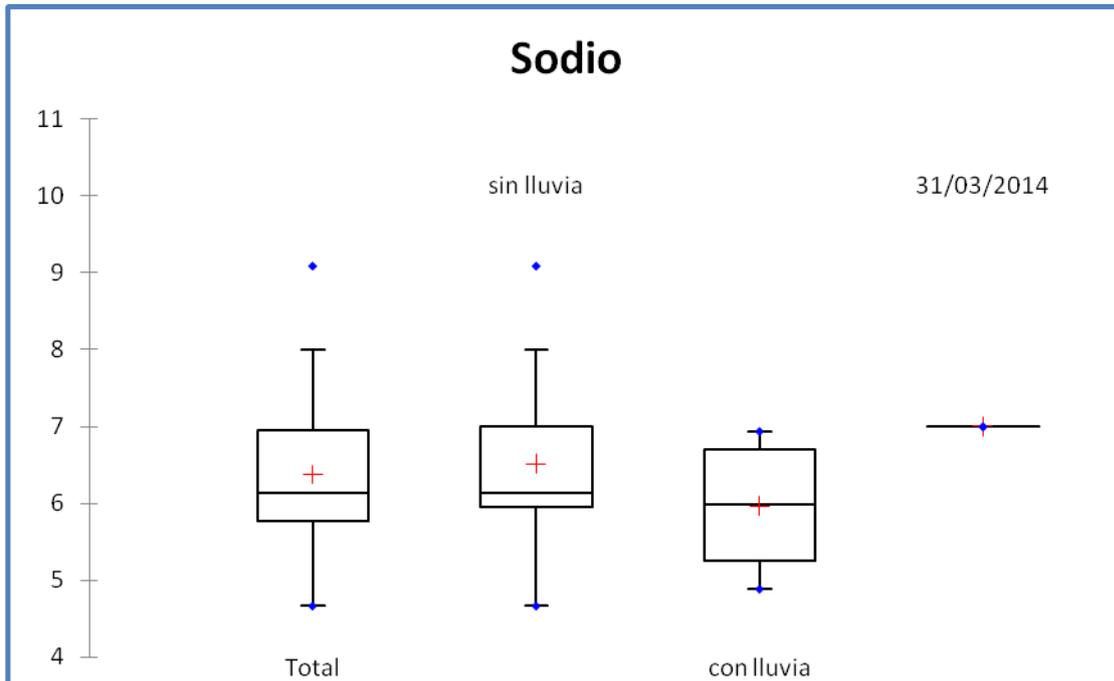
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.010	0.010	0.003	0.000
1° Cuartil	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.002	0.002	0.001	0.000
3° Cuartil	0.003	0.005	0.002	0.000
Media	0.003	0.003	0.001	0.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



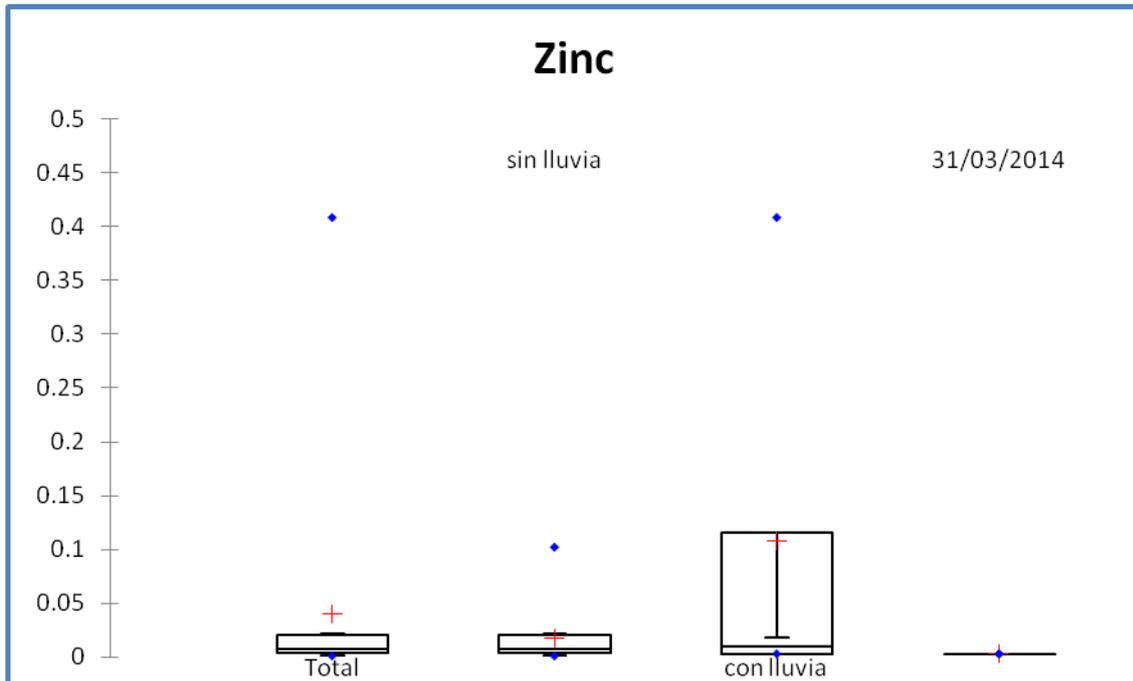
Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.010	0.010	0.010	0.000
1° Cuartil	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.000	0.000	0.000	0.000
3° Cuartil	0.005	0.005	0.002	0.000
Media	0.003	0.003	0.002	0.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	4.670	4.670	4.890	7.000
Máximo	9.090	9.090	6.940	7.000
1° Cuartil	5.770	5.958	5.250	7.000
Mediana	6.135	6.135	5.995	7.000
3° Cuartil	6.955	7.000	6.700	7.000
Media	6.370	6.508	5.955	7.000

### Estación de Monitoreo AS-1 Época Húmeda



Estadística	Total	sin lluvia	con lluvia	31/03/2014
No. observaciones	17			
Mínimo	0.001	0.001	0.003	0.003
Máximo	0.408	0.102	0.408	0.003
1° Cuartil	0.003	0.003	0.003	0.003
Mediana	0.007	0.007	0.011	0.003
3° Cuartil	0.020	0.020	0.116	0.003
Media	0.040	0.017	0.108	0.003

**Tabla 13. Resultados de la comparación entre la línea base y los resultados obtenidos por el monitoreo ambiental Participativo**

Estación de Monitoreo	Periodo de Evaluación	monitoreos en época húmeda	Número de Parámetros del ECA Agua Categoría 3				
			Monitoreados	No Detectados	Detectados sin información	Evaluados	fuera de la distribución esperada
AS-1	1994-2014	17	40	24	1	23	0
ALT-4	1994-2014	15	40	27	1	22	0
P-11	2010-2014	13	40	23	5	16	0
P-1	1994-2014	15	40	23	2	16	0
P-10	1994-2014	14	40	19	3	18	0
P-12	2010-2014	12	40	17	2	21	0
AS-3	1999-2014	15	40	19	3	18	0
CH-3	2007-2014	13	40	24	4	20	0
CAP-1	1999-2014	16	40	21	3	18	0
CAP-2	1999-2014	13	40	15	7	20	0

Fuente: Elaboración Propia –PRONATURALEZA (Abril 2014)

En la tabla 13 se observa que los resultados obtenidos en Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental Participativo están dentro de la distribución esperada para la calidad de agua de la época húmeda sin lluvias. No se tiene ningún parámetro como resultado extraño fuera de lo esperado.

## 7.4 Aseguramiento de la calidad de los resultados

### 7.4.1 Muestras duplicadas

Las muestras duplicadas AS-2 y AS-2D presentan un coeficiente de correlación de Pearson de 0.9999, y la diferencia entre las mediciones para cada parámetro no supera el 15 %.

Las muestras duplicadas 13172R MOQU2 y 13172R MOQU2D, presentan un coeficiente de correlación de Pearson de 0.9942, y la diferencia entre las mediciones para cada parámetro no supera el 10 %.

Las muestras duplicadas ALX-3 y ALX-3D, presentan un coeficiente de correlación de Pearson de 0.9997, y la diferencia entre las mediciones para cada parámetro no supera el 15 %, excepto para el cobalto 16.4%.

Se verifica la calidad de los resultados al tener buenos valores del coeficiente de correlación de Pearson y no superar el 20% de diferencia de los resultados.

### 7.4.2 Blancos de Campo

En las muestras de campo AS-2B, 13172R Moqu2B y ALX-3B, no se ha encontrado presencia de analitos de interés, por lo que se considera que la calidad de los equipos y materiales fue buena.

## 8.0 CONCLUSIONES

- ✓ Al interpretar los resultados obtenidos en la segunda campaña de monitoreo de agua superficial y subterránea marzo abril 2014 se observa que la calidad del agua corresponde a una época húmeda.
- ✓ La calidad de agua superficial de la cuenca media del Asana se caracteriza por presentar bajo contenido de muchos parámetros pero alto contenido de aluminio de fuente natural en la quebrada Millune afluente del Asana, por el contrario la cuenca baja se caracteriza por presentar valores altos en parámetros relacionados con sales, y esto responde a la composición geoquímica del suelo.

- ✓ La calidad del agua subterránea se diferencia en dos grupos: los de la cuenca alta (ALX-3 y ALX-1) caracterizados por presentar metales pesados (Co, Cu, Al, Fe, Mn, Pb) sin exceder los ECA de referencia y los manantiales de la cuenca baja que se caracterizan por estar influenciada por la naturaleza bicarbonatada, sulfatada y clorada cálcica magnésica mencionada por el estudio del INRENA.
- ✓ La estación P-1, quebrada Millune se caracteriza naturalmente por los bajos valores de pH provocado por la influencia del Aluminio y Manganeseo en el agua, así como la falta de bicarbonatos por lo que impide el amortiguamiento del pH.
- ✓ La estación CAP-2, ubicado en el río Capillune está fuertemente influenciado por una composición mineral de zonas aledañas del poblado Calientes, se caracteriza por tener grandes cantidades de Sólidos Disueltos Totales que está formado por sodio, calcio, cloruros, sulfatos, entre otros.
- ✓ El agua del río Capillune en la estación de monitoreo CAP-2, supera los valores establecidos por el ECA Agua Categoría 3, para los Fluoruros, esto se debe a la influencia de actividad de aguas termales cerca del poblado Calientes.
- ✓ El agua del río Tumilaca en la estación 13172RTumi, superó los valores establecidos por el ECA Agua Categoría 3 para coliformes fecales y totales, por lo que se realizó un segundo muestreo debido a que este punto se encuentra aguas arriba de la toma de captación de la EPS Moquegua siendo de sumo interés para la población, registrando resultados por debajo del ECA Agua Categoría 3.
- ✓ La comparación de los resultados obtenidos en la segunda campaña de monitoreo ambiental participativo marzo-abril 2014 (época seca), con la información procesada de la línea base ambiental, monitoreada desde 1994 hasta 2013, evidenció que los valores obtenidos en la campaña, de los parámetros sugeridos por el ECA categoría 3 (RJ 182-2011-ANA) monitoreados para todas las estaciones, están dentro de la distribución normal esperada.
- ✓ Los resultados obtenidos por la Segunda Campaña de Monitoreo Ambiental validan la línea base ambiental del Proyecto Quellaveco.

## 9.0 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda al Comité de Monitoreo, Seguimiento y Verificación de los acuerdos de la Mesa de Dialogo con Anglo American Quellaveco continuar con las campañas de monitoreo a lo largo de la vida del proyecto minero.
- ✓ Se recomienda realizar un mapeo de la quebrada Millune y Capillune, que consta en realizar un monitoreo a lo largo de las dos quebradas

para identificar la fuentes que incrementan las concentraciones de algunos metales y minerales en estas.

## 10.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anglo American Quellaveco, Informe de calidad y cantidad de Agua Superficial – Primer Trimestre 2014.
- INRENA 2004, Estudio Hidrogeológico del Valle Moquegua Ilo.
- PRONATURALEZA, Informe de Resultados de Primera Campaña de Monitoreo de Agua Superficial y Subterránea Diciembre 2013 – Validación de Línea de Base Ambiental (Agua superficial).
- Domenech, J. M. (1985). Métodos estadísticos: modelo lineal de regresión. Barcelona.
- Tetzaguic C. (2003). Sistematización de la información de calidad del agua del lago de amatitlán con parámetros que determinan su contaminación secuencial. Guatemala.
- Flores J. S. (1997). Evaluación de la Calidad del Agua del Río San Juan, en el Estado de Nuevo León. Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Nuevo León México.
- Díaz L. A. (2010). Estudio Comparativo de Índices de Calidad del Agua mediante la Aplicación y evaluación de un modelo armonizado en Latinoamérica, Caso de estudio río Loa. Tesis de Maestría Universidad Católica del Norte Chile.
- García H. O. (2002) Cuantificación de la calidad del agua del río Villalobos en época seca y lluviosa en un período de 24 horas 2 veces al mes en un punto previo a la entrada al lago de Amatitlán. Estudio especial, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria -ERIS-, Universidad San Carlos, Facultad de ingeniería, Guatemala.
- Kim A. G. y Cardone C. R. (2005). Scatterscore: A Reconnaissance Method to Evaluate Changes in Water Quality. Environ. Monit. Assess. 111, 277-295.
- MINSA (Ministerio de Salud del Perú), 2011, Análisis de la Situación de Salud de la Región Moquegua.
- DIRESA Moquegua (Dirección Regional de Salud Moquegua), 2011. Informe de Evaluación de la calidad de los recursos hídricos subcuenca Pasto Grande y sistema de derivación