

**Proyecto “Ejecución del Programa de Monitoreo Ambiental Participativo 5 (MAP-5), en cumplimiento de los compromisos asumidos en la Mesa de Diálogo con Anglo American Quellaveco”, ejecutado por Pronaturaleza.**

**PRESENTACION DE RESULTADOS DE QUINTA CAMPAÑA DE MONITOREO AMBIENTAL PARTICIPATIVO (MAP-5) ÉPOCA HUMEDA**

**AGUA SUPERFICIAL – ZONA DE ALTA MONTAÑA, ZONA DE OPERACIONES, MOQUEGUA E ILO  
AIRE – ZONA DE OPERACIONES  
HIDROBIOLÓGICO**



**JULIO 2017**

Preparado por:  
Pronaturaleza – Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza

**Para:**  
Comité de Monitoreo, Seguimiento y Verificación de los Acuerdos de la Mesa de Diálogo con Anglo American Quellaveco  
Subcomité de Monitoreo Ambiental Participativo

## INDICE

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
2.1. Objetivo General.....	6
2.2. Objetivos Específicos .....	6
<b>3. ACTIVIDADES DEL MONITOREO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
4.1. MONITOREO DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL.....	10
4.1.1. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	10
4.1.2. Determinación de los Caudales .....	11
4.1.3. Resultados de los Análisis químicos de laboratorio.....	13
4.1.4. Interpretación de los Resultados de Laboratorio .....	15
4.2. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE .....	86
4.2.1. Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire .....	87
4.2.2. Resultados de los análisis químicos de laboratorio. ....	87
4.2.3. Interpretación de los Resultados de Laboratorio .....	89
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>

# **PRESENTACION DE RESULTADOS DE QUINTA CAMPAÑA DE MONITOREO AMBIENTAL PARTICIPATIVO MAP-5 EPOCA HUMEDA AGUA SUPERFICIAL - ZONA DE ALTA MONTAÑA, ZONA DE OPERACIONES, MOQUEGUA E ILO AIRE - ZONA DE OPERACIONES HIDROBIOLOGIA**

## **1. GENERALIDADES**

### **El Programa de Monitoreo Ambiental Participativo - MAP.**

El MAP está relacionado con los compromisos N° 5, 7 y 10 establecidos en la Mesa de Diálogo para analizar la problemática del Departamento de Moquegua<sup>1</sup> con la empresa Anglo American Quellaveco.

Desde el año 2013 hasta la fecha se han desarrollado 5 Monitoreos Ambientales Participativos

#### **MAP-1**

Realizado en Diciembre del 2013, tuvo como primer objetivo realizar el monitoreo de agua superficial y subterránea. Se monitorearon 15 estaciones de monitoreo en el área de operaciones del Proyecto Quellaveco (AS-1, ALT-4, P-11, P-1, AS-4, QU-1, P-10, AS-2, QUEL-1, QL-1, P-12, AS-3, CH-3, CAP-1, CAP-2) , 4 en Moquegua e Ilo pertenecientes a la red de monitoreo del ANA (13172Rtumi, 13172RMoqu1, 13172RMoqu2, 13172Rosmo1), 2 de agua subterránea (ALX-1, ALX-2) y 1 sugerido por el Comité (AS-5). El segundo objetivo fue validar la línea base ambiental de agua superficial área de operaciones en época seca del Proyecto Quellaveco. El Informe de Validación de este componente fue aprobado por el Comité en febrero del 2014.

#### **MAP-2**

Realizado en Marzo - Abril del 2014, tuvo como primer objetivo realizar el monitoreo de agua superficial . Se monitorearon 15 estaciones de monitoreo en el área de operaciones del Proyecto Quellaveco (AS-1, ALT-4, P-11, P-1, AS-4, QU-1, P-10, AS-2, QUEL-1, QL-1, P-12, AS-3, CH-3, CAP-1, CAP-2), 4 en Moquegua e Ilo pertenecientes a la red de monitoreo del ANA (13172Rtumi, 13172RMoqu1, 13172RMoqu2, 13172Rosmo1), 2 de agua subterránea (ALX-1, ALX-2) y 2 manantiales (El común y el Totoral). El segundo objetivo fue validar la línea base ambiental de agua superficial área de operaciones en época húmeda en ausencia de lluvias del Proyecto Quellaveco. El Informe de Validación de este componente fue aprobado por el Comité en julio del 2014.

---

<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.

### MAP-3

Realizado en dos épocas: época seca y húmeda.

Época Seca realizado en noviembre – diciembre del 2014, tuvo como primer objetivo realizar el monitoreo de agua superficial en el área de abastecimiento de agua época seca, suelo, aire e hidrobiología, se monitorearon 11 estaciones de monitoreo de agua superficial del Proyecto Quellaveco área de abastecimiento (TIT-1, CHB-1, VIZ-1, VIZ-2, CHL-8, CHL-4, PGB-1, HAS-3, HAS-2, HUA-20, CHR-1), 1 estación adicional de agua superficial sugerido por el Comité (PAJAD-1); 5 estaciones de calidad de aire (KPA2, KPA3, KPA4, KPA5 y KPA7); 6 puntos de monitoreo de suelo (MQAD-01, MQ7-A, MQAADQ3, MCORALT01 que reemplazo MQ8A y Q5AA, MQ3A, MQ6A); 7 estaciones de monitoreo hidrobiológico (QL-ASA-02, QL-ASA-03, QL-CHA-02, QL-TUM-01, QL-VIZ-01, QL-BCHI-06 y QL-HUA-01). El segundo objetivo fue validar la línea base ambiental de agua superficial área de abastecimiento en época secas, calidad de aire, calidad de suelo e hidrobiológicos del Proyecto Quellaveco. El Informe de Validación de estos componentes fue aprobado por el Comité en agosto del 2015.

Época Húmeda realizado en abril mayo del 2015, tuvo como primer objetivo realizar el monitoreo de agua superficial en el área de abastecimiento de agua época húmeda, aire ruido y vibraciones, se monitorearon 11 estaciones de monitoreo de agua superficial del Proyecto Quellaveco área de abastecimiento (TIT-1, CHB-1, VIZ-1, VIZ-2, CHL-8, CHL-4, PGB-1, HAS-3, HAS-2, HUA-20, CHR-1), 1 estación adicional de agua superficial sugerido por el Comité (PAJAD-1); 5 estaciones de calidad de aire (KPA2, KPA3, KPA4, KPA5 y KPA7); 6 estaciones de monitoreo de ruido y vibraciones (R-5, R-dV01, R-4, R-8, R-10 y R-11). El segundo objetivo fue validar la línea base ambiental de agua superficial área de abastecimiento en época seca, calidad de aire época seca, ruido y vibraciones del Proyecto Quellaveco. EL Informe de Validación de estos componentes fue aprobado por el Comité en agosto del 2015.

### MAP-4

Realizado en dos épocas: época seca y húmeda.

Época seca: Realizado entre el 10 al 13 de setiembre del 2016, ha tenido como objetivo el monitoreo y seguimiento a la calidad del agua superficial en el área de operaciones, abastecimiento, Moquegua e Ilo en época seca, así como de la calidad de aire. Se han monitoreado 11 estaciones de monitoreo de agua superficial área de abastecimiento (TIT-1, CHB-1, VIZ-1, VIZ-2, CHL-8, CHL-4, PGB-1, HAS-3, HAS-2, HUA-20, CHR-1), 4 estaciones de monitoreo de agua superficial área de operaciones (AS-4, P-12, CH-3, CAP-2), 4 estaciones de monitoreo del ANA (13172RTUM 1, 13172RMOQU1, 13172RMOQU2 y 13172Rosmo1); 5 estaciones de calidad de aire (KPA2, KPA3, KPA4, KPA5 y KPA7)

Época Húmeda: Realizado entre el 13 al 19 de abril del 2016, ha tenido como objetivo el monitoreo y seguimiento a la calidad del agua superficial en el área de operaciones y abastecimiento en época húmeda, calidad de aire. Se han monitoreado 11 estaciones de monitoreo de agua superficial área de abastecimiento (TIT-1, CHB-1, VIZ-1, VIZ-2, CHL-8, CHL-4, PGB-1, HAS-3, HAS-2, HUA-20, CHR-1), 4 estaciones de monitoreo de agua superficial área de operaciones (AS-4, P-12, CH-3, CAP-2), 4 estaciones de monitoreo del ANA (13172RTUM 1, 13172RMOQU1, 13172RMOQU2 y 13172Rosmo1); 5 estaciones de calidad de aire (KPA2, KPA3, KPA4, KPA5 y KPA7), Ruido y Vibraciones en 3 estaciones RA-4, RA-5 y RA-7

## **MAP-5**

Realizado en época húmeda.

Realizado entre el 15 al 21 de marzo del 2017, ha tenido como objetivo el monitoreo y seguimiento a la calidad del agua superficial en el zona de operaciones, Moquegua e Ilo y zona alta montaña (abastecimiento) en época húmeda, calidad de aire y monitoreo Hidrobiológico. Se han monitoreado 9 estaciones de monitoreo de agua superficial zona de alta montaña (TIT-1, VIZ-1, VIZ-2, CHL-8, CHL-4, PGB-1, HAS-3, HAS-2, HUA-20), 6 estaciones de monitoreo de agua superficial zona de operaciones (P-11, P-01, AS-4, P-12, CH-3, CAP-2), 4 estaciones de monitoreo del ANA (13172RTUM 1, 13172RMOQU1, 13172RMOQU2 y 13172Rosmo1); 5 estaciones de calidad de aire (KPA2, KPA3, KPA4, KPA5 y KPA7), 4 estaciones de monitoreo hidrobiológico (QL-ASA-02, QL-ASA-03, QL-CHA-02, QL-TUM-01).

Desde Noviembre del 2013, el Comité de Monitoreo, Seguimiento y Verificación de los Acuerdos de la Mesa de Diálogo con Anglo American Quellaveco, han trabajado con Pronaturaleza-Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza en el diseño, planificación, ejecución y comunicación de los MAPs realizados. En el marco de esta asistencia técnica se desarrolla el presente Informe de resultados de la quinta campaña de monitoreo ambiental participativo (MAP-5) – época seca - Agua superficial en la zona de alta montaña, operaciones, Moquegua e Ilo, calidad de aire así como de monitoreo hidrobiológico.

### **Zona de Alta Montaña**

La zona de alta montaña está comprendida por la zona donde se instalará un sistema para la captación y abastecimiento de agua para las operaciones del proyecto minero. La infraestructura proyectada del sistema de abastecimiento de agua, consta de una estructura de captación de agua en el río Titire, un embalse en el río Vizcachas, un tanque de regulación en el cerro Pelluta y desde éste, una tubería para el transporte de agua por gravedad hasta la mina.

### **Zona de Operaciones**

La zona de operaciones del proyecto Quellaveco comprende la zona donde se instalarán los componentes de infraestructura tales como el tajo abierto, depósito de desmontes, túnel Asana, chancador primario, planta concentradora y depósito de relaves, se ubican en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. 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.

### **Zona de Moquegua e Ilo**

La Zona de Moquegua e Ilo corresponde a la parte baja del valle donde se evalúa la calidad del agua superficial en lugares bajo la influencia de la ciudad de Moquegua, actividades en el valle del río Moquegua y se verifica la calidad del agua que llega a la ciudad de Ilo.

## **Estudio de Impacto Ambiental y sus Modificatorias**

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Quellaveco, perteneciente a la empresa Anglo American Quellaveco S.A. (en adelante AAQ SA) 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 aprobada el 2012, presenta la Optimización del Diseño y Operación de la Presa Vizcachas.

La Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Quellaveco - Ampliación de la Capacidad de la Planta Concentradora, aprobada en agosto del 2015.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Interpretar los resultados obtenidos en la Quinta Campaña de MAP-5

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Interpretar los resultados de los parámetros medidos en la Quinta Campaña de Monitoreo de Agua Superficial - zona de alta montaña, operaciones, Moquegua e Ilo época húmeda.
- Interpretar los resultados de los parámetros medidos en la Quinta Campaña de Monitoreo de Calidad de Aire época húmeda.
- Interpretar los resultados de parámetros hidrobiológicos medidos en la Quinta Campaña de Monitoreo de Calidad de Aire época húmeda.

### 3. ACTIVIDADES DEL MONITOREO.

#### Monitoreo de Calidad del Agua superficial - zona de alta montaña

En el MAP-5 época húmeda, se monitorearon 9 puntos de monitoreo de agua, como se observa en la tabla 01. Los puntos TIT-1, VIZ-1, VIZ-2, CHL-8, CHL-4, PGB-1, HAS-3, HAS-2, HUA-20, como se observa en la tabla 01.

**Tabla 01. Puntos de Monitoreo de agua superficial en la zona de alta montaña MAP-5**

Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM			Área de captación	
	Este	Norte	Altura	Ubicación	Descripción
CHL-4	349 168	8 151 527	4 325	Río Chilota, antes de la confluencia con el río Saltiajuhuira	Punto ubicado en el Río Chilota, antes de la confluencia con el Río Saltiajuhuira, los márgenes están cubiertos de vegetación herbácea y en el fondo se apreció plantas acuáticas y material sedimentario. Cercano al punto encontramos ganado camélido.
CHL-8	349 532	8 158 316	4 350	Río Chilota, aguas abajo de confluencia con la quebrada Pujulacaya	Punto ubicado en el Río Chilota, cercano al vertedero que utiliza Minera Quellaveco para las mediciones de caudal, el ancho del río es de aproximadamente 5 m y en el lecho se observa la presencia de algas y abundante pedregosidad de tamaño mediano y pequeño. Los márgenes están cubiertos por plantas herbáceas.
TIT-1	352 482	8 170 277	4 352	Río Titire, 2 000 metros después del pueblo del mismo nombre	Punto de muestreo ubicado en el río Titire, aproximadamente 700 m antes de llegar al pueblo del mismo nombre, este río es aporte del Río Vizcachas. El lecho del río es bastante pedregoso y con material sedimentario, en la margen derecha se ha formado una especie de playa y en la margen izquierda está cubierta de vegetación principalmente herbácea. Se observó restos de basura, provenientes del pueblo.
HAS-2	355 003	8 150 122	4 487	Quebrada sin nombre en Pampa Huachunta, antes de la descarga de la quebrada Jovinto	Ubicado aguas arriba de la Quebrada Huachunta, a unos 50 m cuesta arriba de la carretera Humalso a Pasto Grande, cercano a esta carretera se encuentra una tubería de hierro antigua. La margen izquierda del río presenta un talud pronunciado con escasa vegetación y la margen derecha es menos pronunciada y con mayor presencia de vegetación.
HAS-3	359 031	8 150 074	4 550	Quebrada Vilaaje, cerca del canal de Pasto Grande, en dirección Humalso - embalse Pasto Grande	El punto está ubicado a 10 m del canal de pasto grande, cercano a la carretera en dirección Humalso - Pasto Grande. El lecho del río presenta gran cantidad de material sedimentario, así como también plantas acuáticas, los márgenes presentan vegetación herbácea. Existe presencia de ganado camélido cercanos a este punto.
HUA-20	355 553	8 158 648	4 340	Río Calasaya, antes de la confluencia con el río Vizcachas	El punto de muestreo está ubicado aproximadamente 1 Km antes de la confluencia con el Río Vizcachas, cercano a este punto existe una vivienda de pastores, así como también gran cantidad de ganado camélido, el agua discurre lentamente pues en ciertos tramos forma una especie de bofedal, el fondo de la quebrada es pedregoso y con material sedimentado como arena. Las márgenes derecha e izquierda provistas de vegetación herbácea.
PGB-1	368 961	8 151 191	4 533	Río Vizcachas a la salida del embalse de Pasto Grande	El punto de muestreo está ubicado aguas arriba del Río Vizcachas a 100 metros antes del Embalse de Pasto Grande. Cercano al punto se encuentra el campamento que realiza el mantenimiento al embalse. El lecho del río tiene presencia de plantas acuáticas y abundante pedregosidad
VIZ-1	350 546	8 161 346		Vizcachas antes de confluencia con río Chilota	El punto está ubicado en el río Vizcachas a 100 m antes de la confluencia con el río Chilota, de sur a norte en el lado derecho de esta confluencia. El río en ese tramo a formando una pequeña playa con presencia pedregosidad en la orilla. El fondo del río es pedregoso y arenoso, con presencia de algas.
VIZ-2	350 031	8 161 637	4 296	Río Vizcachas después de la confluencia con el río Chilota	El punto está ubicado en el río Vizcachas a 100 m después de la confluencia con el río Chilota, de sur a norte en el lado izquierdo de esta confluencia, pasando el Puente Vizcachas. El río en ese tramo a formando una pequeña playa con presencia pedregosidad en la orilla. El lecho del río es pedregoso y arenoso, con presencia de algas.

Fuente: Elaboración propia

### Monitoreo de Calidad del Agua superficial - zona de operaciones, Moquegua e Ilo

En el MAP-5 época húmeda, se monitorearon 6 estaciones de monitoreo de agua superficial (P-11, P-01, AS-4, P-12, CH-3, CAP-2), y 4 de estaciones de monitoreo incluidos en la red del ANA (13172RTUM1, 13172RMOQU1, 13172RMOQU2 y 13172Rosmo1), como se observa en la tabla 02.

**Tabla 02. Puntos de Monitoreo de agua superficial en la zona de operaciones, Moquegua e Ilo MAP-5**

Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM			Ubicación
	Este	Norte	Altura	
AS-4	328928	8108122	3601	Río Asana, después de confluir los ríos Asana y Millune
P-12	321508	8107968	3196	Río Asana, aguas abajo de la salida del túnel.
CH-3	322139	8109105	3322	Río Charaque, aguas abajo del futuro depósito del Material Estéril.
CAP-2	311328	8104992	2500	Río Capillune, aguas abajo del río capillune del área del Proyecto.
13172Rtumi	300020	8100959	1620	Río Tumilaca, aguas arriba de la toma de captación de la EPS Moquegua.
13172RMoqu1	290125	8095445	1233	Río Moquegua a 150 m abajo del puente Montalvo
13172RMoqu2	286468	8079914	921	Río Moquegua, estación espejos sector de la Rinconada, fin del valle
13172Rosmo1	266686	8057260	223	Río Osmore, estación el Canuto, bocatoma de captación de la EPS Ilo.

Fuente: Elaboración propia

### Monitoreo de Calidad del aire

En el MAP-5 época húmeda, se monitorearon 05 estaciones de monitoreo de aire los puntos KPA2, KPA3, KPA4, KPA5 y KPA7, como se observa en la tabla 03.

**Tabla 03. Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire del MAP-5**

Punto	Ubicación	Coordenadas		Altitud (m)
		Norte	Este	
KPA2	Zona de campamento al este de la chancadora	8108432	329142	3633
KPA3	Cerro Samanape	8107351	328860	4057
KPA4	Tala punto ubicado al este de la chancador	8109045	321194	3270
KPA5	Pampa Tolar, punto ubicado al este del depósito de relaves	8096872	324951	3635
KPA7	Centro poblado San Antonio	8096452	293071	1352

Fuente: Elaboración propia

### Monitoreo Hidrobiológico

En el MAP-5 época húmeda, se monitorearon 04 estaciones de monitoreo hidrobiológico los puntos QL-ASA-02, QL-ASA-03, QL-CHA-02, QL-TUM-01, como se observa en la tabla 04.

**Tabla 04. Estaciones de Monitoreo Hidrobiológico del MAP-5**

Punto	Ubicación	Coordenadas	
		Norte	Este
QL-ASA-02	Río Asana, salida del túnel	319 285	8 108 267
QL-ASA-03	Río Charaque	321 749	8 109 160
QL-CHA-02	Río Tumilaca Zona de Yunguyo	307 233	8 106 757
QL-TUM-01	Río Asana, antes del ingreso al túnel	328 959	8 108 071

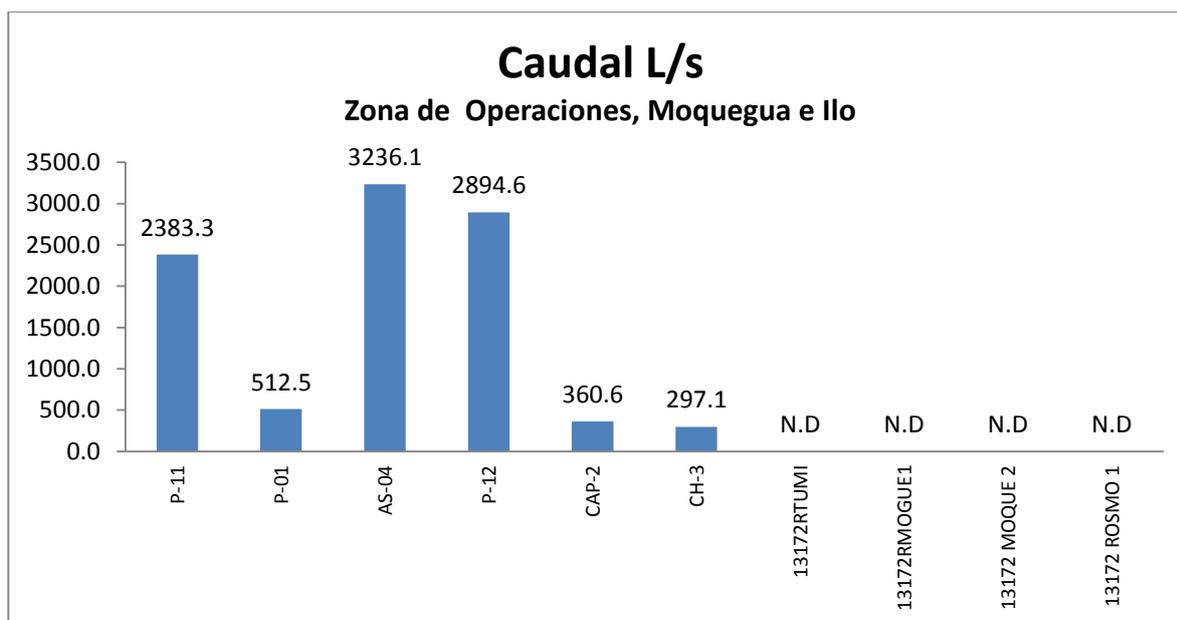
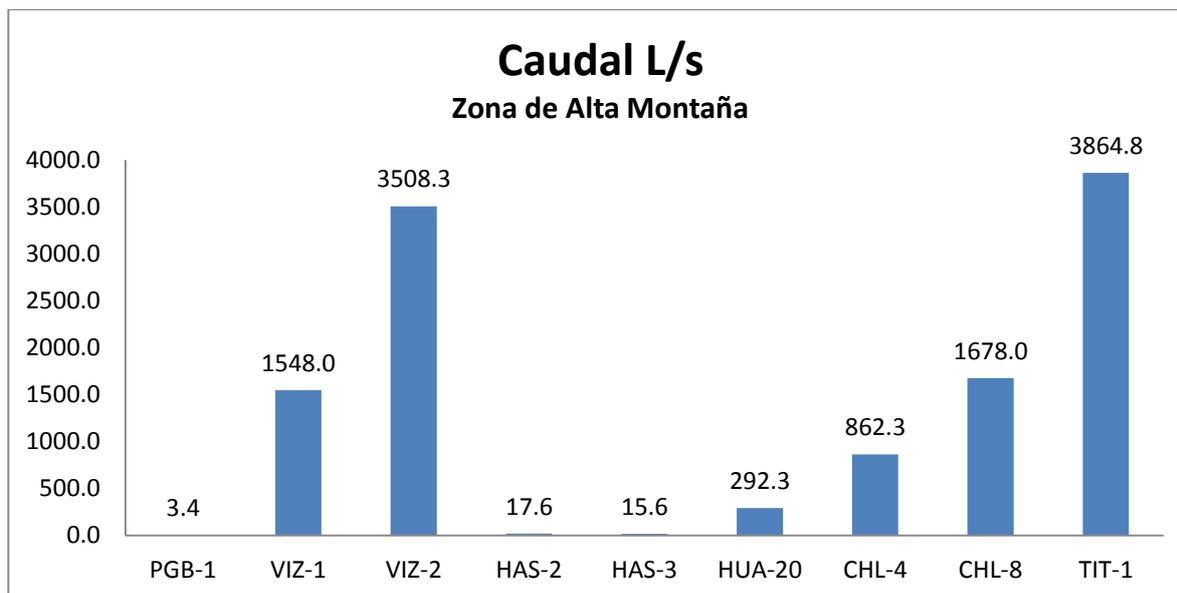
Fuente: Elaboración propia

### Desarrollo del monitoreo MAP-5:

El monitoreo se realizó del 15 al 21 de marzo de calidad de agua donde participaron 142 personas entre representantes locales, representantes institucionales, estudiantes universitarios, comuneros y periodistas, personal del equipo técnico de laboratorio CORPLAB y miembros que pertenecen al Comité del MAP. El monitoreo de calidad de aire se realizó entre el 15 y 18 de marzo, el monitoreo hidrobiológico del 22 al 23 de marzo.



#### 4.1.2. Determinación de los Caudales



**Gráfico 01.** Caudales medidos en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

En la cuenca del Vizcachas la estación PGB-1 cercana al embalse de Pasto Grande valores similares a los obtenidos en los MAPs 3 y 4, estos valores de caudal se incrementan con el descenso de la altura llegando a un valor de 3508.3 L/s en la estación VIZ-2, al comparar los resultados del VIZ-2 con la validación de la línea de base ambiental se observa que estos valores están dentro de los esperados para la época húmeda. En general es un caudal que está dentro de la línea de base ambiental (571 – 42800 L/s). La influencia del incremento entre la estación VIZ-1 y VIZ-2 se debe al ingreso de las aguas del río Chilota.

La cuenca del Chilota presenta valores de caudal que se incrementan con el descenso de la altura llegando a un valor de 1678.0 L/s en la estación CHL-8, probablemente por el ingreso de aguas de escorrentías. Al comparar los resultados del CHL-8 (619.5 L/s) con la validación de la línea de base ambiental se observa que estos valores son esperados para la época húmeda. En general es un caudal que está dentro de la línea de base ambiental (438 – 5796 L/s).

La cuenca del Titire presenta valor de caudal de 3864.8 L/s en la estación TIT-1, al comparar el resultado con la validación de la línea de base ambiental se observa que este valor se encuentra dentro de lo esperado para la época húmeda. En general es un caudal que está dentro de la línea de base ambiental (29.3 – 70618 L/s).

La cuenca del río Calasaya, las estaciones de monitoreo HAS-2, HAS-3 y HUA-20 presentan valores de caudal similares a los obtenidos en los MAP-3 y 4 HAS-2 (21.2 -61.6 L/s), HAS-3 (4.8 – 1024.7 L/s) y HUA-20 (15.9 – 86.5 L/s).

En la zona de Operaciones, la cuenca del río Asana presenta valores similares de caudal para las estaciones P-11, AS-4 y P-12. Al comparar el caudal del río Asana en la estación P-11 (2383.3 L/s), con la línea de base ambiental se observa un valor dentro de lo esperado (321.9 – 9014.8 L/s) el valor sugiere presencia de lluvias en el periodo de monitoreo. El caudal en la estación AS-04 presenta un caudal mayor a lo registrado en los MAP 1, 2 y 4 (480 – 854.3 L/s) esto indica presencia de lluvias en el periodo de monitoreo. El caudal en la estación P-12 (2894.6 L/s), presenta un valor dentro de lo esperado en la validación de línea de base ambiental (463 – 4380.5 L/s), el valor sugiere presencia de lluvias en el periodo de monitoreo.

El caudal en la quebrada Millune (512.5 L/s), presenta un valor dentro de lo esperado en la validación de línea de base ambiental (43.92 – 751.5 L/s), el valor sugiere presencia de lluvias en el periodo de monitoreo.

El caudal del río Charaque en la estación de monitoreo CH-3 presenta un valor de caudal de 297.1 L/s, este valor se encuentra dentro de lo establecido por la validación de línea de base ambiental para este punto (17,6 – 5968 L/s), el valor sugiere presencia de lluvias en el periodo de monitoreo.

El río Capillune en la estación de monitoreo CAP-2 presenta un caudal de 360.6 L/s, este valor se encuentra dentro de lo establecido por la validación de línea de base ambiental para este punto (3.8 – 1330 L/s), el valor sugiere presencia de lluvias en el periodo de monitoreo.

En la cuenca del río Tumilaca, Moquegua y Osmore los altos caudales provocados por lluvias, desprendimientos de lodos entre otros no se pudieron determinar los valores de caudal. Los valores de caudal superan por mucho los reportados en los MAP 1, 2 y 4. Los valores sugieren presencia de lluvias en el periodo de monitoreo asociado con el Fenómeno del Niño Costero.

### 4.1.3. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.

Tabla 06. Resultados de Agua Superficial Zona de Alta Montaña

Parámetro	Unidad	LD	17/03/2017	15/03/2017	15/03/2017	17/03/2017	17/03/2017	16/03/2017	16/03/2017	16/03/2017	15/03/2017	ECA Agua Cat 3
			09:37:00	12:00:00	10:10:00	12:20:00	11:10:00	12:59:00	11:05:00	09:15:00	12:51:00	
			PGB-1	VIZ-1	VIZ-2	HAS-2	HAS-3	HUA-20	CHL-4	CHL-8	TIT-1	
<b>ANÁLISIS EN CAMPO</b>												
Caudal (m3/día)*	L/s	---	3.4	1548.0	3508.3	17.6	15.6	292.3	862.3	1678.0	3864.8	
Conductividad	µs/cm	---	486	152.7	196.4	114.6	113.6	190.8	112.3	210	1568	2500
Oxígeno Disuelto.	mg/L	---	6.56	6.64	7.01	6.33	6.14	5.66	7.17	7.8	5.53	4
pH (Campo)	Unidades pH	---	7.75	8.51	8.3	8.61	7.25	7.71	8.01	8.44	3.43	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	---	18.9	15.1	11.2	19.9	15.7	19.3	12.7	9	19.2	
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>												
Aceites y Grasas	mg/L	1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1.7	1.6	< 1.0	< 1.0	5
Alcalinidad Bicarbonato	mg CaCO3/L	1	24.6	32	40.3	6.9	7.1	23.6	32.3	44.5	< 1.0	
Alcalinidad Total	mg CaCO3/L	1	24.6	32	40.3	9.5	7.1	23.6	32.3	44.5	< 1.0	
Bicarbonato	mg HCO3-/L	1.2	30	39	49.2	8.4	8.6	28.8	39.4	54.3	< 1.2	518
Carbonato	mg CO3-2/L	0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	1.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	
Cianuro Libre	mg/L	0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	
Cianuro Total	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Cianuro Wad	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.1
Cromo Hexavalente	mg/L	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	15
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	2	< 2	17	26	4	25	13	26	20	7	40
Detergentes Aniónicos	mg MBAS/L	0.002	< 0.002	0.015	0.066	< 0.002	0.005	0.113	0.259	0.031	0.004	
Dureza Total	mg CaCO3/L	1	121.3	42.2	46.2	32.1	40.8	57.2	30.7	50.6	131.4	
Fenoles	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002
Fósforo Reactivo Disuelto*	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.04	0.09	0.02	0.02	0.05	0.06	0.2	
Fósforo Total	mg P/L	0.012	0.062	0.09	0.114	0.028	0.017	0.046	0.107	0.107	0.808	
Materia extraíble en Hexano	mg/L	1.4	0.7	< 1.4	< 1.4	0.6	0.7	1.8	1.7	< 1.4	< 1.4	
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L	0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	0.02	< 0.006	0.018	0.384	
Silicatos (mg SiO2/L)	mg/L	0.006	51.758	17.682	21.202	45.313	43.403	29.666	31.727	21.072	20.855	
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2	342	98	124	79	80	130	72	130	928	
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	2	5	22	15	< 2	2	6	5	7	160	
Sulfuros	mg/L	0.0004	< 0.0004	0.0057	0.0143	< 0.0004	0.0217	0.0145	0.014	0.0131	0.0039	
<b>ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA - ANIONES</b>												
Bromuro, Br-	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Cloruros, Cl-	mg/L	0.02	43.05	4.267	17.7	0.455	0.584	2.862	1.368	23.862	189.6	500
Fluoruros, F-	mg/L	0.002	0.18	0.116	0.154	0.083	0.12	0.152	0.131	0.162	0.385	1
Fosfatos (como P)	mg/L	0.02	< 0.020	< 0.020	< 0.020	0.073	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	
Nitratos, (como N)	mg/L	0.003	0.012	0.009	0.012	< 0.003	< 0.003	0.045	0.031	< 0.003	0.116	
Nitritos, (como N)	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	10
Sulfatos, SO4-2	mg/L	0.015	119.1	27.97	21.74	31.52	43.78	52.82	16.02	14.69	450.7	1000
<b>ANÁLISIS DE METALES TOTALES ICP MS</b>												
Aluminio (Al)	mg/L	0.002	0.174	0.802	0.308	< 0.002	0.057	0.376	0.047	0.131	27.88	5
Antimonio (Sb)	mg/L	0.00004	< 0.00004	< 0.00004	0.00132	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	0.00173	0.00118	
Arsénico (As)	mg/L	0.00003	0.00971	0.00495	0.05486	0.00887	0.00073	0.0022	0.05003	0.07362	0.20908	0.1
Bario (Ba)	mg/L	0.0001	0.022	0.0347	0.0258	0.0131	0.0169	0.0254	0.0117	0.0153	0.0445	0.7
Berilio (Be)	mg/L	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.00051	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.00141	0.1
Bismuto (Bi)	mg/L	0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	0.0003	
Boro (B)	mg/L	0.002	0.742	0.1	0.217	< 0.002	0.038	0.08	0.054	0.289	1.802	1
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.01773	0.01
Calcio (Ca)	mg/L	0.1	32.32	9.99	12.35	9.05	11.61	12.98	6.63	12.68	33.93	
Cobalto (Co)	mg/L	0.00002	0.00041	0.00102	0.00045	< 0.00002	< 0.00002	0.00085	0.00024	0.00026	0.1137	0.05
Cobre (Cu)	mg/L	0.0002	< 0.0002	0.0032	0.0037	< 0.0002	< 0.0002	0.0019	< 0.0002	0.005	2.347	0.2
Cromo (Cr)	mg/L	0.0002	0.0032	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0028	0.0168	0.1
Estaño (Sn)	mg/L	0.0003	< 0.0003	< 0.0003	0.0073	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0003	0.2493	0.0957	0.1629	0.0662	0.0708	0.1169	0.0552	0.1799	0.5007	
Fósforo (P)	mg/L	0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	0.423	
Hierro (Fe)	mg/L	0.062	< 0.062	1.255	0.845	< 0.062	< 0.062	0.685	0.671	0.555	43.46	5
Litio (Li)	mg/L	0.0002	0.1514	0.0137	0.0259	0.0011	0.0018	0.0054	0.0118	0.0319	0.3842	2.5
Magnesio (Mg)	mg/L	0.003	9.272	3.336	3.022	2.195	2.14	4.852	2.474	3.039	8.182	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0001	0.5567	0.0546	0.0448	0.0021	0.003	0.0431	0.0301	0.0315	1.405	0.2
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.00003	0.00184	0.00058	0.00112	< 0.00003	< 0.00003	0.0003	0.0006	0.00141	0.00132	
Niquel (Ni)	mg/L	0.0003	0.0024	0.0215	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	0.0023	< 0.0003	< 0.0003	0.0965	0.2
Plata (Ag)	mg/L	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	
Plomo (Pb)	mg/L	0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0032	0.05
Potasio (K)	mg/L	0.04	10.21	4.4	4.8	3.25	3.78	5.93	3.73	4.3	10.36	
Selenio (Se)	mg/L	0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	0.02
Silicio (Si)	mg/L	0.2	26.3	16.2	16.5	22.2	20.1	19.9	21.8	18.5	16	
Sodio (Na)	mg/L	0.022	33.4	10.63	17.4	5.057	7.376	11.1	9.322	19.56	117.5	
Talio (Tl)	mg/L	0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	0.00103	
Titanio (Ti)	mg/L	0.0002	0.002	0.0422	0.0143	< 0.0002	0.0013	0.0144	0.0041	0.0091	0.0231	
Uranio (U)	mg/L	0.000003	< 0.000003	0.0001	0.00007	< 0.000003	< 0.000003	0.00002	< 0.000003	0.00005	0.00401	
Vanadio (V)	mg/L	0.0001	0.0013	0.004	0.0039	0.0051	0.0021	0.0028	0.0031	0.0046	0.0126	
Zinc (Zn)	mg/L	0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	1.44	2
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>												
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1.8	13	70	140	4.5	13	49	33	140	< 1.8	1000
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	2400	11000	4900	350	1700	3300	3500	7900	< 1.8	

**Tabla 07. Resultados de Agua Superficial Zona de Operaciones, Moquegua e Ilo**

Parámetro	Unidad	LD	18/03/2017	18/03/2017	18/03/2017	19/03/2017	20/03/2017	19/03/2017	20/03/2017	20/03/2017	21/03/2017	21/03/2017	ECA Agua Cat 3
			10:31:00 P-11	09:20:00 P-01	11:35:00 AS-04	11:00:00 P-12	14:07:00 CAP-2	09:10:00 CH-3	11:02:00 13172RTUMI	09:10:00 13172RMOQU1	12:10:00 13172ROSMO1	09:30:00 13172ROSMO2	
<b>ANÁLISIS EN CAMPO</b>													
Caudal	L/s	---	2383.25	512.5	3236.125	2894.55	360.625	297.125	>3500	>3500	>3500	>3500	D-1
Conductividad	µS/cm	---	132.7	241	140.7	148.4	265	98.2	222	312	653	807	2500
Oxígeno Disuelto.	mg/L	---	7.51	7.61	7.15	7.41	7.12	7.6	7.71	8.09	7.47	8.55	4
pH (Campo)	Unidades pH	---	7.47	4.83	7.37	7.66	7.86	7.4	7.94	7.91	8.18	8.33	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	---	11.3	8.5	12	13.4	16.5	11.4	19.8	19	24.4	22.1	
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>													
Aceites y Grasas	mg/L	1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	5
Alcalinidad Bicarbonato	mg CaCO3/L	1	19	< 1.0	11.5	9	27.1	19	31.5	62.3	98.4	105.9	
Alcalinidad Total	mg CaCO3/L	1	19	< 1.0	11.5	9	27.1	19	31.5	62.3	98.4	105.9	
Bicarbonato	mg HCO3-/L	1.2	23.1	< 1.2	14.1	10.9	33.1	23.2	38.4	76	120	129.2	518
Carbonato	mg CO3-2/L	0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	
Cianuro Libre	mg/L	0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	< 0.0006	
Cianuro Total	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Cianuro Wad	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.1
Cromo Hexavalente	mg/L	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	15
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	8	9	8	6	40
Detergentes Aniónicos	mg MBAS/L	0.002	< 0.002	< 0.002	0.016	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.009	< 0.002	
Dureza Total	mg CaCO3/L	1	44.8	76.9	53	55.8	66.5	24.1	77.9	150	218.3	288.4	
Fenoles	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002
Fósforo Reactivo Disuelto*	mg/L	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.1	0.04	0.06	0.12	0.21	0.09	
Fósforo Total	mg P/L	0.012	0.061	0.049	0.015	0.027	0.275	0.134	0.194	0.956	0.604	1.192	
Material extraíble en Hexa	mg/L	1.4	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	< 1.4	< 1.4	
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L	0.006	< 0.006	0.119	< 0.006	< 0.006	< 0.006	0.03	< 0.006	< 0.006	0.054	< 0.006	
Silicatos (mg SiO2/L)	mg/L	0.006	30.078	44.076	32.205	31.727	23.351	28.971	28.147	27.387	33.854	30.686	
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2	91	183	100	98	192	55	156	227	441	483	
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	2	8	9	8	8	39	23	38	1445	207	1190	
Sulfuros	mg/L	0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	0.006	< 0.0004	0.0059	
<b>ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA - ANIONES</b>													
Bromuro, Br-	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Cloruros, Cl-	mg/L	0.02	0.909	1.107	0.962	1.101	30.63	1.766	8.888	17.7	67.46	79.83	500
Fluoruros, F-	mg/L	0.002	0.094	0.242	0.115	0.117	0.22	0.063	0.157	0.17	0.221	0.23	1
Fosfatos (como P)	mg/L	0.02	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	0.052	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	
Nitratos, (como N)	mg/L	0.003	0.102	0.106	0.102	0.114	0.195	0.218	0.193	0.527	1.409	1.36	
Nitritos, (como N)	mg/L	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.023	0.038	10
Sulfatos, SO4-2	mg/L	0.015	33.9	102.3	43.85	46.56	42.85	14.84	49.76	53.41	120	134.6	1000
<b>ANÁLISIS DE METALES TOTALES ICP MS</b>													
Aluminio (Al)	mg/L	0.002	0.486	4.102	1.01	1.117	1.783	0.65	1.041	20.62	5.341	12.08	5
Antimonio (Sb)	mg/L	0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	0.00056	0.00031	0.00045	
Arsénico (As)	mg/L	0.00003	0.00079	0.00052	0.00085	0.00073	0.00618	0.00097	0.00302	0.02152	0.01118	0.0178	0.1
Bario (Ba)	mg/L	0.0001	0.0169	0.05	0.0274	0.0256	0.0527	0.026	0.0391	0.3252	0.128	0.2421	0.7
Berilio (Be)	mg/L	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.00074	< 0.00003	0.00078	0.1
Bismuto (Bi)	mg/L	0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	
Boro (B)	mg/L	0.002	0.027	0.033	0.031	0.031	0.431	0.032	0.14	0.242	0.463	0.48	1
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.00033	< 0.00003	0.00031	0.01
Calcio (Ca)	mg/L	0.1	12.06	18.15	13.02	14.61	17.21	5.75	21.17	41.59	70.09	78.47	
Cobalto (Co)	mg/L	0.00002	0.00091	0.00364	0.00132	0.00104	0.00074	0.00024	0.00054	0.00946	0.00276	0.00653	0.05
Cobre (Cu)	mg/L	0.0002	0.0034	0.0068	0.0048	0.018	0.0065	0.005	0.0159	0.0502	0.024	0.05	0.2
Cromo (Cr)	mg/L	0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0026	< 0.0002	< 0.0002	0.0045	0.0047	0.0069	0.1
Estaño (Sn)	mg/L	0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0003	0.0863	0.1994	0.1085	0.1144	0.1474	0.0626	0.1495	0.2917	0.4932	0.5187	
Fosforo (P)	mg/L	0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	1.2	0.424	0.954	
Hierro (Fe)	mg/L	0.062	< 0.062	< 0.062	< 0.062	< 0.062	1.092	< 0.062	0.47	16.3	3.651	9.467	5
Litio (Li)	mg/L	0.0002	< 0.0002	0.0022	< 0.0002	< 0.0002	0.0525	< 0.0002	0.0121	0.0386	0.0384	0.044	2.5
Magnesio (Mg)	mg/L	0.003	2.657	4.902	3.199	3.584	3.411	1.892	3.983	8.621	9.789	12.01	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0001	0.0429	0.234	0.0703	0.0668	0.0717	0.0265	0.0792	0.8087	0.2749	0.6242	0.2
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.00137	< 0.00003	0.0018	0.00152	0.00242	0.00269	
Níquel (Ni)	mg/L	0.0003	0.0023	0.005	0.0027	0.0026	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	0.0078	0.006	0.0083	0.2
Plata (Ag)	mg/L	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	
Plomo (Pb)	mg/L	0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0021	< 0.0002	< 0.0002	0.0158	0.004	0.0112	0.05
Potasio (K)	mg/L	0.04	2.39	2.96	2.52	2.74	3.58	2.91	3.33	6.63	6.15	7.12	
Selenio (Se)	mg/L	0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	0.003	0.0022	0.02
Silicio (Si)	mg/L	0.2	15.1	22.2	16.4	17.8	13.2	13.8	16.4	45.9	26	35.4	
Sodio (Na)	mg/L	0.022	5.071	6.384	5.625	5.951	25.74	4.707	12.54	19.26	50.64	51.15	
Talio (Tl)	mg/L	0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	< 0.00002	
Titanio (Ti)	mg/L	0.0002	0.0099	0.0228	0.0126	0.0146	0.0549	0.0241	0.0306	0.4661	0.1626	0.3487	
Uranio (U)	mg/L	0.000003	0.00003	0.00004	0.00003	0.00003	0.0002	0.00009	0.00035	0.00165	0.00297	0.00313	
Vanadio (V)	mg/L	0.0001	0.0023	0.0019	0.0023	0.0021	0.0054	0.0035	0.0042	0.0377	0.014	0.0258	
Zinc (Zn)	mg/L	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	< 0.01	0.02	< 0.01	0.06	0.02	0.05	2
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>													
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1.8	4.5	4.5	4.5	13	22	17	280	330	330	1400	1000
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	2400	26	1600	350	2800	1100	1100	35000	16000	54000	

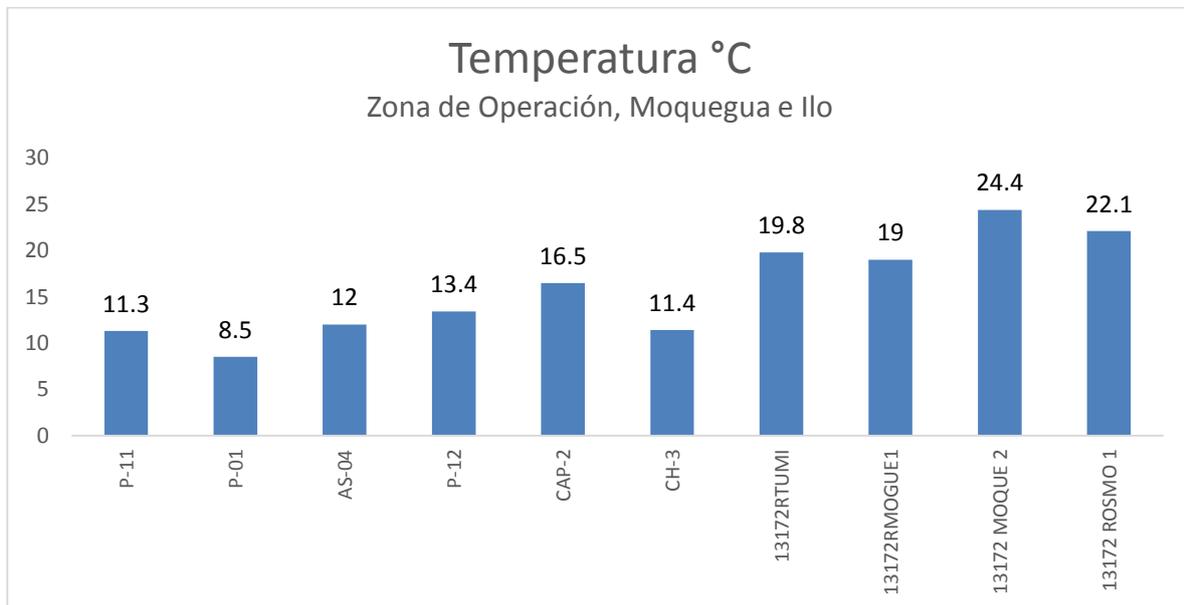
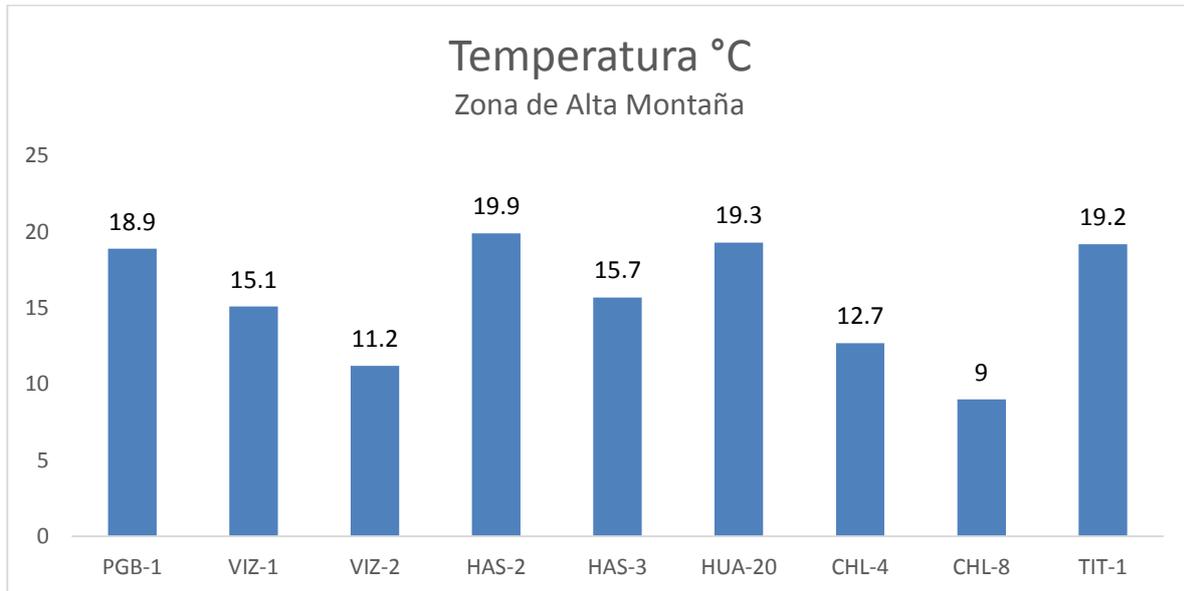
█ No cumple ECA Agua Categoría 3 D-1

Los caudales de las estaciones 13172Rtumi, 13172Rmoqu1, 13172Rmoqu2, 13172ROsmo1 son estimados de los ríos aguas arriba

#### 4.1.4. Interpretación de los Resultados de Laboratorio

##### CAMPO

##### Temperatura



**Gráfico 02.** Variación espacial de la temperatura de las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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

Las aguas de la cuenca del río Vizcachas en las estaciones PGB-1, VIZ-1 y VIZ-2 presentan temperaturas bajas que oscilan entre 11,2 a 18,9 °C, característicos de zonas de altura.

La temperatura del agua en el punto de monitoreo correspondiente a la cuenca del Titire tiene un valor de 19.2 °C debido a la hora de toma de muestra, en la época húmeda no se observa mayor influencia de las aguas termales en lo que respecta a la temperatura. El valor de temperatura se encuentra en la esperado por la línea de base ambiental (5.72 y 33.23 °C) la presencia de lluvias diluye el potencial efecto de las aguas termales sobre la temperatura.

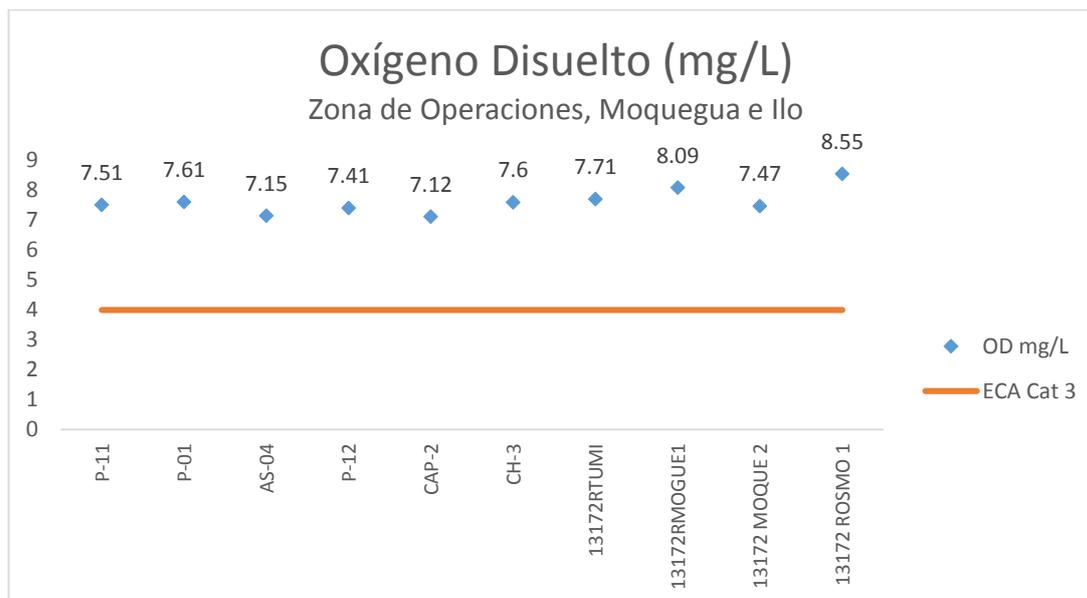
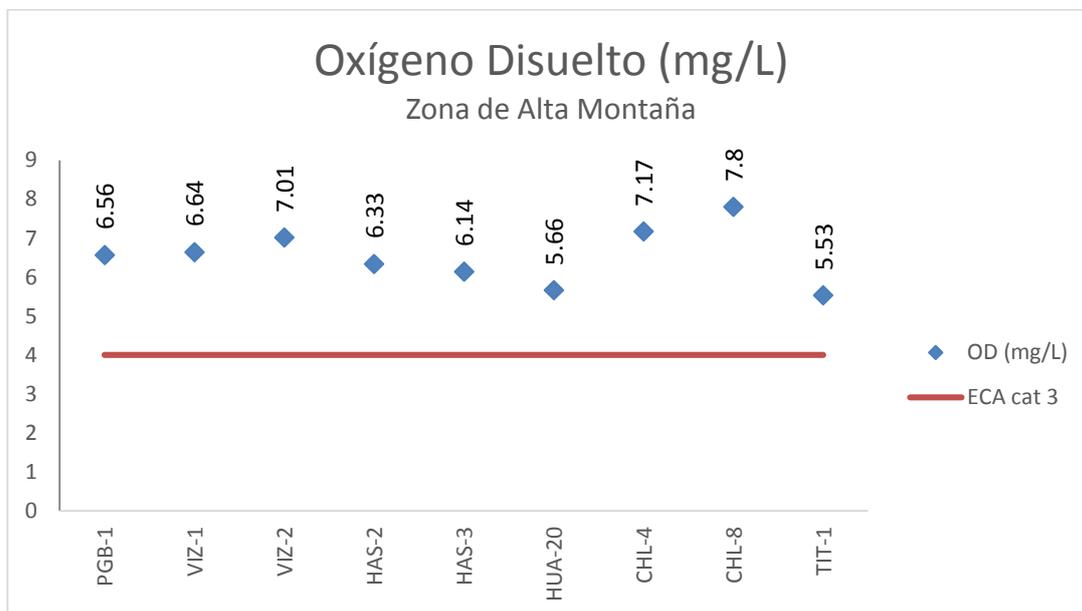
Las aguas de la cuenca del río Chilota presentan temperaturas moderadas que oscilan entre 9,0 a 12.7 °C, estos valores bajos pueden deberse a la hora temprana de la toma de muestra y dilución del agua por lluvias. El valor de temperatura en el CHL-8 se encuentra en la esperado por la línea de base ambiental (2.7 y 23.13 °C) la presencia de lluvia diluye el potencial efecto de las aguas termales sobre la temperatura.

La temperatura del agua en el río Asana en las estación de monitoreo cercanas a la zona de operaciones P-11, AS-4, P-12 estuvo entre 11.3 °C y 13.4. Estos valores son los esperados para estas estaciones de monitoreo comparados con los de la Línea de Base Ambiental validados P-11 (4.95 – 25.4 °C), AS-04 (7.7 – 11.2), P-12 (2.3 – 22.9).

La temperatura del agua en la cuenca del río Charaque en la estación CH-3 (11,3 °C) fue similar al del río Asana, mientras que la del río Capillune en la estación CAP-2 (16,5 °C) presenta un valor superior al de los otros puntos debido a la influencia de aguas de origen termal cercanos al poblado Calientes.

La temperatura del agua en la parte del valle y cercano a la desembocadura oscilaron entre 19,8 y 24,4 °C principalmente debido a la intensa radiación solar de la zona y alta temperatura propia de la estación de verano.

**Oxígeno Disuelto**



**Gráfico 03.** Variación espacial del oxígeno disuelto de las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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 ECA para agua Categoría 3 riego de vegetales exige un valor mínimo 4 mg O<sub>2</sub>/L y en el caso de bebida de animales, como mínimo 5 mg O<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 el gráfico 03, en la zona de alta montaña las estaciones de monitoreo en el río Vizcachas PGB1, VIZ-1 y VIZ-2, río Chilota CHL-4, CHL-8, presentan contenidos adecuados con valores superiores al mínimo sugerido por el ECA para agua Categoría 3 para riego de vegetales.

El agua del río Calasaya HUA-20 y de las quebradas HAS-2 y HAS-3 presentan contenidos adecuados con valores superiores al mínimo sugerido por el ECA para agua Categoría 3 para riego de vegetales.

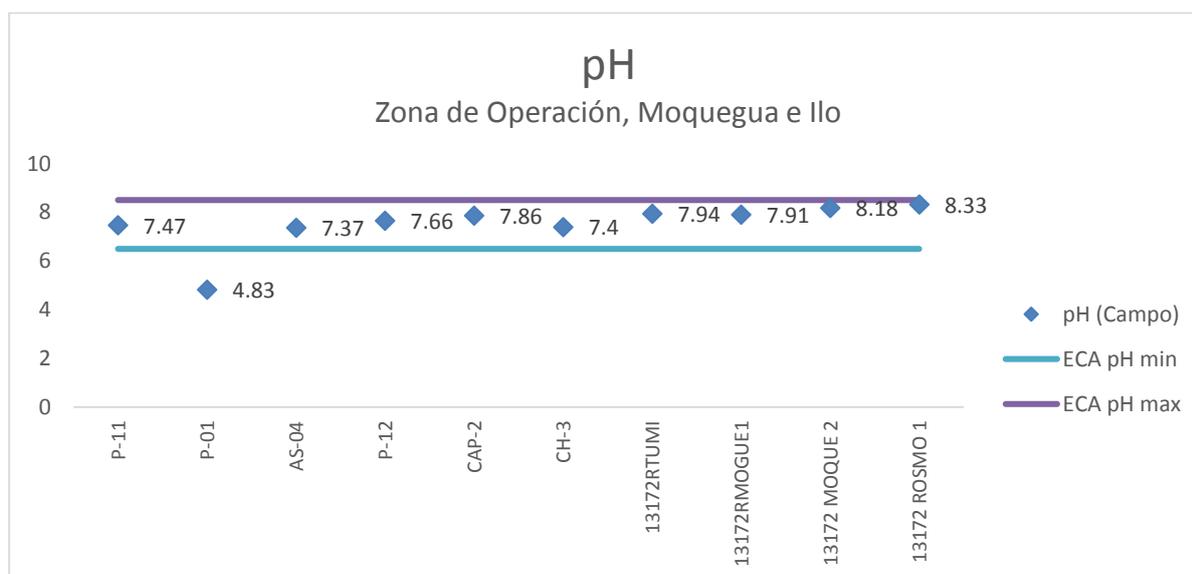
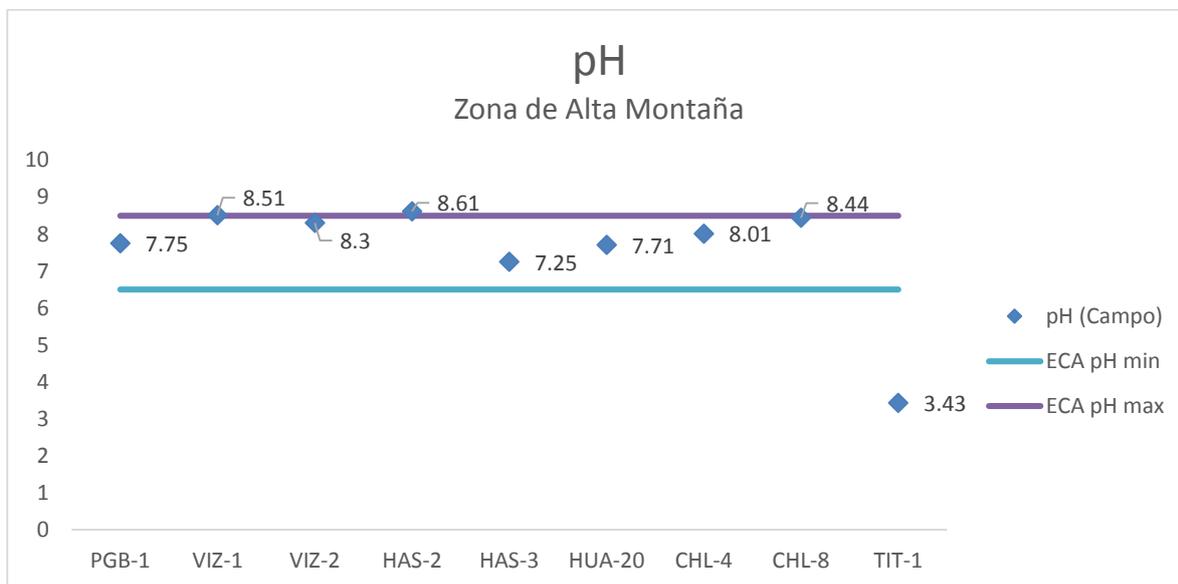
En el caso del río Titire en la estación TIT-1, presenta valores medios de Oxígeno Disuelto 5,53 mg/L, probablemente debido a que el ingreso de sales provenientes de fuentes termales disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua, así como la mayor presencia de hierro y otras especies reducidas en el agua consumen oxígeno disuelto, cumple con el ECA para agua Categoría 3 para riego de vegetales. Esta tendencia se verifica con la línea de base ambiental validada (3,5 – 11,3 mg/L).

En la zona de operaciones se observa que el contenido de oxígeno disuelto en el río Asana medido en las estaciones P-11, AS-4 y P-12, tiene valores adecuados, situación similar se observa en el río Charaque CH-3, esto puede deberse a la buena ventilación del agua y a la ausencia de material orgánico.

El contenido de oxígeno disuelto en el río Capillune CAP-2 (7,4 mg/L), presenta un valor similar a las demás estaciones no se ha detectado la influencia del gran contenido de sales provenientes de fuentes de aguas de origen geotermal.

El contenido de oxígeno disuelto en el parte baja del valle estaciones 13172 RTumi (7,71 mg/L), 13172RMoqu1 (8,09 mg/L), 13172RMoqu2 (7,47 mg/L) y 13172Rosmo1 (8,55 mg/L), se observa un incremento del contenido de oxígeno probablemente debido a la fuerte actividad fotosintética del lugar provocada por la intensidad de la radiación en la zona del valle. Situación similar fue observada en los MAPs 1, 2 y 4, 13172Rtumi (7.53 – 8.3 mg/L), 13172RMoque1 (8.22 – 9.27 mg/L), 13172RMoqu2 (7.87 – 10.46 mg/L), 13172Rosmo1 (8.36 – 10.18 mg/L). La presencia de sólidos y elevados valores de hierro pueden influir en la disminución de oxígeno en el 13172RMoqu1 y 13172RMoqu2.

### Potencial de Hidrógeno – pH



**Gráfico 04.** Variación Espacial del valor del pH de las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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 ECA para agua 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 el gráfico 04, en la zona de alta montaña las estaciones de monitoreo en el río Chilota CHL-4 y CHL-8, presenta contenidos que se incrementan con la disminución de la altura probablemente debido al incremento de actividad fotosintética en el curso del río y la presencia de material carbonatado del suelo.

En la zona de alta montaña en el río Vizcachas el valor del pH en la estación PGB-1 cercana al Embalse de Pasto Grande presenta aguas neutras con pH de 7.75 a diferencia de las épocas sin lluvia que presenta por lo general aguas ácidas, están dentro de lo establecido por la línea de base ambiental (4.13 – 9.01) la influencia de la lluvia por dilución amortigua la presencia de iones responsables de acides en el agua como el aluminio, sulfatos y manganeso. En las estaciones VIZ-1 y VIZ-2, los valores de pH presentan valores dentro de lo sugerido por el ECA para agua Categoría 3 para riego de vegetales.

El agua del río Calasaya en la estación HUA-20 y de la quebrada HAS-3 presentan contenidos adecuados con valores dentro de lo sugerido por el ECA para agua Categoría 3 para riego de vegetales. En el caso de la quebrada HAS-2 los valores de pH superan lo establecido por el ECA Agua cat -3, también superan lo encontrado por los MAP 3 y 4 (6.9 – 7.95). Esta tendencia debe ser analizada en futuros monitoreos de los MAPs.

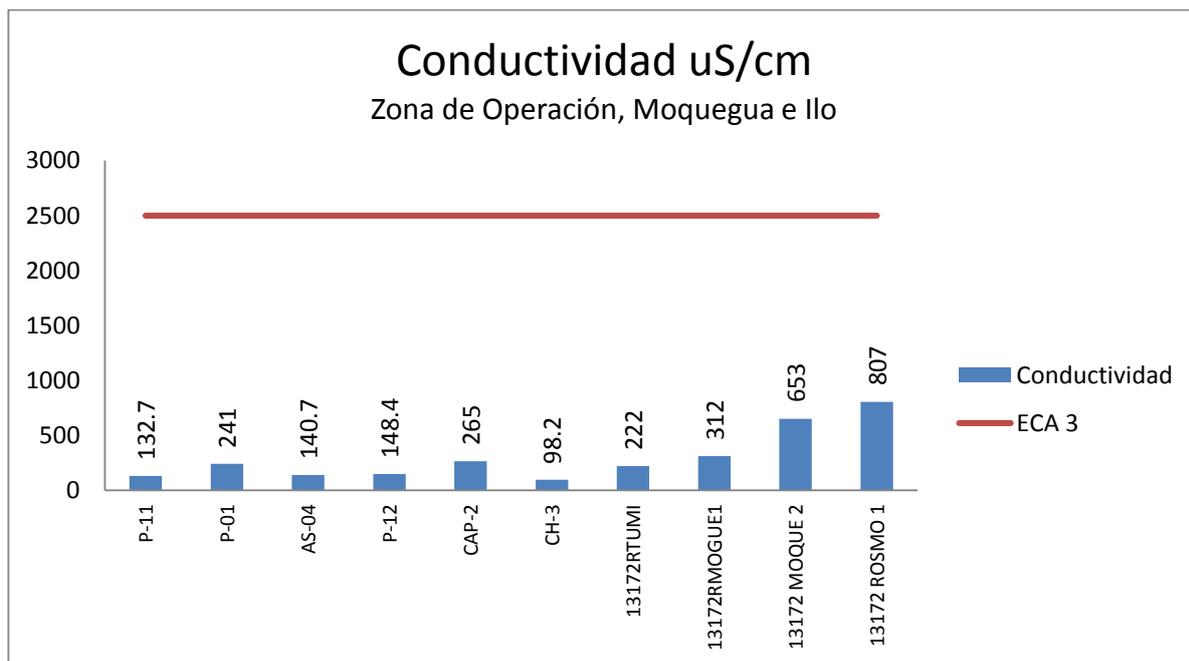
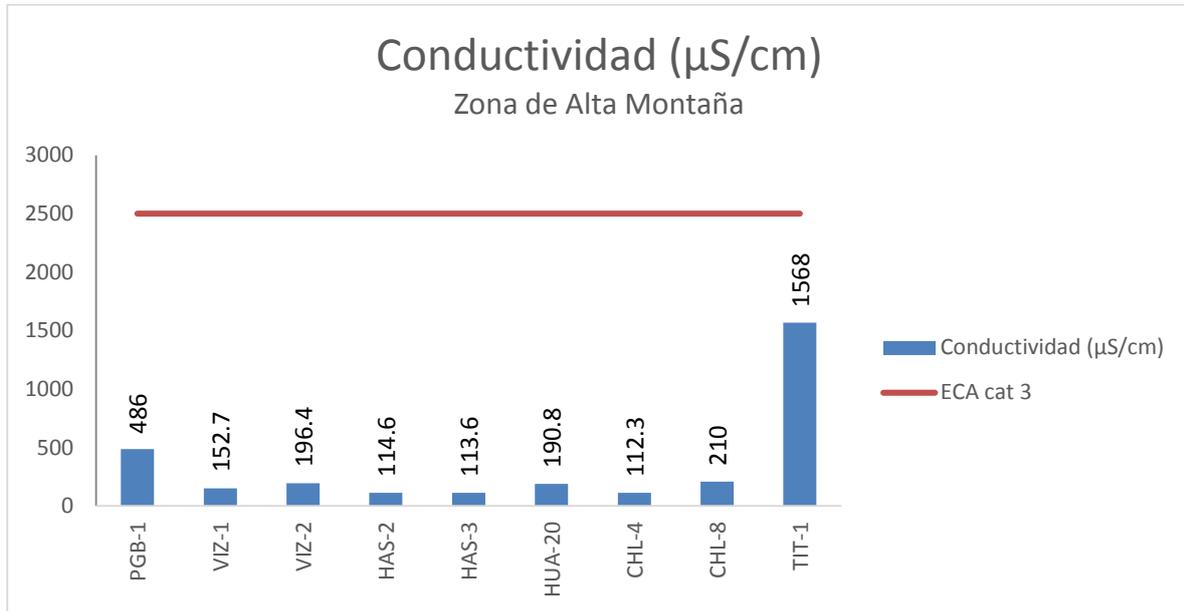
En el caso del río Titire en la estación TIT-1, presenta valores ácido de pH 3.43, esto es característico en el periodo húmedo, se encuentra cerca de lo esperado por la línea base (4.6 – 8.52) probablemente debido al mayor ingreso de material del suelo por escorrentía, esto se relaciona con altos valores de aluminio (27.88 mg/L), hierro (43.46 mg/L), manganeso (1.405 mg/L), moderados de sulfatos y ausencia de bicarbonato.

La quebrada Millune en la estación P-01 presenta valores bajos de pH (4.83) asociado a valores moderados de aluminio (4.102 mg/L), altos de manganeso (0.234 mg/L), moderados de sulfatos y ausencia de bicarbonatos, este valor se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base ambiental (4.02 – 7.02). La influencia de las lluvias pueden estar incorporando iones ácidos al gua por escorrentías desde el suelo.

En la zona de operaciones se observa que el pH en el río Asana P-11, AS-4 y P-12, tiene valores adecuados, situación similar se observa en el río Charaque CH-3 y CAP-2.

Los valores de pH en el parte baja del valle estaciones 13172 RTumi (7.94), 13172RMoqu1 (7.91), 13172RMoqu2 (8.18) y 13172Rosmo1 (8.33), cumplen con lo establecido por el ECA Agua Cat 3, la presencia de sólidos totales en suspensión en el agua disminuyen el valor encontrado en época seca debido a la disminución de la actividad fotosintética del lugar provocada por la intensidad de la radiación en la zona del valle, también la composición del suelo en el valle principalmente bicarbonato, carbonatado cálcico magnésico influyen sobre el valor del pH. Situación similar fue observada en el MAP 1, 2 y 4, 13172RTumi (7.88 – 8.18), 13172RMoqu1 (7.73 – 8.39), 13172RMoqu2 (8.18 – 8.36), 13172RMoqu1 (8.37 – 8.72).

**Conductividad Eléctrica**



**Gráfico 05.** Variación espacial del valor de la conductividad de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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 ECA para agua Categoría 3 riego de vegetales contempla un valor máximo de 2500 uS/cm y para el caso de bebida de animales se contempla un valor de 5000 uS/cm.

Como se observa en el gráfico 05 en la zona de alta montaña, los valores de conductividad del agua en las estaciones de monitoreo en el río Vizcachas (PGB-1, VIZ-1 y VIZ-2), Chilota (CHL-4 y CHL-8), Calasaya HUA-20, las quebradas HAS-02 y HAS-03 cumplen con lo establecido en el ECA para agua Categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales.

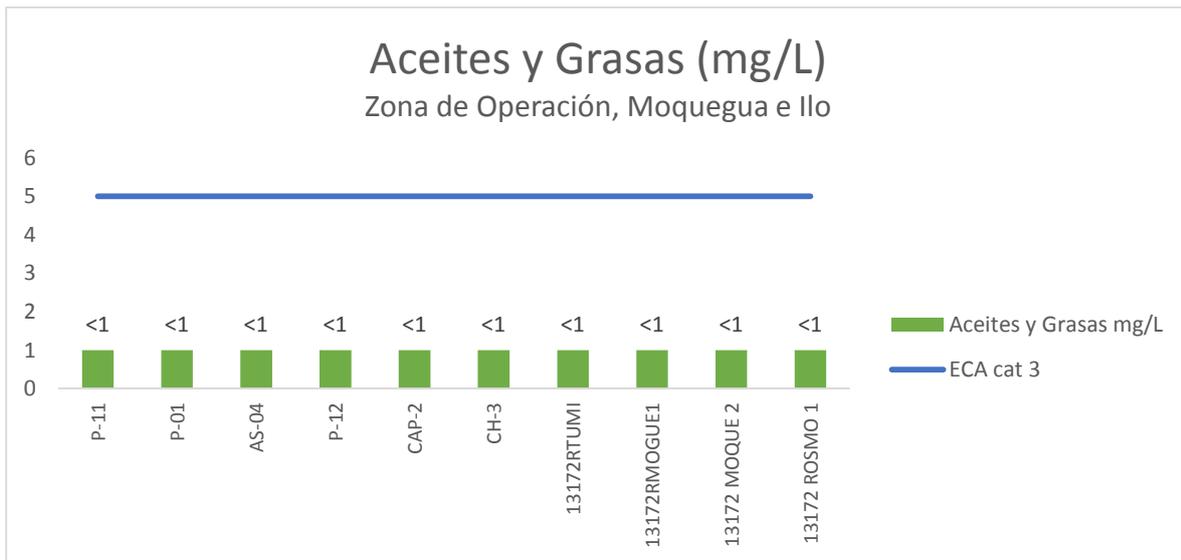
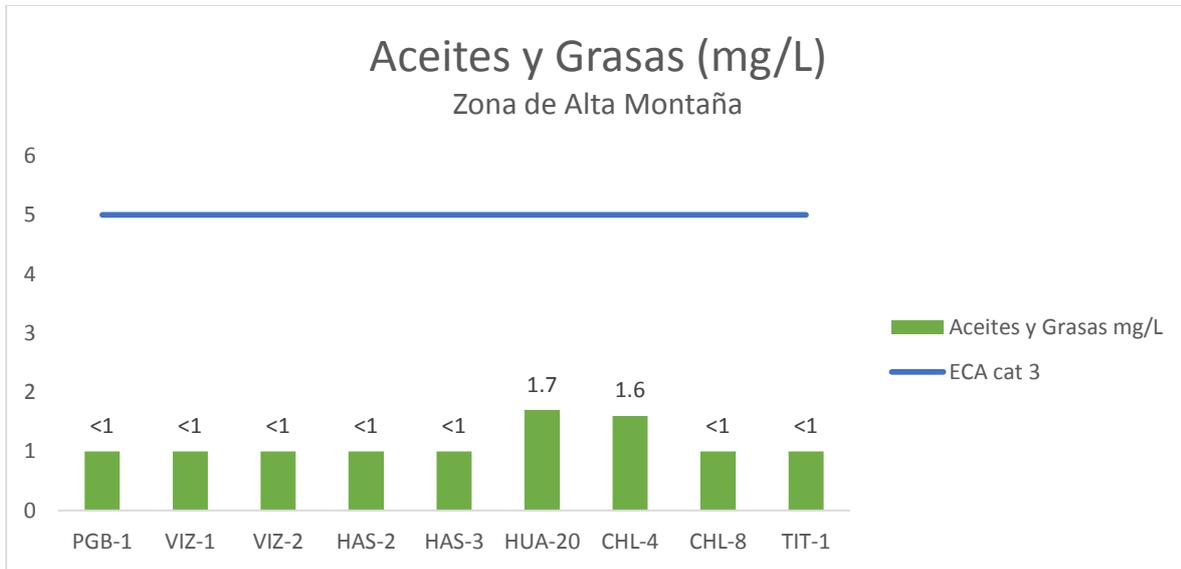
El agua de la estación TIT-1 presenta valores altos de conductividad (1568 uS/cm), este valor es moderado está dentro de lo esperado por la validación de la línea de base ambiental (395 - 17043 uS/cm), probablemente la dilución por agua de lluvia diluye la conductividad de las aguas de fuentes de origen termal en el agua.

En la zona de operaciones, la calidad del agua en las estaciones del río Asana P-11, AS-4 y P-12, la quebrada Millune P-01, así como la del río Charaque CH-3 presentan valores bajos de conductividad eléctrica que se encuentra entre 98,2 a 241 uS/cm cumplen con lo establecido por el ECA Agua Cat 3.

La calidad del agua del río Capillune en la estación de monitoreo CAP-2 presenta valores de conductividad moderados de (265 uS/cm) cumple con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3 subcategoría D1 riego de vegetales de tallo bajo y alto, este valor se encuentra dentro de lo esperado por la línea de base ambiental (146 – 4150 uS/cm). Este río se encuentra fuertemente influenciado por el ingreso de aguas de origen termal en el sector de Calientes. Los valores moderados de conductividad en el Capillune se relacionan con valores moderados de otros parámetros como los sólidos disueltos totales, cationes sodio, calcio, magnesio entre otros y aniones como cloruros, fluoruros, sulfatos, entre otros, todos estos se encuentran diluidos por efecto de las lluvias en la temporada húmeda.

La conductividad en el agua de las estaciones 13172RTumi (222 uS/cm), 13172RMoqu1 (312 uS/cm), 13172RMoqu2 (653 uS/cm) y 13172ROsmo1(807 uS/cm) son moderadas y cumplen con el ECA Agua Categoría 3 para riego. Los valores de conductividad encontradas en estas estaciones en época de lluvia son menores a los encontrados en los anteriores MAP 1, 2 y 4, 13172RTumi (322 - 367 uS/cm), 13172RMoqu1 (833 - 1408 uS/cm), 13172RMoqu2 (1770 - 2890 uS/cm) y 13172ROsmo1(1739 - 2680 uS/cm), esto debido al efecto de dilución ocasionado por el incremento de caudal por lluvias.

**FISICOQUIMICOS**  
**Aceites y Grasas**



**Gráfico 06.** Variación espacial del valor de los aceites y grasas de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los aceites y grasas son un grupo de sustancias con una característica común son no solubles en agua, sustancias tales como aceites domésticos, hidrocarburos entre otros, pueden ser liberados en los cuerpos de agua natural por vertimientos domésticos o industriales, son un buen indicativo de actividad antropogénica.

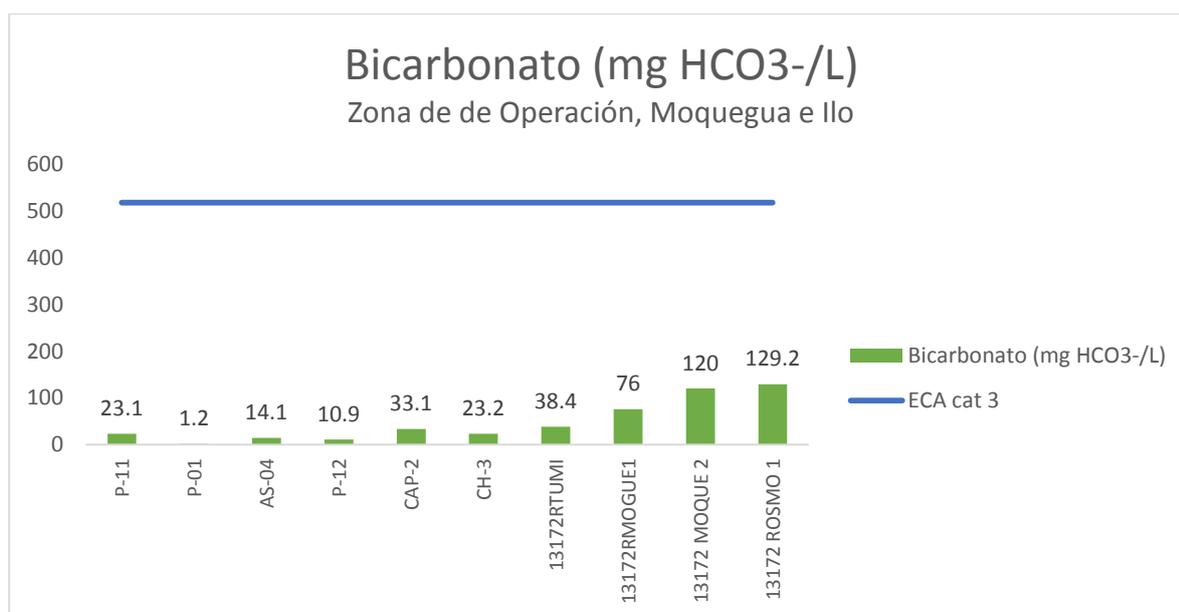
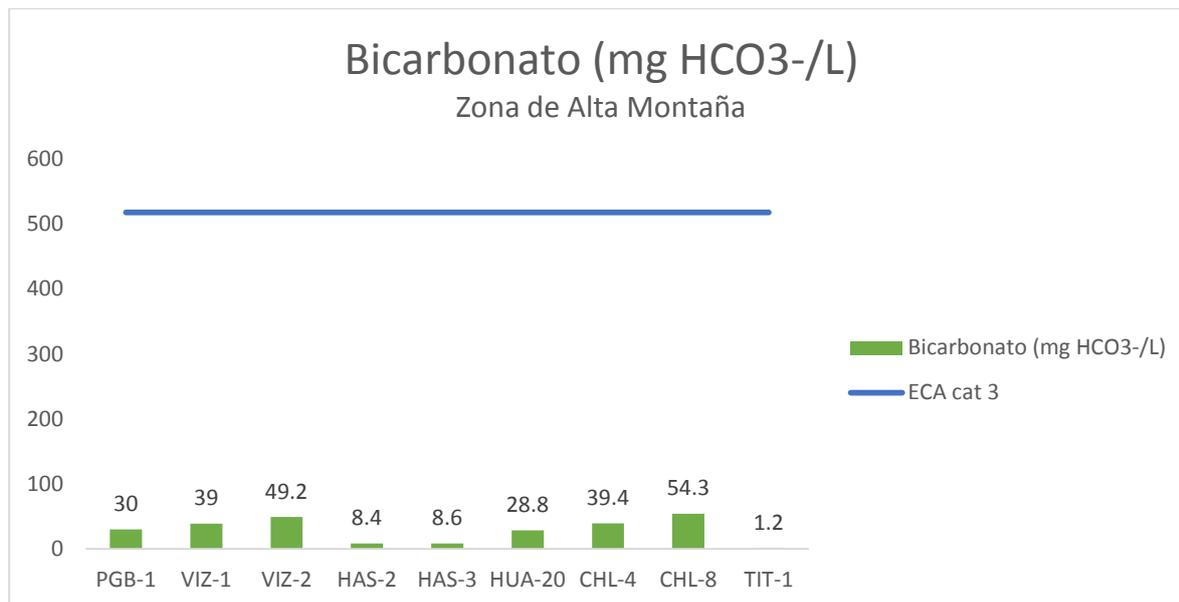
Como se observa en la figura 06, no se ha determinado presencia de aceites y grasas en casi ninguna de las estaciones de monitoreo.

Los resultados encontrados para las estaciones de monitoreo de la zona de alta montaña coinciden con los resultados encontrados en los MAP 3 y 4, donde las casi todas las estaciones no han presentado presencia de aceites y grasas en época seca y húmeda.

Por segunda campaña se ha detectado concentraciones de aceites y grasa en la estación CHL-4, lo que confirma por presencia de actividad antropogénica (MAP-4). Se sugiere verificar fuente de ingreso. En la estación HUA-20 se detectado presencia de aceites y grasas, se debe verificar la presencia de actividad antropogénica en los alrededores.

Los resultados encontrados para las estaciones de monitoreo de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo coinciden con los resultados encontrados en el MAP 1, 2 y 3, donde las estaciones no han presentado presencia de aceites y grasas en época seca y húmeda. Los resultados de la estación P-12 de la validación de la línea de base ambiental no han detectado aceites y grasas en el periodo 2010 al 2013.

## Bicarbonatos



**Gráfico 07.** Variación espacial del valor del contenido de bicarbonato de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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<sup>3+</sup> y Fe<sup>3+</sup>. El ECA Agua Categoría 3 para agua de riego de vegetales es 518 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

Como se observa en el gráfico 07, el contenido de bicarbonatos en la zona de alta montaña, en la estación PGB-1 es bajo, esto se debe a la presencia de iones ácidos como hierro, aluminio, manganeso y presencia de iones sulfatos probablemente provenientes de la disolución por oxidación de material piritoso, adicionalmente esta se asocia a los valores moderados de pH. En época húmeda la estación PGB-1 presenta valores de pH moderados y baja alcalinidad principalmente debido a que el efecto de las lluvias diluyen la acidez característica de época seca.

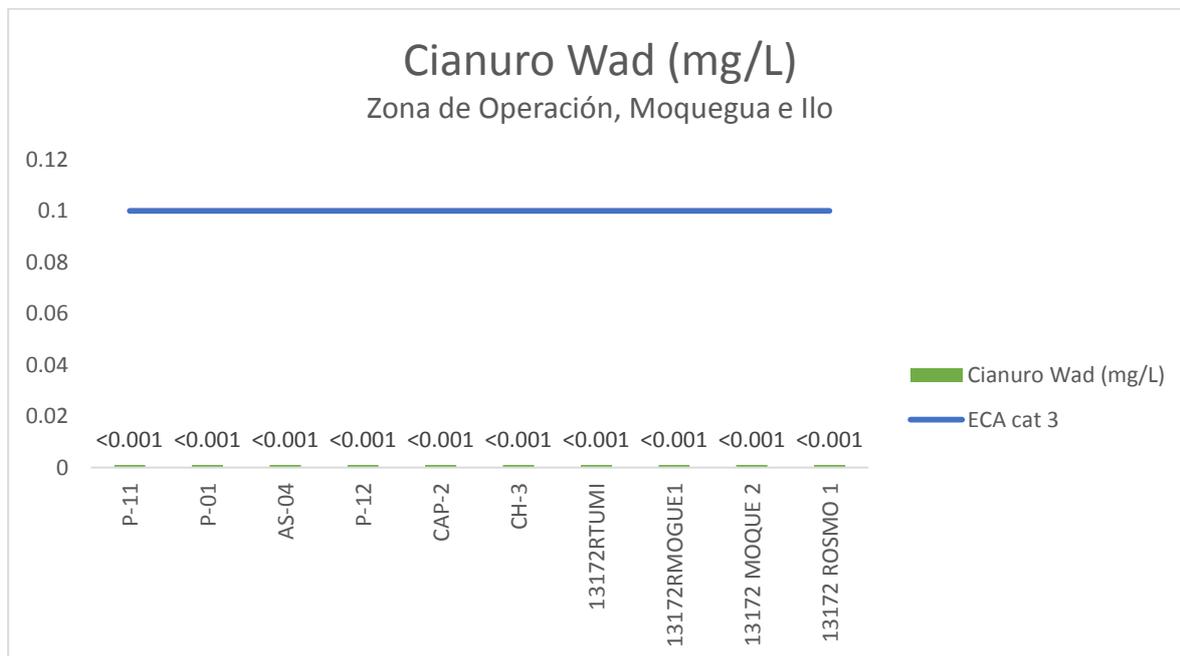
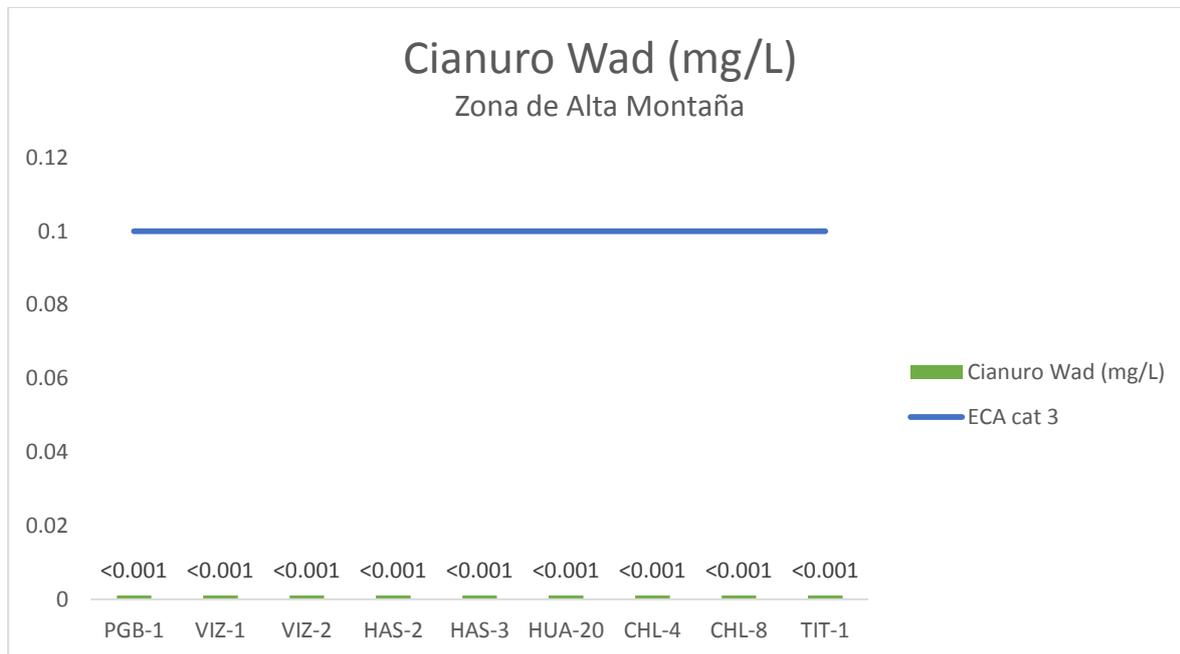
La estación TIT-1 presenta un valor bajo de bicarbonatos similar a lo reportado por el MAP-3 y 4 en época húmeda, por otro lado este valor es diferente al obtenido en la época seca. La influencia de las lluvias puede estar arrastrando material del suelo al agua bajando el valor del pH e incrementando el contenido de aluminio. Todas las estaciones de monitoreo de la zona de alta montaña presentan contenidos de bicarbonatos que cumplen con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3.

En la zona de operaciones el contenido de bicarbonato en las aguas del río Asana P-11, AS-04 y P-12 se encuentran entre 10.9 y 23.1 mg CaCO<sub>3</sub>/L cumplen con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3. Situación similar se presenta en el río Charaque CH-3 23.2 mg CaCO<sub>3</sub>/L y río Capillune CAP-2 33.1 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

En la quebrada Millune P-01 el contenido de bicarbonato es bajo 1.2 mg CaCO<sub>3</sub>/L asociado con valores bajos de pH, contenidos moderados de sulfatos y aluminio que son neutralizados con el bicarbonato. El contenido de bicarbonatos cumple con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3 agua para riego.

El contenido de bicarbonato en las estaciones de la zona de Moquegua e Ilo 13172RTum1 (38.4 mg CaCO<sub>3</sub>/L), 13172RMoque1 (76 mg CaCO<sub>3</sub>/L), 13172RMoque2 (120 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y 13172Rosmo1 (129.2 mg CaCO<sub>3</sub>/L), presentan valores de bicarbonatos inferiores a los obtenidos en los MAP 1, 2 y 4, 13172RTum1 (74.0 – 94.7 mg CaCO<sub>3</sub>/L), 13172RMoque1 (152.3 – 278.6 mg CaCO<sub>3</sub>/L), 13172RMoque2 (183 – 276.7 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y 13172Rosmo1 (53.4 – 157.6 mg CaCO<sub>3</sub>/L). Se observa una fuerte influencia de aguas blandas provenientes de lluvias que disminuyen los contenidos de bicarbonatos en las estaciones con respecto a los valores determinados en época seca.

## Cianuro WAD



**Gráfico 08.** Variación espacial del contenido de cianuro de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los cianuros disociables en agua (WAD) son sustancias muy tóxicas, está formado por especies de cianuro liberadas con un pH moderado (pH 4,5) como HCN y CN acuosos, la mayoría de los complejos

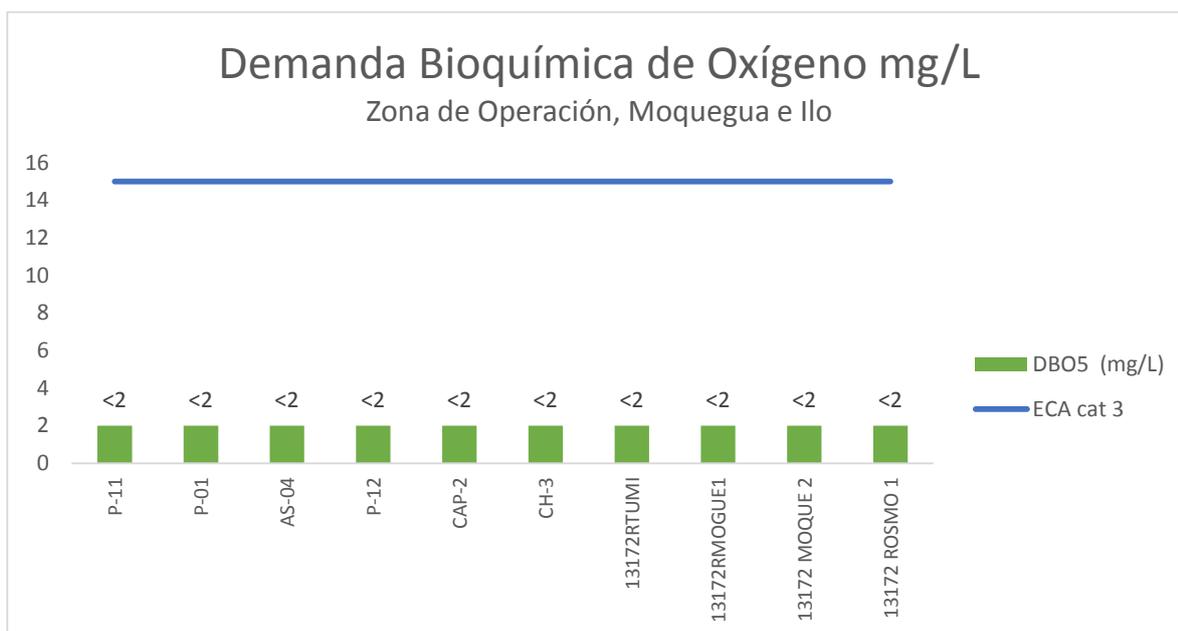
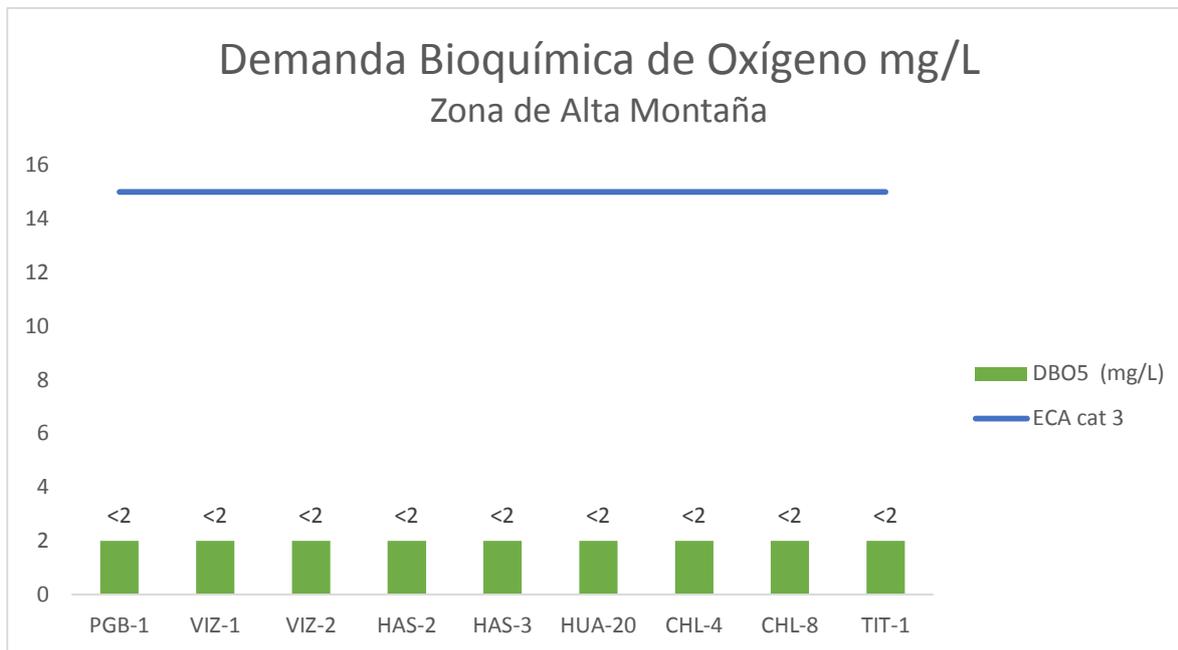
de Cu, Cd, Ni, Zn, Ag y otros con constantes de disociación baja similares. Pueden encontrarse en el agua por liberación de efluentes provenientes de actividades antropogénicas de extracción de oro y plata. El ECA Agua Categoría 3 establece como máximo un valor de 0.1 mg CN/L.

Como se puede observar en el gráfico 08, no se ha detectado presencia de cianuro WAD en ninguna de las estaciones de agua de la zona de alta montaña, operaciones, Moquegua e Ilo, esta situación es similar a los resultados obtenidos en el MAP 1, 2, 3 y 4 época seca y húmeda.

La ausencia de cianuro WAD en las estaciones de monitoreo de la zona de abastecimiento ha sido validado en el MAP 3, teniendo como referencia los valores encontrados para cianuro WAD en las estaciones de monitoreo TIT-01, VIZ-02, PGB-01 y CHL-08 presentados en la 2da Modificatoria del EIA del Proyecto Quellaveco

La ausencia de cianuro WAD en las estaciones de monitoreo de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo ha sido validado en el MAP 1 y 2, teniendo como referencia los valores reportados para cianuro WAD en la estación de monitoreo CH-3 presentados en la 2da Modificatoria del EIA del Proyecto Quellaveco.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5**



**Gráfico 09.** Variación espacial de la demanda bioquímica de oxígeno de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un parámetro que se relaciona con el ingreso de material orgánico biodegradable al agua, las principales fuentes de DBO en el agua son las descargas de aguas residuales de origen doméstico, provenientes de inodoros, lavanderías o residuos de cocinas.

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, esto es debido a que después de la degradación de la materia orgánica del vertimiento, por procesos de difusión del oxígeno desde el aire, 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.

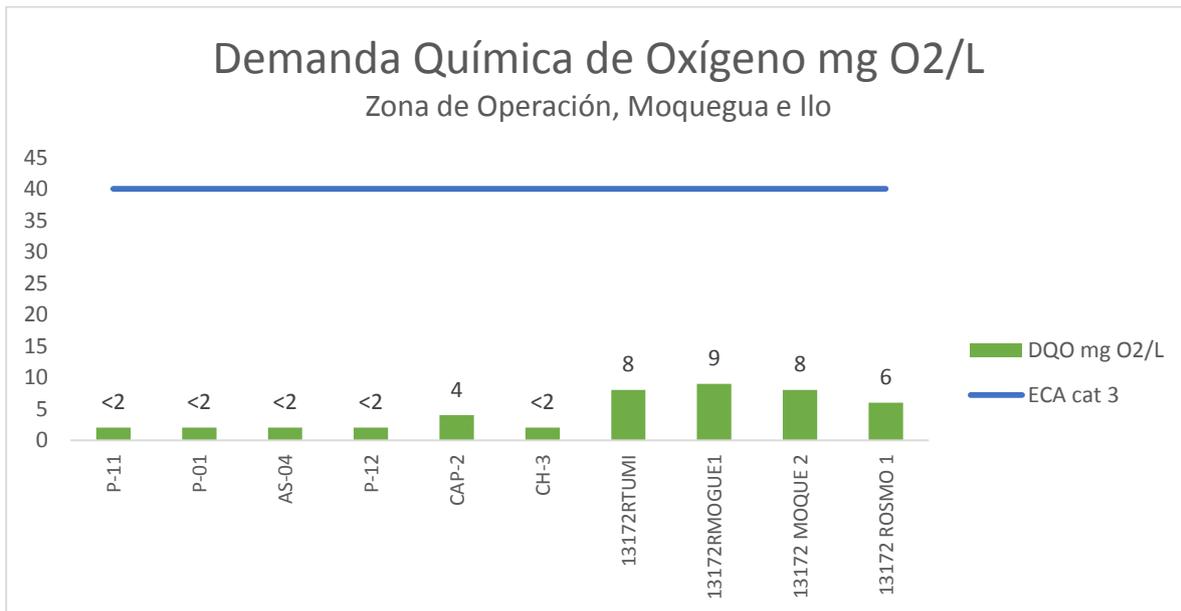
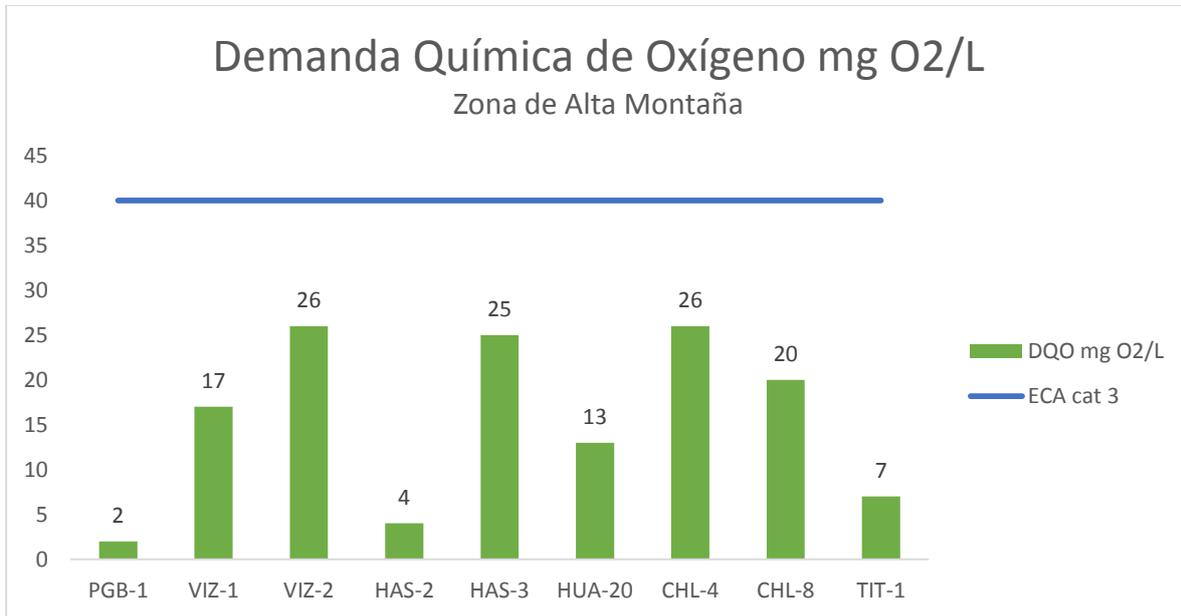
Como se observa en el gráfico 09, no se ha detectado presencia de material orgánico como DBO en todas las estaciones de monitoreo en la zona de alta montaña, operaciones, Moquegua e Ilo. Cumplen con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3.

Los resultados del MAP 5 son similares a los resultados obtenidos en el MAP 3 y 4, para las estaciones de calidad de agua superficial de la zona de alta montaña (ninguna estación presentó DBO), también son similares con los resultados del MAP 3 en época seca donde presentó valores entre <0.1 (N.D.) hasta 2.5 mg/L, valores pequeños que cumplen con el ECA categoría 3.

Al comparar los resultados con los valores encontrados para el MAP 1 y 2, para la zona de operaciones en época seca y húmeda se observó que los valores del MAP 5 fueron menores a los encontrados en el MAP 2 para las estaciones CAP-2 (13 mg/L), 13172RMoque1 (11 mg/L), 13172RMoque2 (8 mg/L) y 13172Rosmo1 (6 mg/L), estando todos estos valores por debajo de lo que establece el ECAs. Esta diferencia entre el MAP 5 época húmeda y MAP 2 para las estaciones CAP-2, 13172RMoque1, 13172RMoque2 y 13172Rosmo1, puede deberse al ingreso de pequeños caudales de aguas residuales, escorrentías o infiltraciones en la zona de Calientes y Moquegua en marzo abril del 2014.

Por otro lado los resultados del MAP 5 época húmeda son similares a los resultados obtenidos en el MAP 1 en época seca, para las estaciones de calidad de agua superficial de la zona de operaciones donde ninguna estación presentó DBO y cumplen con el ECA categoría 3.

**Demanda Química de Oxígeno**



**Gráfico 10** Variación espacial de la demanda química de oxígeno de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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 el gráfico 10, en la zona de alta montaña, operaciones, Moquegua e Ilo se ha detectado valores bajos de DQO entre 2 a 26 mg/L. Todas las estaciones cumplen con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3.

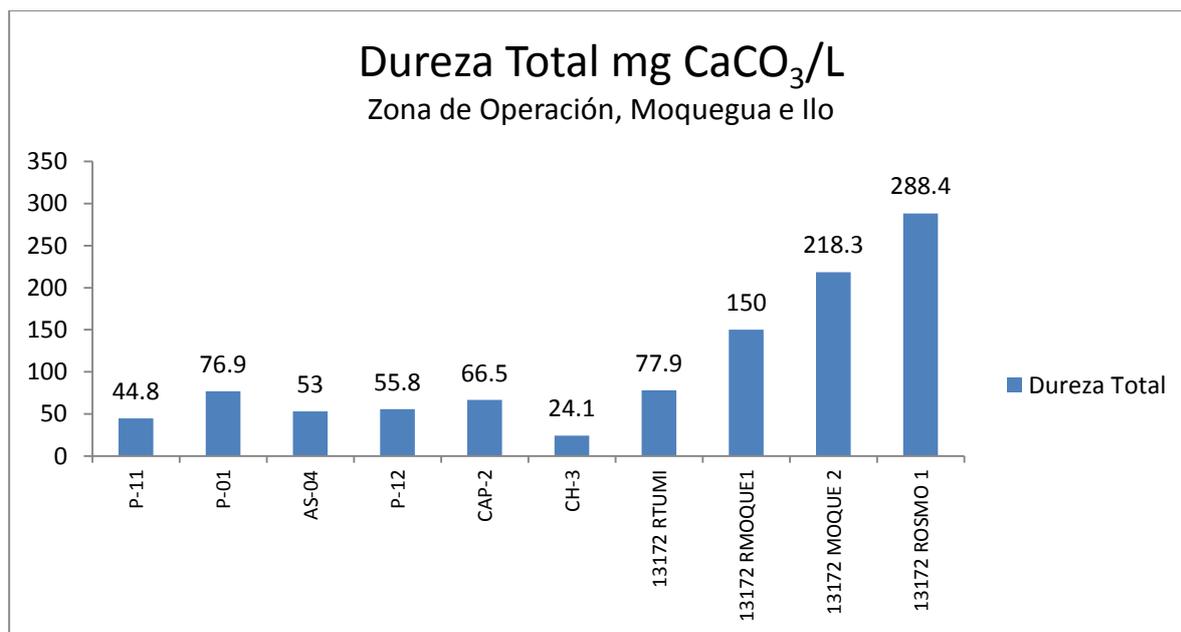
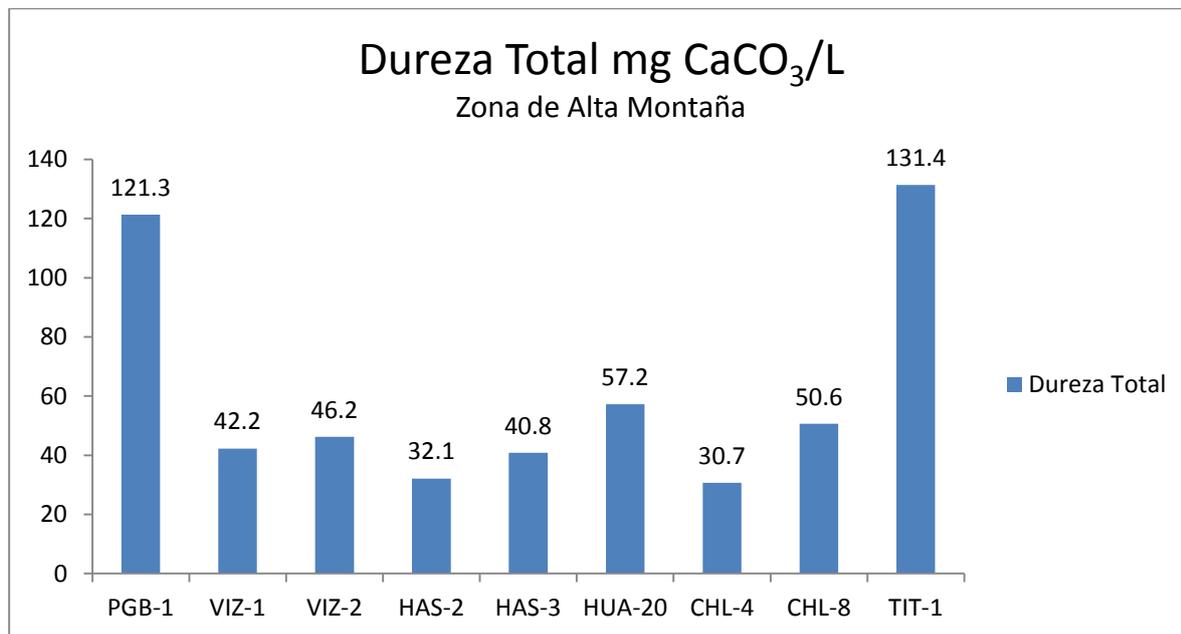
En la zona de alta montaña río Vizcachas estaciones PGB-1 (2 mg/L), VIZ-1 (17 mg/L) y VIZ-2 (26 mg/L) los valores de DQO son superiores a los encontrados en los MAP 3 y 4 PGB-1 (2 - 8 mg/L), VIZ-1 (2 - 5 mg/L) y VIZ-2 (2 - 9 mg/L), esto se puede deber a la presencia de sustancias oxidables como Fe entre otros, traídos por escorrentías desde el suelo, que incrementan el contenido del DQO. En el río Chilota las estaciones CHL-4 (26 mg/L) y CHL-8 (20 mg/L) presentan valores de DQO superiores a lo encontrado en los MAP 3 y 4 CHL-4 (2 - 10 mg/L) y CHL-8 (2 - 7 mg/L) por la razón explicada. El río Calasaya HUA-20 (13 mg/L) y quebradas HAS-2 (4 mg/L) y HAS-3 (25 mg/L) presentan valores superiores a lo encontrado en los MAP 3 y 4, HUA-20 (2 - 7 mg/L), HAS-2 (2 - 14 mg/L) y HAS-3 (2 - 18 mg/L), por la razón explicada.

El valor del DQO en el río Titire TIT-1 (7 mg/L) se encuentra dentro de lo esperado por la línea de base ambiental (3 - 27 mg/L) el valor moderado de DQO puede deberse a la dilución por efecto de lluvias en comparación con los resultados de época seca.

En la zona de operaciones en el río Asana P-11, AS-4, P-12, así como en el río Charaque CH-3 no se ha detectado valores de DQO. En la estación CAP-2 (4 mg/L), el valor del DQO reportado se encuentra dentro de lo establecido por la línea de base ambiental desde ND hasta 13, estos valores bajos se pueden deber a la presencia de sustancias oxidables.

En la zona de Moquegua e Ilo los valores de DQO son bajos 13172R Tumi (8 mg/L), 13172R Moque1 (9 mg/L), 13172R Moque2 (8 mg/L) y 13172R Rosmo1 (6 mg/L) cumplen con lo establecido por el ECA Agua Categoría 3. Estos valores son similares a los reportados en el MAP 1, 2 y 4, 13172R Tumi (2 - 5 mg/L), 13172R Moque1 (2 - 10 mg/L), 13172R Moque2 (4 - 9 mg/L) y 13172R Rosmo1 (0 - 17 mg/L). Los valores de DQO en las estaciones de monitoreo pueden deberse a presencia de material susceptible de oxidación como iones sulfuros, fluoruros, hierro u otros.

**Dureza Total**



**Gráfico 11.** Variación espacial del valor de la dureza de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

La dureza del agua se debe a la presencia de los cationes de calcio y de magnesio, así como sus aniones respectivos como los bicarbonatos, carbonatos y sulfatos.

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 gráfico 11, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña son blandas a medianamente duras. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (121.3 mg CaCO<sub>3</sub>/L) es medianamente dura, el valor es el esperado en la línea de base ambiental (60.8 - 126.5 mg CaCO<sub>3</sub>/L) en época de lluvia donde por procesos de escorrentía desde el suelo el material carbonatado ingresa al agua neutralizando la acidez del agua. Las estaciones VIZ-1 (42.4 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y VIZ-2 (46.2 mg CaCO<sub>3</sub>/L) presentan valores dureza clasificados como blandos, esta situación es similar a lo establecido por los MAP 3 y 4 para el VIZ-1 (35 - 102.9 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y la línea de base ambiental para el VIZ-2 (21.9 - 85.7 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

La dureza del agua en el río Chilota CHL-4 (30.7 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y CHL-8 (50.7 mg CaCO<sub>3</sub>/L) se clasifica como blanda, similar a lo obtenido en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (22.9 - 25.7 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (21.5 - 223.6 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

La dureza en el río Calasaya HUA-20 (57.2 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y las quebradas HAS-2 (32.1 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y HAS-3 (40.8 mg CaCO<sub>3</sub>/L) se clasifican como blanda, menor a lo obtenido en los MAP 3 y 4 HUA-20 (25.4 - 41.9 mg CaCO<sub>3</sub>/L), HAS-2 (31.9 - 33.5 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y HAS-3 (17.7 - 23 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

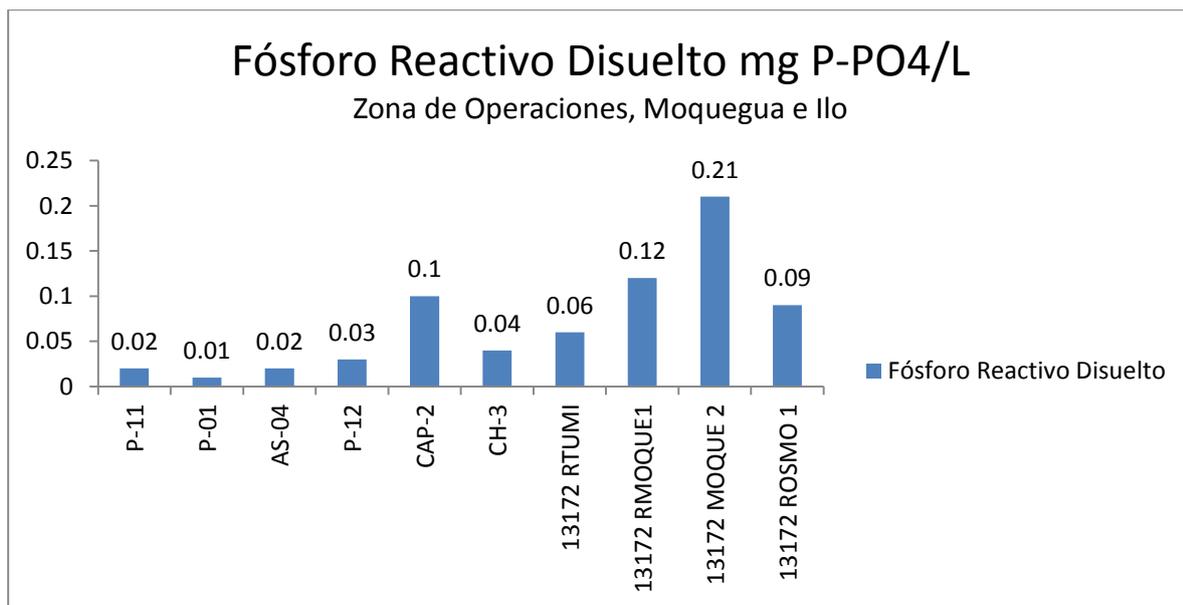
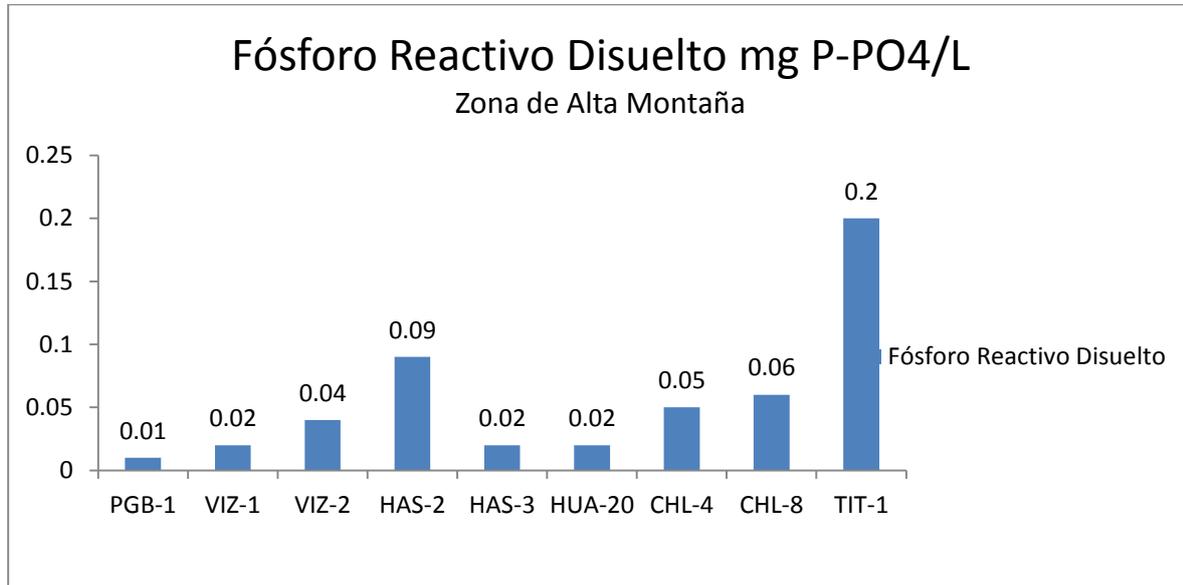
La dureza en la estación TIT-1 (131.4 mg CaCO<sub>3</sub>/L) es medianamente dura, el efecto de dilución de la lluvia disminuye el valor de dureza en época de lluvia, este valor es esperado en la línea de base ambiental (69.1 - 1051 mg CaCO<sub>3</sub>/L). En esta estación la dureza está asociada con contenidos moderados de sulfatos, calcio y magnesio.

La calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones P-11 (44.8 mg CaCO<sub>3</sub>/L), AS-4 (53 mg CaCO<sub>3</sub>/L), P-12 (55.8 mg/L) son blandas. Situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (76.9 mg CaCO<sub>3</sub>/L), río Charaque CH-3 (24.1 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y río Capillune CAP-2 (66.5 mg CaCO<sub>3</sub>/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (38.9 - 57.1 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (25.3 - 53.5 mg CaCO<sub>3</sub>/L), P-12 (34.6 - 70.7 mg/L) P-01 (62.5 - 126.5 mg CaCO<sub>3</sub>/L), CH-3 (12.1 - 37.5 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y CAP-2 (52.2 - 1141 mg CaCO<sub>3</sub>/L). En el caso de los ríos Asana P-11, AS-4, P-12, P-01 y CH-3 probablemente el ingreso de carbonatos de calcio y magnesio que son responsables de la dureza ingresan desde el suelo por escorrentía incrementando la dureza del agua en época de lluvia, en el caso del CAP-2 el efecto de la lluvia produce una dilución del contenido de carbonatos del agua que podrían provenir de fuentes de naturaleza termal.

En la zona de Moquegua e Ilo la dureza en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (77.9 mg CaCO<sub>3</sub>/L) es blanda, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (150 mg CaCO<sub>3</sub>/L) es medianamente dura,

13172RMoqu2 (218.3 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (288.4 mg CaCO<sub>3</sub>/L) la calidad es dura esto relacionado con contenidos elevados de sulfatos, calcio y magnesio, probablemente por el suelo en el valle que es de naturaleza bicarbonatada, carbonatada cálcica y magnésica según el estudio realizado por INRENA en el 2004. Los resultados del MAP 5 para las estaciones es menor a los encontrados en los MAP 1, 2 y 4, 13172Rtumi1 (108.3 – 119.8 mg CaCO<sub>3</sub>/L), 13172RMoqu1 (262.6 – 404.1 mg CaCO<sub>3</sub>/L), 13172RMoqu2 (555.6 – 920.3 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y 13172Rosmo1 (488.7 – 789.2 mg CaCO<sub>3</sub>/L), el efecto de las lluvias diluye la concentración de iones calcio y magnesio así como los de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos reduciendo la dureza en los ríos Tumulaca, Moquegua e Ilo.

**Fósforo Reactivo Disuelto**



**Gráfico 12.** Variación espacial de la concentración de fósforo reactivo total de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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 y vegetación en las estaciones se relaciona con la presencia de bajas cantidades de fósforo.

Como se observa en gráfico 12, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de fósforo reactivo disuelto ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) entre 0.01 a 0.2 mg de P- $\text{PO}_4$ /L. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.01 mg/L), VIZ-1 (0.02 mg/L) y VIZ-2 (0.04 mg/L) presentan bajos valores de fósforo, los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.018 – 0.138 mg/L), VIZ-1 (0.014 – 0.08 mg/L) y VIZ-2 (0.014 – 0.16 mg/L), en época de lluvia donde por dilución disminuye la concentración de fósforo.

El contenido de fósforo reactivo del agua en el río Chilota CHL-4 (0.05 mg /L) y CHL-8 (0.06 mg/L), son los esperados en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.011 – 0.09 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.02 – 0.54 mg /L).

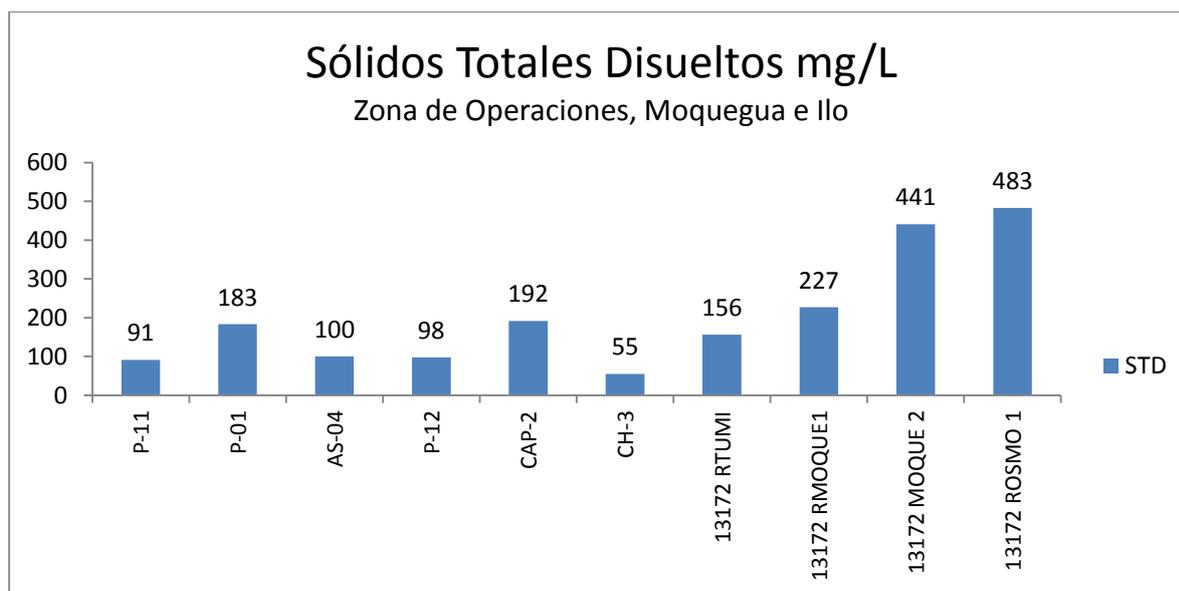
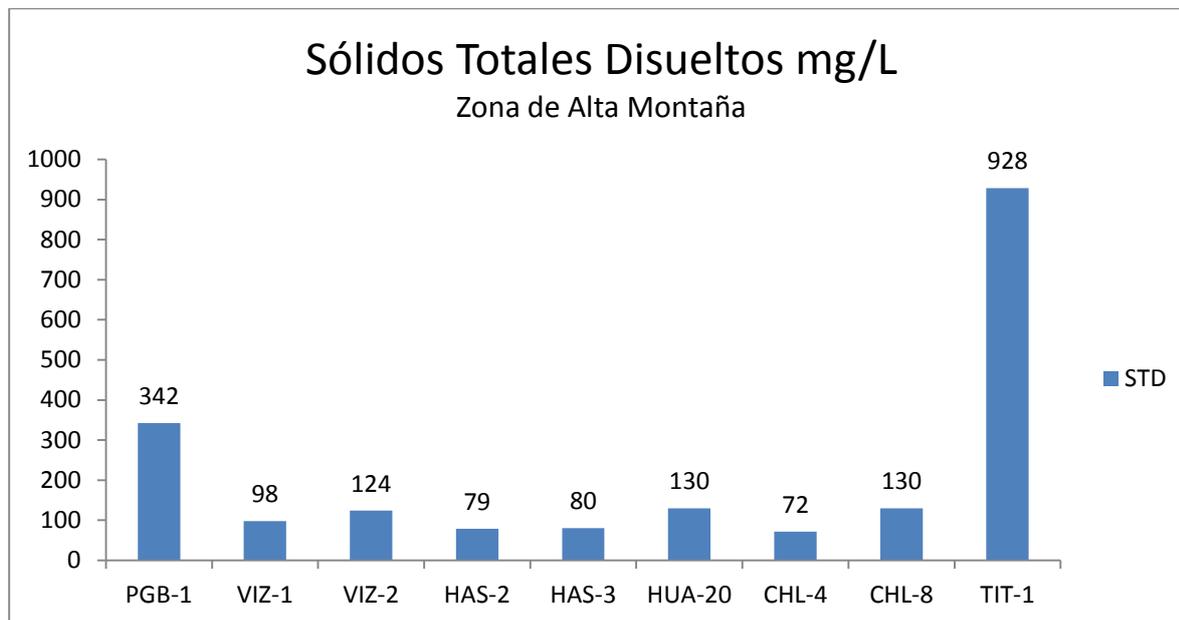
El contenido de fósforo reactivo en el río Calasaya HUA-20 (0.02 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.09 mg/L) y HAS-3 (0.02 mg /L) se encuentran en los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (0.03 – 0.102 mg /L), HAS-2 (0.089 – 0.28 mg/L) y HAS-3 (0.037 – 0.123 mg /L).

El contenido de fósforo en el río Titire en la estación TIT-1 (0.2 mg/L) es alto, el efecto de dilución de la lluvia disminuye el valor de fósforo en época de lluvia, este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.02 – 0.35 mg/L).

La calidad del agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.02 mg/L), AS-4 (0.02 mg/L), P-12 (0.03 mg/L) son bajos. Situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (0.01 mg/L), río Charaque CH-3 (0.04 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.005 – 0.068 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.02 – 0.025 mg/L), P-12 (0.02 – 0.05 mg/L), P-01 (0.01 – 0.02 mg/L), CH-3 (0.02 – 0.12 mg/L). El contenido de fósforo en el río Capillune CAP-2 (0.1 mg /L) se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base (0.02 – 0.123 mg/L). En el caso de los ríos Asana P-11, AS-4, P-12, quebrada Millune P-01 y río Charaque CH-3 la concentración de fósforo disminuye en época de lluvia. En el caso del CAP-2 el efecto de la lluvia puede arrastrar fósforo desde el material de suelo.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de fósforo en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.06 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.12 mg /L) es moderada, 13172RMoqu2 (0.21 mg/L) alta y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.09 mg/L) moderada esto relacionado con el ingreso de fósforo por escorrentía desde el suelo. Los resultados del MAP 5 para las estaciones es similar a los encontrados en los MAP 1, 2 y 4, 13172Rtumi1 (0.009 – 0.15 mg/L), 13172RMoqu1 (0.045 – 0.33 mg/L), 13172RMoqu2 (0.005 – 0.2 mg/L) y 13172Rosmo1 (0.005 – 0.042 mg/L), el efecto de las lluvias es variable con el contenido de la lluvias.

### Sólidos Totales Disueltos



**Gráfico 13.** Variación espacial del contenido de sólidos totales disueltos de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los sólidos totales disueltos, representan 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.

El contenido de sólidos totales disueltos se relaciona muy bien con el valor de la conductividad eléctrica.

Como se observa en gráfico 13, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de sólidos totales disueltos entre 72 a 928 mg/L, estos característicos de la época húmeda donde por lo general se presenta dilución de los STD. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (342 mg/L), VIZ-1 (98 mg/L) y VIZ-2 (124 mg/L) presentan bajos valores de STD, los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (235 - 478 mg/L), VIZ-1 (103 – 395 mg/L) y VIZ-2 (84 – 335 mg/L), en época de lluvia donde por dilución disminuye la concentración de STD. Los valores moderados en PGB-1 se asocian con valores moderados de cloruros, fluoruros, sulfatos, aluminio, boro, calcio, cobalto, litio, Manganeseo (alto), plomo, potasio y sodio.

El contenido de STD del agua en el río Chilota CHL-4 (72 mg /L) y CHL-8 (130 mg/L), son los esperados en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (56 – 80 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (87 – 859 mg /L), en esta caso los valores son característicos de época húmeda, la lluvia diluye el contenido de STD.

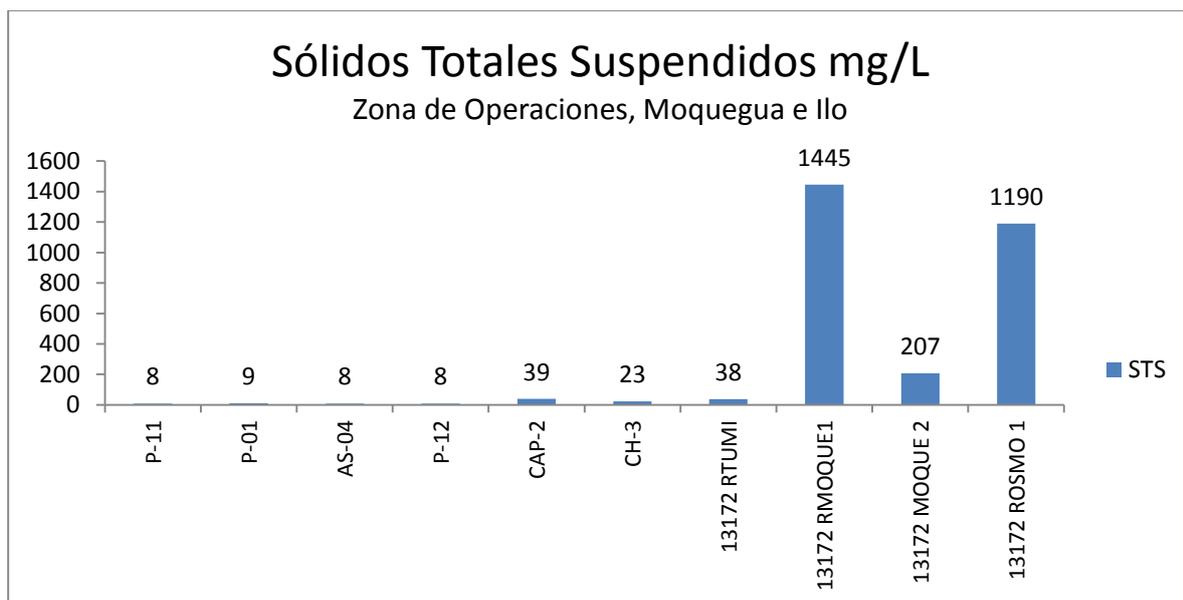
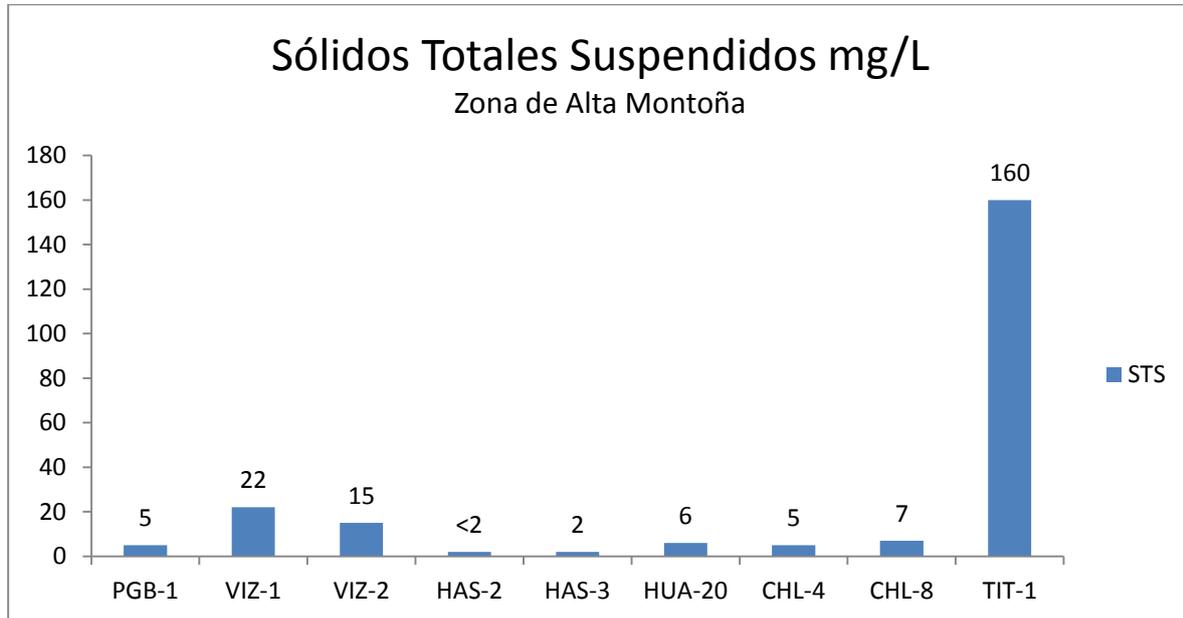
El contenido de STD en el río Calasaya HUA-20 (130 mg/L) y las quebradas HAS-2 (79 mg/L) y HAS-3 (80 mg /L) se encuentran en los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (115 – 124 mg /L), HAS-2 (81 – 94 mg/L) y HAS-3 (51 – 56 mg /L), en este último se observa la influencia de las lluvias por dilución de los STD.

El contenido de STD en el río Titire en la estación TIT-1 (928 mg/L) es alto, el efecto de dilución de la lluvia disminuye el valor de STD en época de lluvia, este valor es esperado en la línea de base ambiental (255 – 9362 mg/L).

Los STD en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (91 mg/L), AS-4 (100 mg/L), P-12 (98 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (183 mg/L), río Charaque CH-3 (55 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (95 – 107 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (53 – 164 mg/L), P-12 (72 – 153 mg/L), P-01 (160 – 425 mg/L), CH-3 (43 – 87 mg/L). El contenido de STD en el río Capillune CAP-2 (192 mg /L) se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base (175 – 3262 mg/L). En el caso de los ríos Asana P-11, AS-4, P-12, quebrada Millune P-01 y río Charaque CH-3 la concentración de STD disminuye en época de lluvia. En el caso del CAP-2 el efecto de la lluvia diluye los STD por incremento del caudal.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de STD en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (156 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (227 mg /L) es baja, 13172RMoqu2 (441 mg/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (483 mg/L) son moderadas esto relacionado con la dilución por incremento de caudal. Los resultados del MAP 5 para las estaciones es similar a los encontrados en los MAP 1, 2 y 4, 13172Rtumi1 (208 – 258 mg/L), 13172RMoqu1 (553 – 866 mg/L), 13172RMoqu2 (1154 – 2129 mg/L) y 13172Rosmo1 (1200 – 2049 mg/L), el efecto de las lluvias diluye la concentración de STD.

**Sólidos Totales Suspendidos**



**Gráfico 14.** Variación espacial del contenido de sólidos totales en suspensión de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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.

Como se observa en gráfico 14, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de sólidos totales suspendidos entre <2 a 160 mg/L, estos característicos de la época húmeda donde pueden presentarse desprendimientos de material de suelo. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (5 mg/L), VIZ-1 (22 mg/L) y VIZ-2 (15 mg/L) presentan valores altos de STS, los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (2 - 15 mg/L), VIZ-1 (1 - 5 mg/L) y VIZ-2 (2 - 180 mg/L), en época de lluvia puede existir desprendimientos de material de suelo que incrementan los STS. Los valores moderados en VIZ-1 y VIZ-2 se asocian con valores moderados de aluminio y hierro presente en las arcillas del material de suelo.

El contenido de STS del agua en el río Chilota CHL-4 (5 mg /L) y CHL-8 (7 mg/L), son bajos y los esperados en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (1 - 9 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (2 - 269 mg /L), en esta caso los valores son característicos de época húmeda, la lluvia diluye el contenido de STS, no existe mayores desprendimientos de material de suelo.

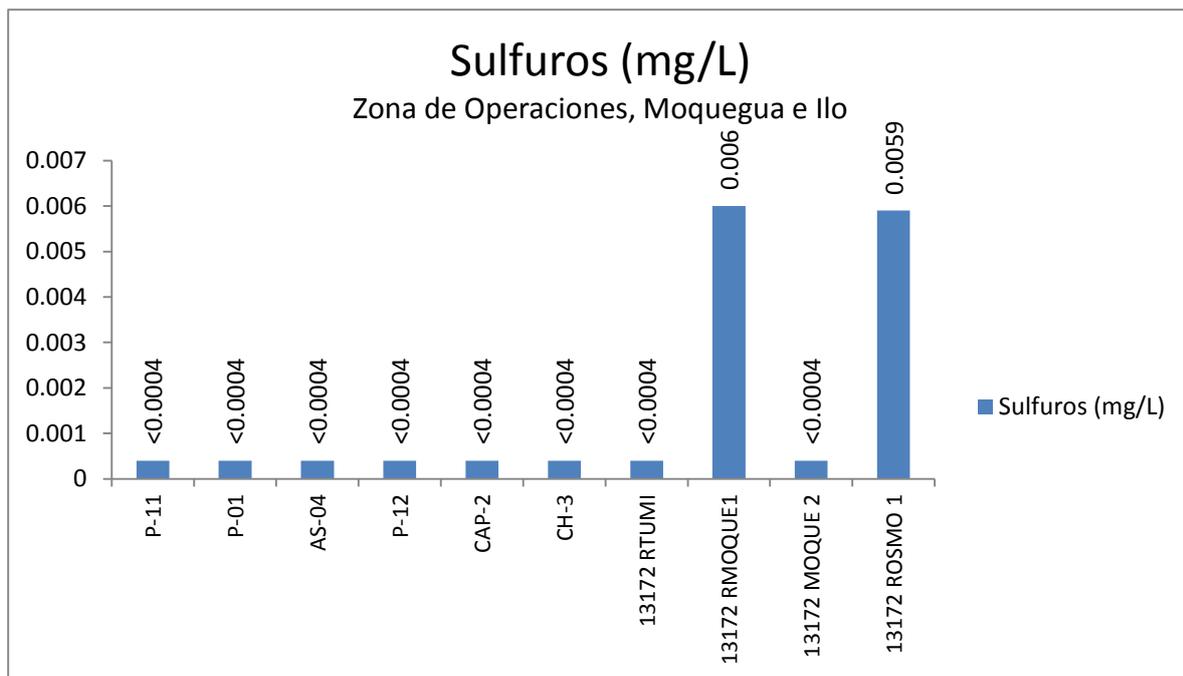
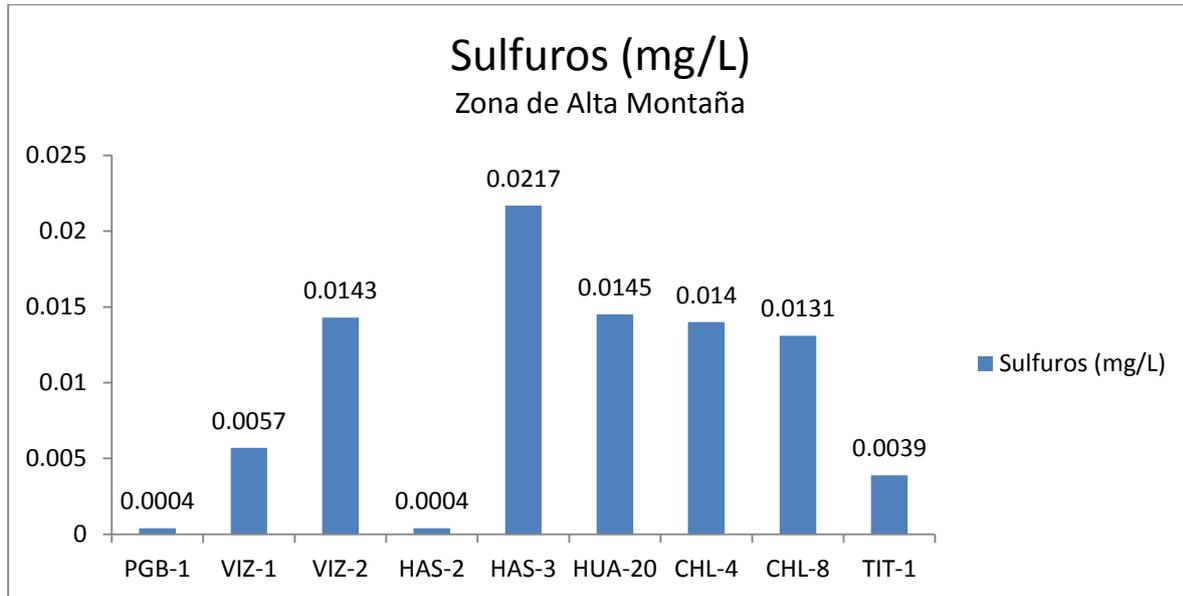
El contenido de STS en el río Calasaya HUA-20 (6 mg/L) y las quebradas HAS-2 (<2 mg/L) y HAS-3 (2 mg /L) se encuentran en los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (1 - 2 mg /L), HAS-2 (1 - 3 mg/L) y HAS-3 (2 - 3 mg /L), en el caso del HUA-20 se observa la influencia de las lluvias por incremento de STS.

El contenido de STS en el río Titire en la estación TIT-1 (160 mg/L) es alto debido al efecto de ingreso de material de suelo o desprendimientos de suelo, este valor es esperado en la línea de base ambiental (2 - 283 mg/L). Estos valores se asocian a valores altos de hierro y aluminio componentes importantes del material de suelo.

Los STS en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (8 mg/L), AS-4 (8 mg/L), P-12 (8 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (9 mg/L), río Charaque CH-3 (23 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (2 - 12 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (2 - 78 mg/L), P-12 (2 - 113 mg/L), P-01 (2 - 350 mg/L), CH-3 (2 - 639 mg/L). El contenido de STS en el río Capillune CAP-2 (39 mg /L) se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base (2 - 1064 mg/L). Los ríos Asana P-11, AS-4, P-12, quebrada Millune P-01, río Charaque CH-3 y río Capillune CAP-02 la concentración de STS no está influenciada por desprendimientos de material de suelo o escorrentías.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de STS en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (38 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (1445 mg /L) es alta, el ingreso de otros cuerpos de agua incrementan el contenido de STS. La estación 13172RMoqu2 (207 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (1190 mg/L) probablemente el ingreso de otros cuerpos de agua como agua de quebradas influyen en el contenido de STS. Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estación 13172Rtumi1 (3 - 107 mg/L) es similar, para la estación 13172RMoqu1 (553 - 866 mg/L) es muy superior, para la estación 13172RMoqu2 (1154 - 2129 mg/L) es menor y para la estación 13172Rosmo1 (1200 - 2049 mg/L) está dentro de lo esperado, el efecto de las lluvias incrementa el contenido de STS por escorrentías desde el suelo y por ingreso de suelo desprendido, esto se relaciona con los contenidos altos de hierro y aluminio.

## Sulfuros



**Gráfico 15.** Variación espacial del contenido de sulfuros de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

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.

Como se observa en gráfico 15, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de sulfuros entre 0.0004 y 0.0217 mg/L. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.0004 mg/L), VIZ-1 (0.0057 mg/L) y VIZ-2 (0.0143 mg/L) presentan valores moderados de sulfuros estos valores se deben a la influencia de los afluyentes como el Chilota, Calasaya y la quebrada HAS-3, los valores son superiores a los esperados en los MAP 3 y 4, PGB-1 (<0.0004 mg/L), VIZ-1 (<0.0004 mg/L) y VIZ-2 (<0.0004 – 0.004 mg/L), en época de lluvia puede existir ingreso de material de suelo por escorrentías que elevan la concentración de sulfuros.

El contenido de sulfuros del agua en el río Chilota CHL-4 (0.014 mg /L) y CHL-8 (0.0131 mg/L), son moderados y superiores a los esperados en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (<0.0004 mg/L) y para el CHL-8 (<0.0004 mg /L), la lluvia por escorrentías permiten el ingreso de material de suelo con sulfuros.

El contenido de sulfuros en el río Calasaya HUA-20 (0.0145 mg/L) y las quebradas HAS-2 (<0.0004 mg/L) y HAS-3 (0.0217 mg /L) son superiores a los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (<0.0004 mg /L), HAS-2 (<0.0004 mg/L) y HAS-3 (<0.0004 – 0.002 mg /L), el HAS-3 presenta una fuente importante de sulfuros en la cuenca del Vizcachas.

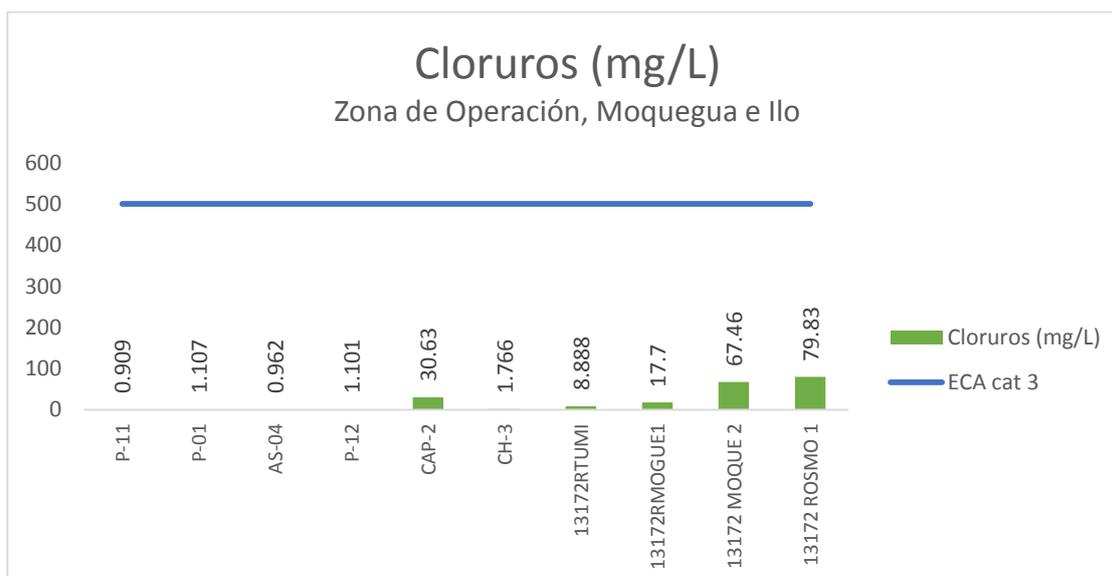
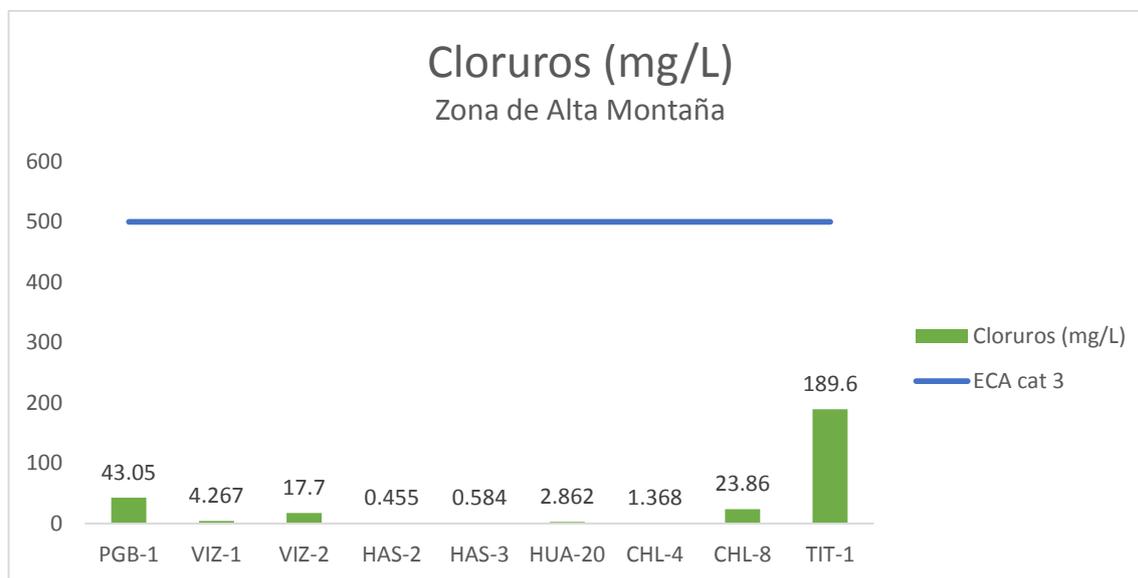
El contenido de sulfuros en el río Titire en la estación TIT-1 (0.0039 mg/L) es moderado debido al efecto de ingreso de material de suelo o desprendimientos de suelo, este valor es esperado en la línea de base ambiental (<0.0004 – 0.025 mg/L). Estos valores se asocian a valores altos de hierro y aluminio componentes importantes del material de suelo.

Los sulfuros en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (<0.0004 mg/L), AS-4 (<0.0004 mg/L), P-12 (<0.0004 mg/L), quebrada Millune P-01 (<0.0004 mg/L), río Charaque CH-3 (<0.0004 mg/L) no han sido detectados, estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (<0.0004 – 0.006 mg/L), P-11 (<0.0004 mg/L), P-12 (<0.0004 – 0.012 mg/L), P-01 (<0.0004 – 0.004 mg/L), CH-3 (<0.0004 – 0.01 mg/L). El contenido de sulfuro en el río Capillune CAP-2 (<0.0004 mg /L) se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base (<0.0004 – 0.013 mg/L). Los ríos Asana P-11, AS-4, P-12, quebrada Millune P-01, río Charaque CH-3 y río Capillune CAP-02 la concentración de sulfuros no está influenciada por desprendimientos de material de suelo o escorrentías.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de sulfuros en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (<0.0004 mg/L) no ha sido detectada, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.006 mg /L) es moderada, el ingreso de otros cuerpos de agua incrementan el contenido de sulfuros. La estación 13172RMoqu2 (<0.0004 mg/L) no ha sido detectado y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0,0059 mg/L) probablemente el ingreso de otros cuerpos de agua como agua de quebradas influyen en el contenido de sulfuros. Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para la estación 13172Rtumi1 (<0.0004 – 0.011 mg/L) es similar, para la estación 13172RMoqu1 (<0.0004 – 0.014 mg/L) es similar, para la estación 13172RMoqu2 (<0.0004 – 0.005 mg/L) es similar y para la estación 13172Rosmo1 (<0.0004 – 0.006 mg/L) está dentro de lo esperado, el efecto de las lluvias incrementa el contenido de sulfuros por escorrentías desde el suelo y por ingreso de suelo desprendido, esto se relaciona con los contenidos altos de hierro y aluminio.

## ANIONES

### Cloruros



**Gráfico 16.** Variación espacial del contenido de cloruros de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los cloruros se encuentran en los suelos de Moquegua juntamente con los aluminosilicatos y sulfatos, se encuentra asociados 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 de 500 mg/L.

Como se observa en gráfico 16, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de cloruros entre 0.548 a 189.6 mg/L, estos característicos de la época

húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (43.05 mg/L), VIZ-1 (4.267 mg/L) y VIZ-2 (17.7 mg/L) presentan valores altos de cloruros, los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (31.9 – 96.6 mg/L), VIZ-1 (4.028 – 59.37 mg/L) y VIZ-2 (8.862 – 61.91 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de cloruros disminuyen por dilución.

El contenido de cloruros del agua en el río Chilota CHL-4 (1.368 mg /L) y CHL-8 (23.86 mg/L), son bajos y los esperados en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.957 – 1.505 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (8.705 – 312.2 mg /L), en esta caso los valores son característicos de época húmeda, la lluvia diluye el contenido de cloruros.

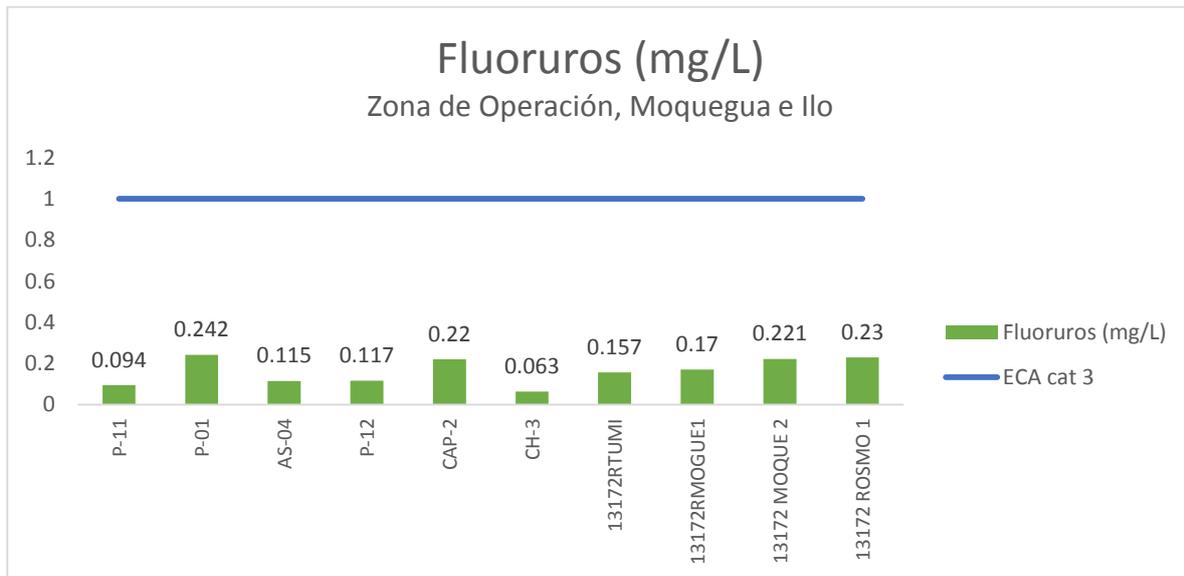
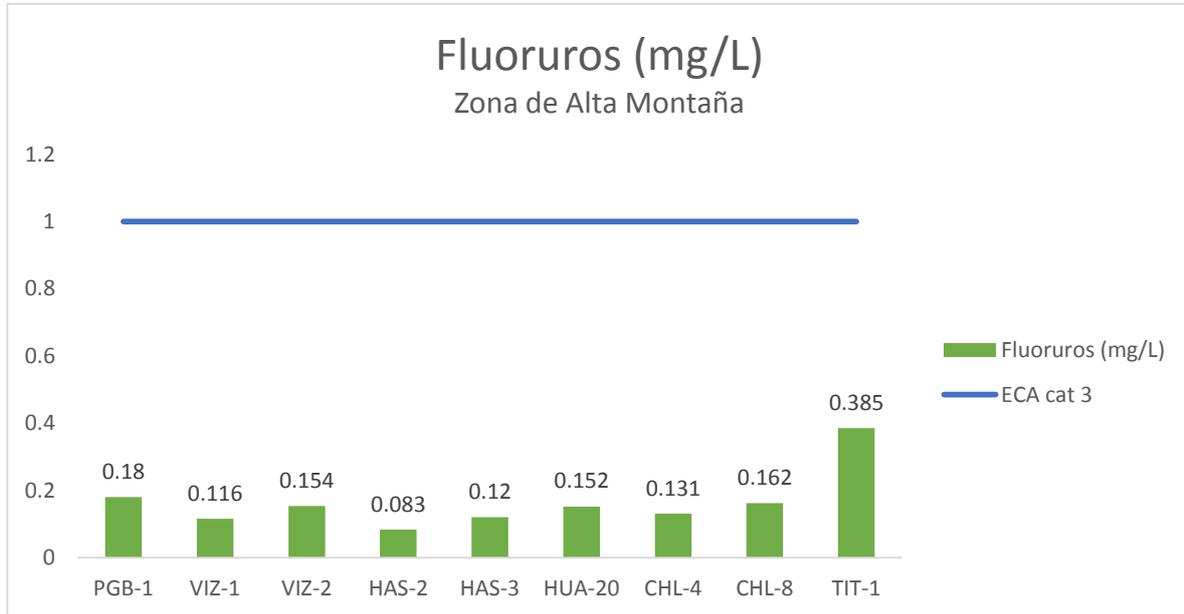
El contenido de cloruros en el río Calasaya HUA-20 (2.862 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.455 mg/L) y HAS-3 (0.485 mg /L) se encuentran en los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (4.229 – 10.925 mg /L), HAS-2 (0.484 – 0.846 mg/L) y HAS-3 (0.399 – 0.765 mg /L), se observa una ligera influencia en la dilución por efecto de lluvias.

El contenido de cloruros en el río Titire en la estación TIT-1 (189.6 mg/L) es bajo debido al efecto de ingreso de material de suelo o desprendimientos de suelo, este valor es esperado en la línea de base ambiental (48.03 – 4695 mg/L), se observa dilución del contenido de cloruros en época húmeda por efecto de las lluvias. El contenido de cloruros está directa relacionado con el valor de la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos en esta estación.

Los cloruros en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.909 mg/L), AS-4 (0.962 mg/L), P-12 (1.101 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (1.107 mg/L), río Charaque CH-3 (1.766 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.652 – 0.807 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.596 – 1.494 mg/L), P-12 (0.72 – 2.916 mg/L), P-01 (0.729 – 2.699 mg/L), CH-3 (0.991 – 3.07 mg/L). El contenido de cloruros en el río Capillune CAP-2 (30.63 mg /L) se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base (24.63 – 833.3 mg/L), se observa una dilución del contenido de cloruros por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de cloruros en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (8.888 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (17.7 mg /L) es baja, el ingreso de otros cuerpos de agua diluyen la concentración de cloruros. La estación 13172RMoqu2 (67.46 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (79.83 mg/L) es baja probablemente el ingreso de otros cuerpos de agua como agua de quebradas influyen en el contenido de cloruros. Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estación 13172Rtumi1 (12.08 – 15.57 mg/L) es menor, para la estación 13172RMoqu1 (72.32 – 150 mg/L) es menor, para la estación 13172RMoqu2 (250.8 – 470.4 mg/L) es menor y para la estación 13172Rosmo1 (263.2 – 447.7 mg/L) es menor, el efecto de las lluvias diluye la concentración de cloruros, que se relaciona con el descenso de la conductividad eléctrica, sólidos disueltos entre otros parámetros.

## Fluoruro



**Gráfico 17.** Variación espacial del contenido de fluoruros de las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Las fuentes naturales de fluoruro en el agua son las escorrentías de rocas erosionadas que contienen fluor o lixiviación del suelo a través del ingreso de aguas subterráneas. La lixiviación de rocas ígneas alcalinas, dolomita, fosforita y vidrios volcánicos resultan en grandes concentraciones en el agua. En el agua los fluoruros están fuertemente ligados con el aluminio principalmente a valores bajos de pH < 5. Los fluoruros también pueden formar complejos con el Calcio y Magnesio pudiendo ser removidos por precipitación con los carbonatos. El exceso de fluoruros en el agua puede ocasionar fluorosis oseo o

dental, también puede ocasionar daño a nivel del tejido hepático. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 1 mg/L.

Como se observa en gráfico 17, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de fluoruros entre 0.083 a 0.385 mg/L, estos característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.18 mg/L), VIZ-1 (0.116 mg/L) y VIZ-2 (0.154 mg/L) presentan valores altos de fluoruros, los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.002 – 0.481 mg/L), VIZ-1 (0.083 – 0.175 mg/L) y VIZ-2 (0.038 – 2.136 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de fluoruros disminuyen por dilución.

El contenido de fluoruros del agua en el río Chilota CHL-4 (0.131 mg /L) y CHL-8 (0.162 mg/L), son altos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.068 – 0.103 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.04 – 0.184 mg /L), en esta caso los valores son característicos de época húmeda, por escorrentía desde el suelo la concentración de fluor se incrementa.

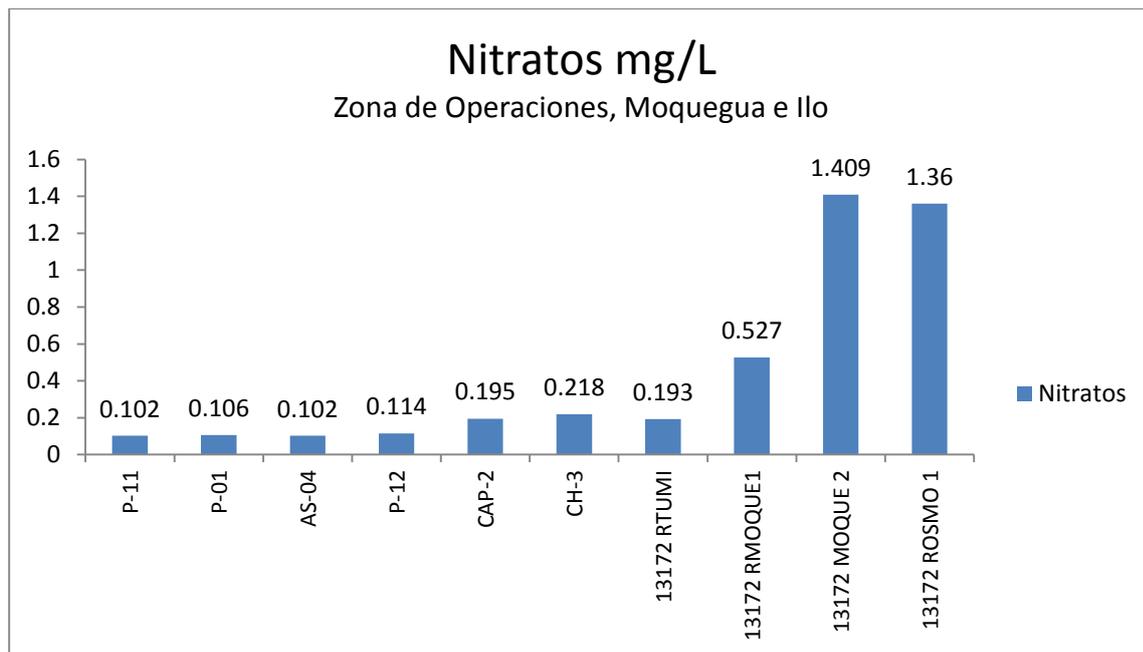
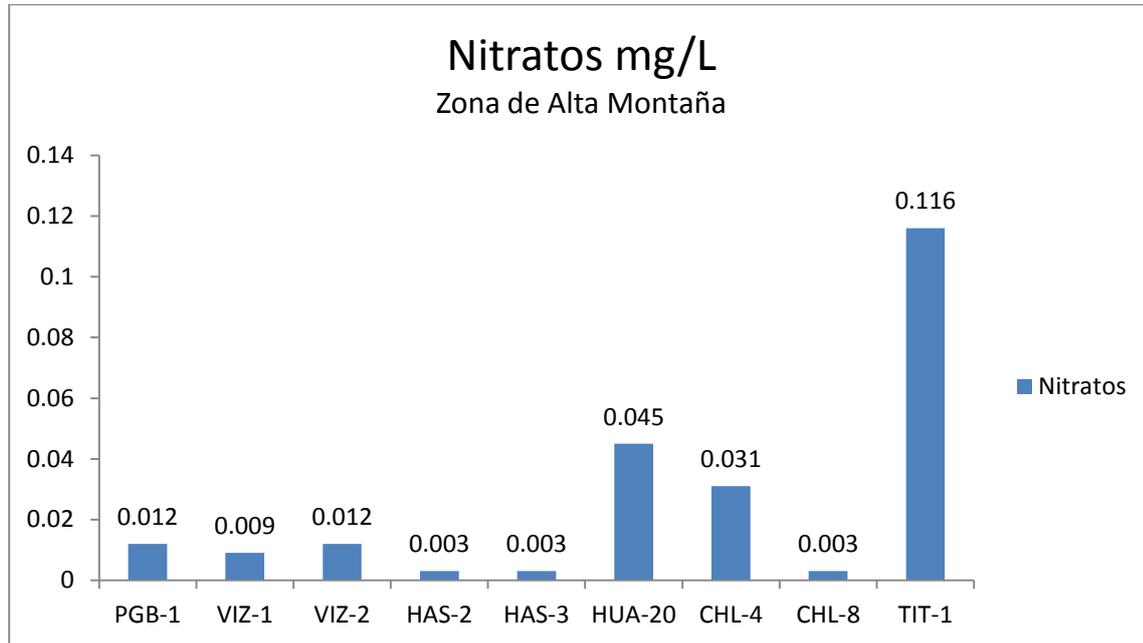
El contenido de fluoruros en el río Calasaya HUA-20 (0.152 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.083 mg/L) y HAS-3 (0.120 mg /L) se encuentran en los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (0.099 – 0.198 mg /L), HAS-2 (0.037 – 0.079 mg/L) y HAS-3 (0.097 – 0.053 mg /L), se observa una ligera influencia de escorrentías por efecto de lluvias.

El contenido de fluoruros en el río Titire en la estación TIT-1 (0.385 mg/L) es bajo debido al efecto de ingreso de material de suelo o desprendimientos de suelo, este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.002 – 1.956 mg/L), se observa dilución del contenido de fluoruros en época húmeda por efecto de las lluvias.

Los fluoruros en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.094 mg/L), AS-4 (0.115 mg/L), P-12 (0.117 mg/L) son altos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (0.242 mg/L), río Charaque CH-3 (0.063 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.073 – 0.126 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.022 – 0.106 mg/L), P-12 (0.036 – 0.138 mg/L), P-01 (0.111 – 0.452 mg/L), CH-3 (0.027 – 0.084 mg/L). El contenido de fluoruros en el río Capillune CAP-2 (0.22 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base (0.111 – 2.691 mg/L), se observa una dilución del contenido de fluoruros por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de fluoruros en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.157 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.17 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (0.221 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.23 mg/L) es baja probablemente el efecto de las lluvias diluyen la concentración de fluor. Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estación 13172Rtumi1 (0.123 – 0.198 mg/L) están dentro de lo esperado, para la estación 13172RMoqu1 (0.204 – 0.322 mg/L) es menor, para la estación 13172RMoqu2 (0.186 – 0.34 mg/L) están dentro de lo esperado y para la estación 13172Rosmo1 (ND – 0.295 mg/L) están dentro de lo esperado, el efecto de las lluvias diluye la concentración de fluoruros.

**Nitratos**



**Gráfico 18.** Variación espacial del contenido de nitratos de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los nitratos se forman a partir de la descomposición de materia orgánica nitrogenada como aminoácidos y proteínas que son liberados en las aguas residuales domésticas, que se degradan por acción de los microorganismos formando en primer lugar nitrógeno amoniacal, nitritos y como producto final de la oxidación los nitratos. Otra fuente adicional de nitratos es el ingreso desde el suelo en forma

de fertilizantes nitrogenados. El exceso de nitratos en el agua de consumo puede provocar la metahemoglobinemia. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 100 mg/L para la suma de nitratos y nitritos, para nitritos fija un valor de 10 mg/L. En el presente informe solo se interpreta el contenido de nitratos debido a que los nitritos no han sido detectados

Como se observa en gráfico 18, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de nitratos entre 0.003 a 0.116 mg/L, estos característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.012 mg/L), VIZ-1 (0.009 mg/L) y VIZ-2 (0.012 mg/L) presentan valores bajos de nitratos, los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.003 – 0.375 mg/L), VIZ-1 (<0.003 – 0.129 mg/L) y VIZ-2 (0.003 – 0.185 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de nitratos disminuyen por dilución.

El contenido de nitratos del agua en el río Chilota CHL-4 (0.031 mg/L) y CHL-8 (0.003 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (<0.007 – 0.042 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (<0.003 – 0.156 mg/L), en el caso del CHL-4 se observa una dilución del contenido de nitratos por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua.

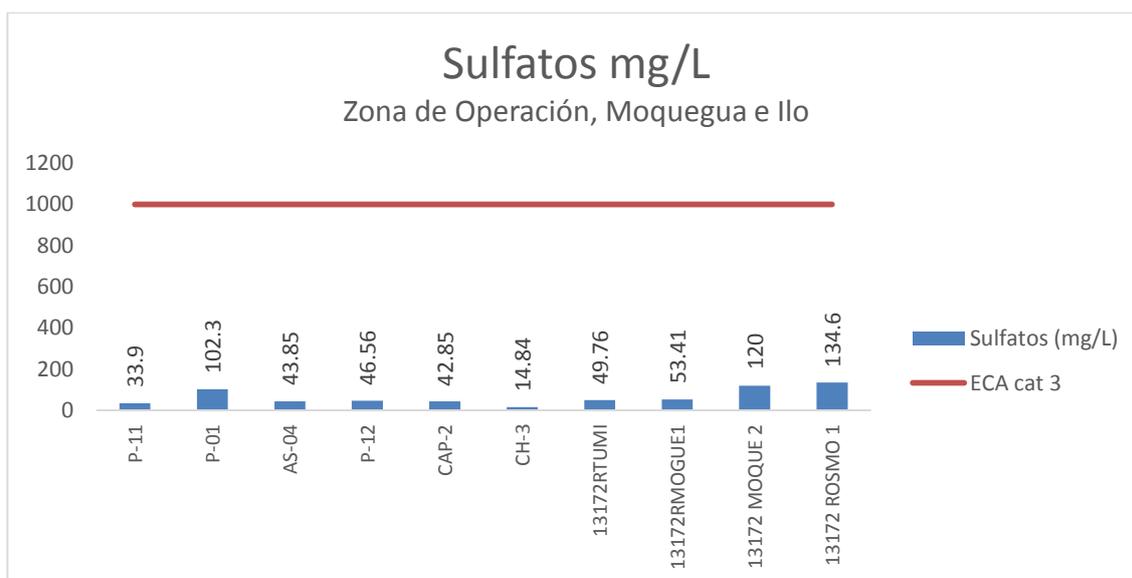
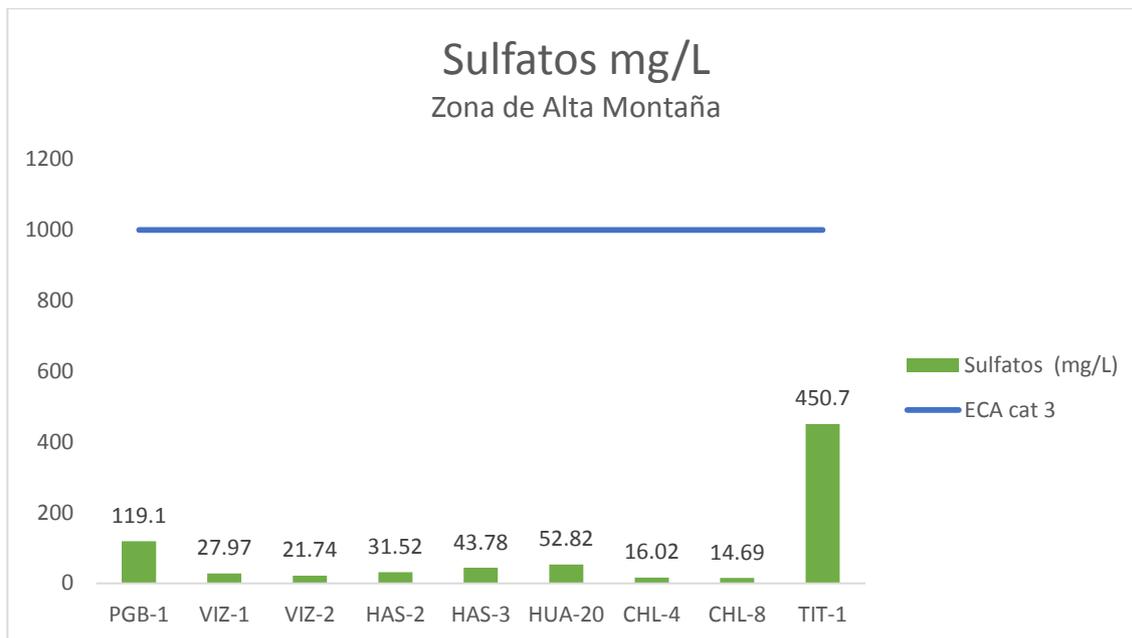
El contenido de nitratos en el río Calasaya HUA-20 (0.045 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.003 mg/L) y HAS-3 (0.003 mg/L) se encuentran en los rangos esperados en los MAP 3 y 4 HUA-20 (<0.003 – 0.008 mg/L), HAS-2 (0.008 – 0.137 mg/L) y HAS-3 (<0.003 mg/L), se observa una ligera dilución por efecto de lluvias en la estación HAS-2 y HAS-3.

El contenido de nitratos en el río Titire en la estación TIT-1 (0.116 mg/L), este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.068 – 0.972 mg/L), se observa dilución del contenido de nitratos en época húmeda por efecto de las lluvias.

Los nitratos en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.102 mg/L), AS-4 (0.102 mg/L), P-12 (0.114 mg/L) son moderados, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (0.106 mg/L), río Charaque CH-3 (0.218 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.014 – 0.046 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.003 – 0.169 mg/L), P-12 (0.003 – 0.131 mg/L), P-01 (0.007 – 0.269 mg/L), CH-3 (0.003 – 0.357 mg/L). El contenido de nitratos en el río Capillune CAP-2 (0.195 mg/L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.003 – 1.417 mg/L), se observa una dilución del contenido de nitratos por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de nitratos en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.193 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.527 mg/L), la estación 13172RMoqu2 (1.409 mg/L) es alta y en el río Osmore 13172Rosmo1 (1.36 mg/L) es alta. Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estación 13172Rtumi1 (0.045 – 0.182 mg/L) están dentro de lo esperado, para la estación 13172RMoqu1 (2.120 – 4.954 mg/L) es menor, para la estación 13172RMoqu2 (1.461 – 3.761 mg/L) están dentro de lo esperado, para la estación y para la estación 13172Rosmo1 (ND – 1.312 mg/L) están dentro de lo esperado, el efecto de las lluvias no tiene mayor influencia en la concentración de nitratos para estas estaciones.

## Sulfatos



**Gráfico 19.** Variación espacial del contenido de sulfatos en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los sulfatos en el agua pueden provenir de la oxidación de minerales sulfurados como los sulfuros de aluminio y hierro, que por la acción del oxígeno del aire liberan el aluminio y hierro generando sulfatos en forma de ácido sulfúrico que baja drásticamente el valor del pH. De otro lado los sulfatos pueden provenir de la disolución de sulfatos de sodio, calcio, magnesio entre otras sales solubles. Los sulfatos en las zonas de estudio 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 1000 mg/L.

Como se observa en gráfico 19, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de sulfatos entre 14.69 a 450.7 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (119.1 mg/L), VIZ-1 (27.97 mg/L) y VIZ-2 (21.74 mg/L) presentan valores bajos de sulfatos que disminuyen con el incremento del caudal por efectos de dilución, estos los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (38.41 – 191.1 mg/L), VIZ-1 (24.79 – 136.42 mg/L) y VIZ-2 (7.542 – 133.6 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de sulfatos disminuyen por dilución.

El contenido de sulfatos del agua en el río Chilota CHL-4 (16.02 mg /L) y CHL-8 (14.69 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (14.55 – 18.94 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (6.79 – 51.26 mg /L), en el caso del CHL-8 se observa una dilución del contenido de sulfatos por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua.

El contenido de sulfatos en el río Calasaya HUA-20 (52.82 mg/L) y las quebradas HAS-2 (31.52 mg/L) y HAS-3 (43.78 mg /L) se mayores a los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (19.66 – 31.71 mg /L), en el rango para HAS-2 (31.26 – 40.06 mg/L) y mayores para HAS-3 (12.77 – 25.7mg /L), se observa ingreso por escorrentias desde el suelo por efecto de lluvias en la estación HUA-20 y HAS-3.

El contenido de sulfatos en el río Titire en la estación TIT-1 (450.7 mg/L), este valor es esperado en la línea de base ambiental (63.93 – 1006 mg/L), se observa dilución del contenido de sulfatos en época húmeda por efecto de las lluvias.

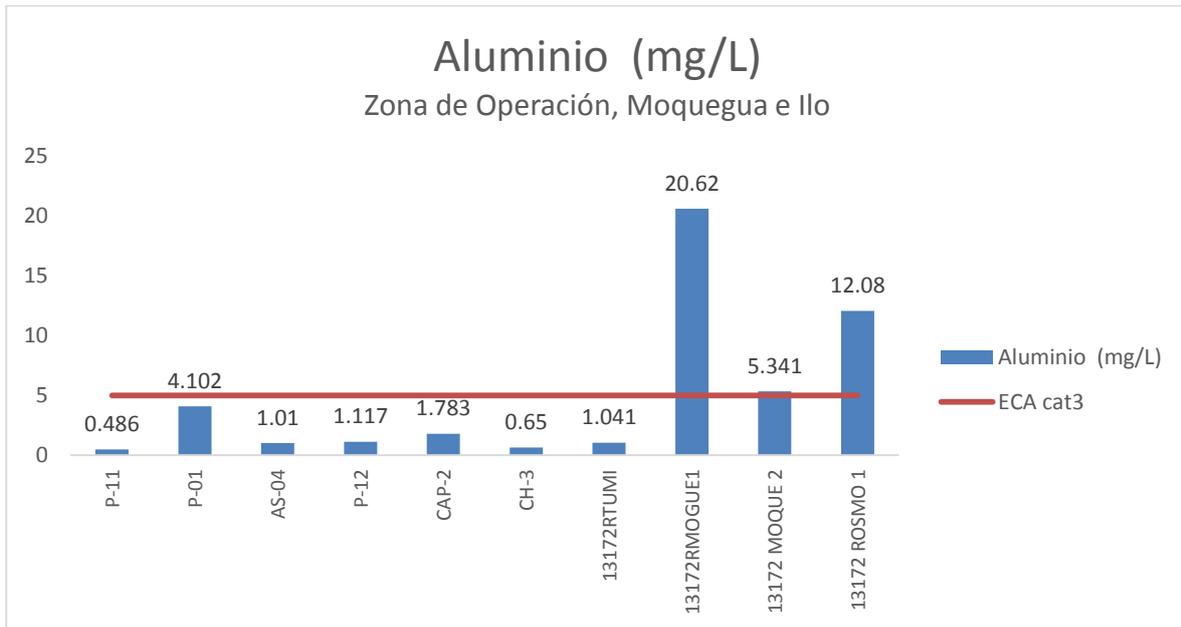
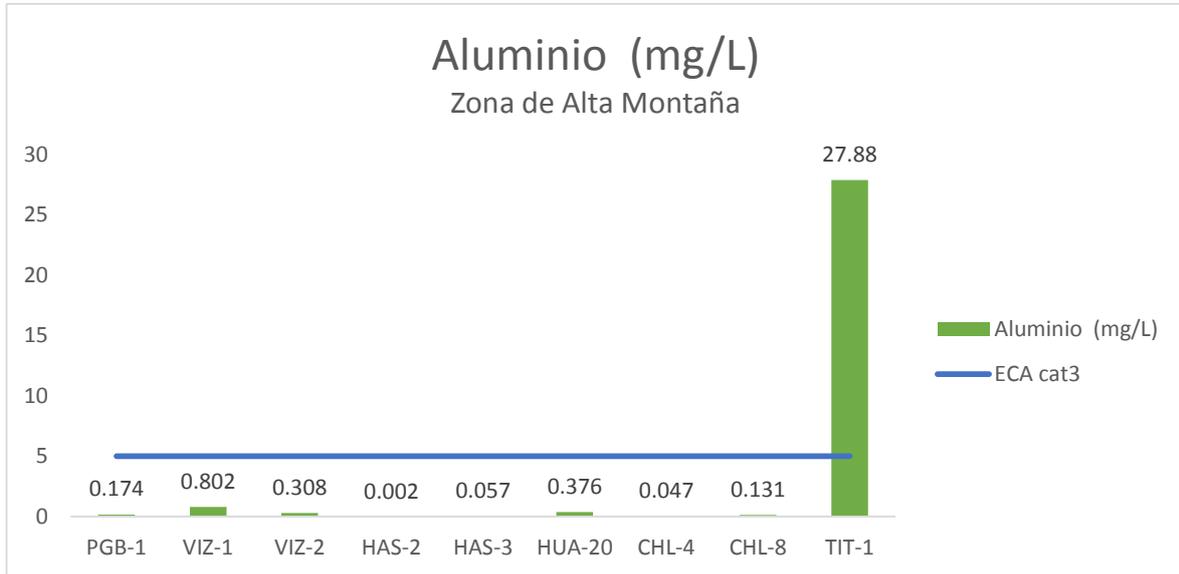
Como se observa en gráfico 19, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de sulfatos entre 14.84 a 134.7 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

Los sulfatos en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (33.9 mg/L), AS-4 (43.85 mg/L), P-12 (46.56 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (102.3 mg/L), río Charaque CH-3 (14.84 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (39.43 – 59.36 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (21.23 – 49.1 mg/L), P-12 (30.33 – 68.05 mg/L), P-01 (98.21 – 238.9 mg/L), CH-3 (11.51 – 19.43 mg/L). El contenido de sulfatos en el río Capillune CAP-2 (42.85 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (36.39 – 978.3 mg/L), se observa una dilución del contenido de sulfatos por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de sulfatos en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (49.76 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (53.41 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (120 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (134.6 mg/L) es baja. Los resultados del MAP 5 son bajos en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estaciones 13172Rtumi1 (72.35 – 75.87 mg/L), 13172RMoqu1 (160.1 – 280.9 mg/L), 13172RMoqu2 (358.7 – 603.3 mg/L) y 13172Rosmo1 (370.6 – 554.1 mg/L), el incremento del caudal por efecto de las lluvias diluye la concentración de sulfatos en estas estaciones.

**METALES**

**Aluminio**



**Gráfico 20.** Variación espacial del contenido de Aluminio en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El aluminio se presenta en agua natural como resultado de la meteorización de rocas que contienen aluminio como la gibbsita  $Al(OH)_3$ . La presencia de acidificación del agua es una respuesta geoquímica de la movilización del aluminio de la superficie terrestre a los ambientes acuáticos. Esta movilización esta frecuentemente asociado con eventos de fundición de hielo de los nevados o procesos de erosión de suelos. El Aluminio disuelto tiene estado de oxidación  $3+$  que forma un acuo complejo capaz de liberar iones hidronio que reducen el valor del pH. La presencia de iones sulfatos y fluoruros permite la formación de complejos de aluminio que regulan su solubilidad. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 5 mg/L.

Como se observa en gráfico 20, la calidad del agua en las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 presentan concentraciones de aluminio entre 0.002 a 0.802 mg/L, cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.174 mg/L), VIZ-1 (0.802 mg/L) y VIZ-2 (0.308 mg/L) presentan valores bajos de aluminio, estos los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.001 – 6.69 mg/L), VIZ-1 (0.0523 – 4.83 mg/L) y VIZ-2 (0.001 – 6.444 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de aluminio disminuyen por dilución, no se presenta aporte por escorrentías o desprendimientos.

El contenido de aluminio del agua en el río Chilota CHL-4 (0.047 mg /L) y CHL-8 (0.131 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (<0.02 – 0.0522 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.001 – 6.858 mg /L), en el caso del CHL-8 se observa una dilución del contenido de aluminio por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua.

El contenido de aluminio en el río Calasaya HUA-20 (0.376 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.002 mg/L) y HAS-3 (0.057 mg /L) son mayores a los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (0.039 – 0.0482 mg /L), en el rango para HAS-2 (<0.02 – 0.05 mg/L) y mayores para HAS-3 (<0.02 – 0.0513 mg /L), se observa ingreso por escorrentias desde el suelo por efecto de lluvias en la estación HUA-20 y HAS-3.

El contenido de aluminio en el río Titire en la estación TIT-1 (27.88 mg/L) supera lo establecido por el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, este valor es superior a lo esperado en la línea de base ambiental (0.343– 26.89 mg/L), se observa ingreso de aluminio en época húmeda por efecto de las escorrentías desde el suelo generadas en épocas de lluvias o probables desprendimientos de suelo.

Como se observa en gráfico 20, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, presentan concentraciones de aluminio entre 0.486 a 4.102 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego.

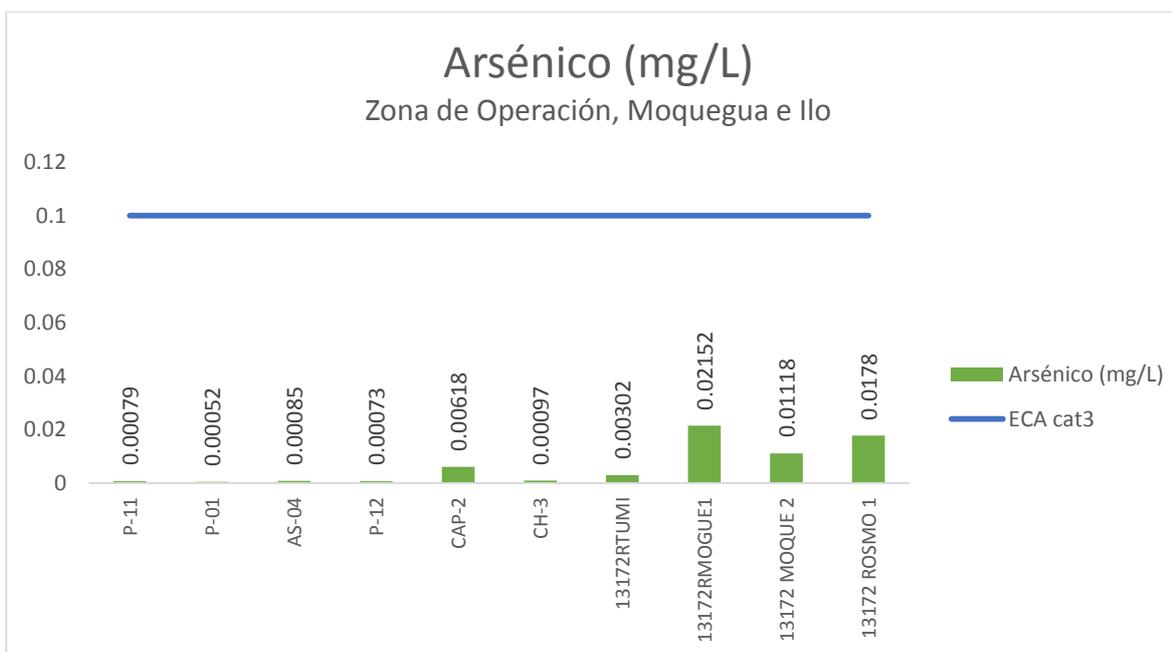
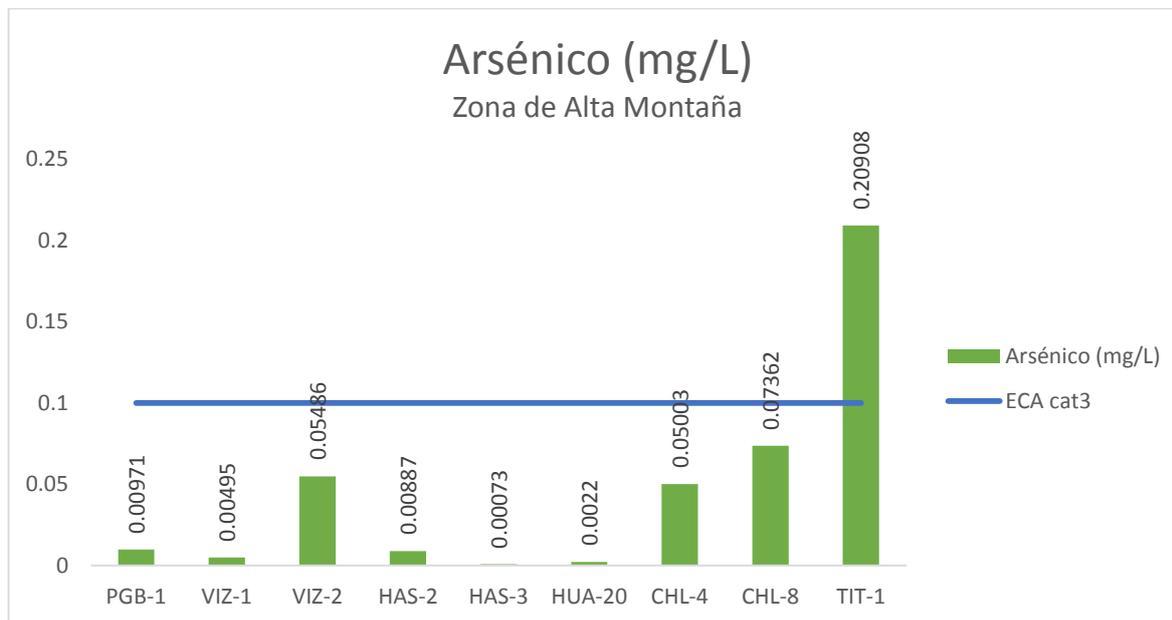
La concentración de aluminio en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.486 mg/L), AS-4 (1.01 mg/L), P-12 (1.117 mg/L) son bajos, situación similar sucede en el río Charaque CH-3 (0.65 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.966 – 2.415 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.001 – 2.102 mg/L), P-12 (0.001 – 5.636 mg/L), CH-3 (0.001 – 12.49 mg/L). En el caso de la concentración de aluminio de la estación en la quebrada Millune P-01 (4.102 mg/L) es baja por la dilución por efecto de lluvias, esta concentración de aluminio es menor al esperado en línea base para las estaciones P-01 (5.384 – 22.97 mg/L).

El contenido de aluminio en el río Capillune CAP-2 (1.783 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.001 – 13.84 mg/L), se observa una dilución del contenido de aluminio por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo las concentraciones de aluminio se encuentran entre 1.041 y 20.62 mg/L, las estaciones 13172RMoqu1, 13172RMoqu2, 13172ROsmo1 superan lo establecido por los ECA Agua Categoría 3 agua de riego estos resultados son característicos de la época húmeda donde escorrentías o desprendimientos de suelo permiten el ingreso de aluminio al agua incrementando considerablemente su concentración.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de aluminio en el río Tumulaca estación 13172Rtumi1 (1.041 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (20.62 mg/L) es alto, debido al ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos que pueden ingresar a través de otra fuente de agua (afluente del Moquegua), la estación 13172RMoqu2 (5.341 mg/L) es alta y en el río Osmore 13172Rosmo1 (12.08 mg/L) es alta debido al ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos que pueden ingresar a través de otra fuente de agua (activación de quebradas en la parte baja de la cuenca). Los resultados del MAP 5 son altos en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estaciones 13172Rtumi1 (0.23 – 0.419 mg/L), 13172RMoqu1 (0.023 – 1.153 mg/L), 13172RMoqu2 (ND – 0.076 mg/L) y 13172Rosmo1 (ND – 0.0385 mg/L), el ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos, activación de quebradas que han sido frecuentes con el Fenómeno del Niño, incrementaron en forma temporal la concentración de aluminio en las estaciones de monitoreo de la zona de Moquegua e Ilo.

## Arsénico



**Gráfico 21.** Variación Espacial del contenido de Arsénico en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El Arsénico aparece como componente secundario en composición variable en varios minerales sulfurados como la pirita, galena, calcopirita entre otros y en óxidos como los hematites y óxidos de hierro. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 0.1 mg/L para riego de vegetales y de 0.2 para bebida de animales.

Como se observa en gráfico 21, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 presentan concentraciones de arsénico entre 0.00971 a 0.07362 mg/L, todos cumplen

con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.00971 mg/L), VIZ-1 (0.00495 mg/L) y VIZ-2 (0.05486 mg/L) presentan valores bajos de arsénico que se incrementan con el ingreso del agua del río Chilota, estos los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.0003 – 0.0257 mg/L), VIZ-1 (0.0003 – 0.00681 mg/L) y VIZ-2 (0.0207 – 0.1238 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de arsénico en el río Vizcachas son incorporadas por las aguas del río Chilota.

El contenido de arsénico del agua en el río Chilota CHL-4 (0.05003 mg /L) y CHL-8 (0.07362 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.042 – 0.07301 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.0511 – 0.2221 mg /L), se observa una dilución del contenido de arsénico por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua.

El contenido de arsénico en el río Calasaya HUA-20 (0.0022 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.00887 mg/L) y HAS-3 (0.00073 mg /L) son similares a los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (0.003 – 0.1 mg /L), HAS-2 (0.008 – 0.00902 mg/L) y HAS-3 (0.001 – 0.00108 mg /L), no se observa mayor efecto en la concentración con la época húmeda para el arsénico.

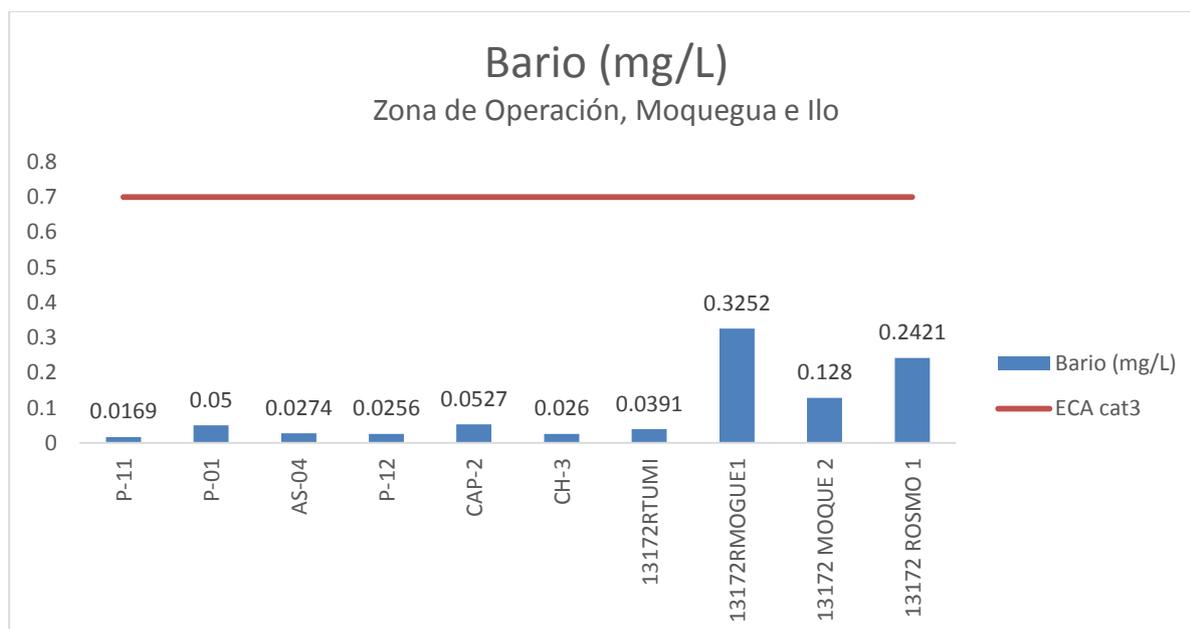
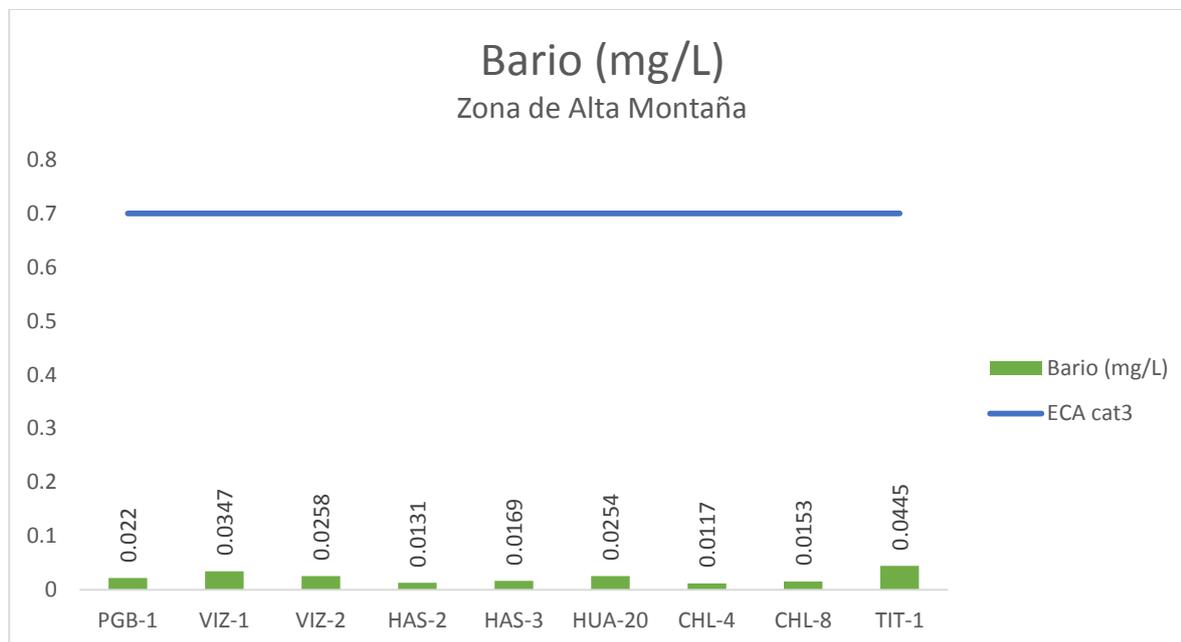
El contenido de sulfatos en el río Titire en la estación TIT-1 (0.20908 mg/L) supera el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.0308 – 1.557 mg/L), se observa dilución del contenido de arsénico en época húmeda por efecto de las lluvias.

Como se observa en gráfico 21, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de arsénico entre 0.00052 y 0.02152 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

El contenido de arsénico en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.00079 mg/L), AS-4 (0.00085 mg/L), P-12 (0.00073 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (0.00052 mg/L), río Charaque CH-3 (0.00097 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (ND – 0.00108 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.0003 – 0.0044 mg/L), P-12 (0.0003 – 0.0095 mg/L), P-01 (0.0003 – 0.0069 mg/L), CH-3 (0.0003 – 0.0048 mg/L). El contenido de arsénico en el río Capillune CAP-2 (0.00618 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.0003 – 0.133 mg/L), se observa una dilución del contenido de arsénico por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de arsénico en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.00302 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.02152 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (0.01118 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.0178 mg/L) es baja. Los resultados del MAP 5 son similares a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estaciones 13172Rtumi1 (ND – 0.00477 mg/L), mayor a los del 13172RMoqu1 (ND – 0.01329 mg/L), mayor al de 13172RMoqu2 (ND – 0.01062 mg/L) y mayor al de 13172Rosmo1 (ND – 0.01141 mg/L), las escorrentías del suelo o desprendimientos de suelo por efecto de la lluvia aportan arsénico en estas estaciones de monitoreo.

## Bario



**Gráfico 22.** Variación espacial del contenido de bario de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El bario es un elemento abundante en la corteza terrestre, pero en el agua se presenta a nivel traza. El bario parece ser más abundante que el estroncio en rocas ígneas, pero en rocas carbonatadas es menor. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 0.7 mg/L para riego de vegetales y bebida de animales.

Como se observa en gráfico 22, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña presentan concentraciones de bario entre 0.0117 a 0.0445 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.022 mg/L), VIZ-1 (0.0347 mg/L) y VIZ-2 (0.0258 mg/L) presentan valores bajos de bario que disminuye con el ingreso del agua del río Chilota, estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son menores para el PGB-1 (0.0237 – 0.0821 mg/L), similares para el VIZ-1 (0.017 – 0.099 mg/L) y VIZ-2 (0.0085 – 0.0955 mg/L).

El contenido de bario del agua en el río Chilota CHL-4 (0.0117 mg /L) y CHL-8 (0.0153 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.005 – 0.01 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.0079 – 0.0974 mg /L), se observa una dilución del contenido de bario por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua en la estación CHL-8.

El contenido de bario en el río Calasaya HUA-20 (0.0254 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.0131 mg/L) y HAS-3 (0.0169 mg /L) en comparación con los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (0.007 – 0.018 mg /L) son superiores, HAS-2 (0.017 – 0.02 mg/L) y HAS-3 (0.0116 – 0.017 mg /L) son los esperados, no se observa mayor efecto en la concentración de bario con la época húmeda.

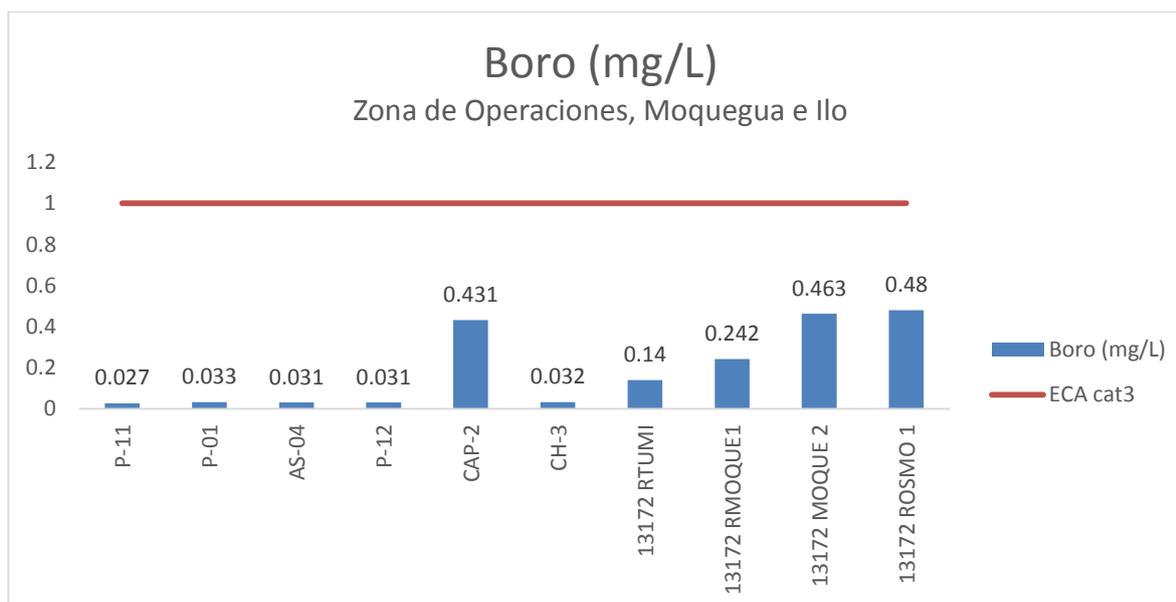
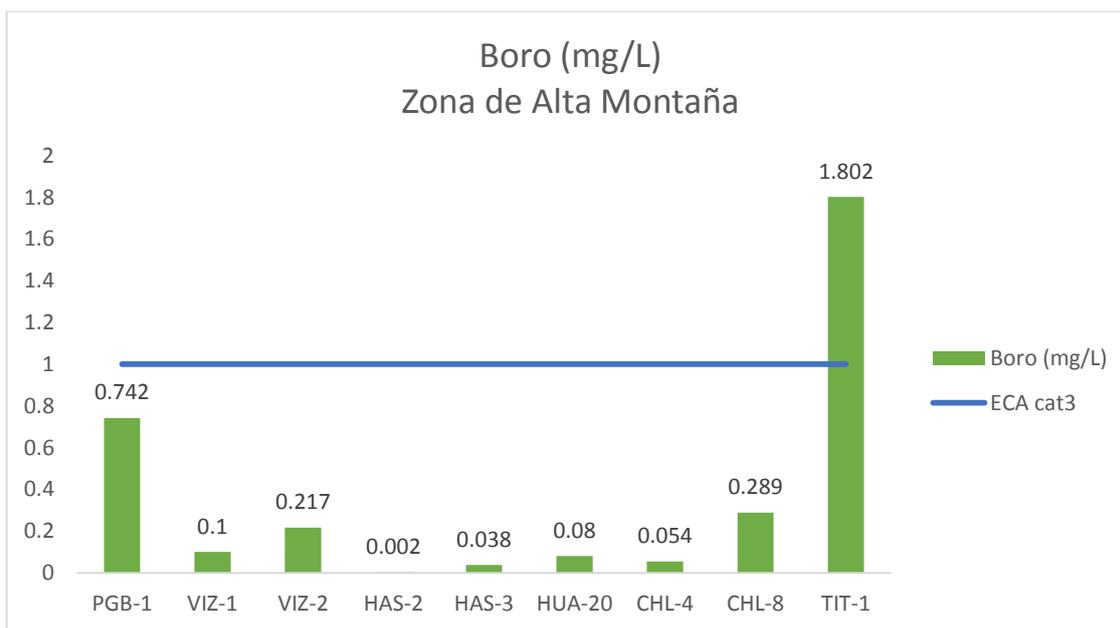
El contenido de bario en el río Titire en la estación TIT-1 (0.0445 mg/L) cumple con el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.024 – 0.1496 mg/L), se observa dilución del contenido de bario en época húmeda por efecto de las lluvias.

Como se observa en gráfico 22, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de bario entre 0.0169 y 0.3252 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de bario en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.0169 mg/L), AS-4 (0.0274 mg/L), P-12 (0.0256 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (0.05 mg/L), río Charaque CH-3 (0.026 mg/L) estos valores son mayores a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.0139 – 0.02379 mg/L) y similares para los valores de línea base para las estaciones P-11 (0.0001 – 0.0363 mg/L), P-12 (0.0114 – 0.0736 mg/L), P-01 (0.0151 – 0.1456 mg/L), CH-3 (0.0134 – 0.1718 mg/L). El contenido de bario en el río Capillune CAP-2 (0.0527 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.0377 – 0.1818 mg/L), se observa una dilución del contenido de bario por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de bario en el río Tumulaca estación 13172Rtumi1 (0.0391 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.3252 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (0.128 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.2421 mg/L) es baja. Los resultados del MAP 5 son similares a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para las estaciones 13172Rtumi1 (0.0334 – 0.053 mg/L), mayor a los del 13172RMoqu1 (0.0818 – 0.10255 mg/L), mayor al de 13172RMoqu2 (0.0867 – 0.11366 mg/L) y mayor al de 13172Rosmo1 (0.0747 – 0.106 mg/L), las escorrentías del suelo o desprendimientos de suelo por efecto de la lluvia aportan bario en estas estaciones de monitoreo.

## Boro



**Gráfico 23.** Variación espacial del contenido de boro en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial – zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El boro prácticamente es un constituyente de todas las aguas naturales. Es un elemento esencial para el crecimiento normal de las plantas, pero la cantidad que necesitan las plantas es muy pequeña. El agua que contiene 1 o 2 mg/L de boro puede ser tóxico para los cítricos, sin embargo cultivos como la alfalfa pueden tolerar más de 4 mg/L en el agua de riego. La OMS ha fijado un valor guía para agua de consumo humano después de potabilizar 0.3 mg/L para el boro. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 1 mg/L para agua de riego subcategoría D1, y de 5 mg/L para bebida de animales D2.

Como se observa en gráfico 23, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 presentan concentraciones de boro entre 0.002 a 0.742 mg/L, cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.742 mg/L) presenta un valor moderado de boro, VIZ-1 (0.1 mg/L) y VIZ-2 (0.217 mg/L) presentan valores bajos de boro que disminuye con el ingreso de fuentes de agua y se incrementa con el agua del río Chilota, estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son similares para el PGB-1 (0.463 – 1.537 mg/L), similares para el VIZ-1 (0.1 – 1.24 mg/L) y VIZ-2 (0.1258 – 1.34 mg/L), se observa dilución de la concentración de boro por efecto de las lluvias en época húmeda.

El contenido de boro del agua en el río Chilota CHL-4 (0.054 mg /L) y CHL-8 (0.289 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.04 – 0.0578 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.1335 – 1.829 mg /L), se observa una dilución del contenido de boro por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua en la estación CHL-8.

El contenido de boro en el río Calasaya HUA-20 (0.08 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.002 mg/L) y HAS-3 (0.038 mg /L) en comparación con los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (0.1184 – 0.2 mg /L) son menores, HAS-2 (0.016 – 0.0262 mg/L) son menores y HAS-3 (0.02 – 0.081 mg /L) son los esperados, se observa efecto en la concentración de boro con la época húmeda para las estaciones HUA-20 y HAS-2 .

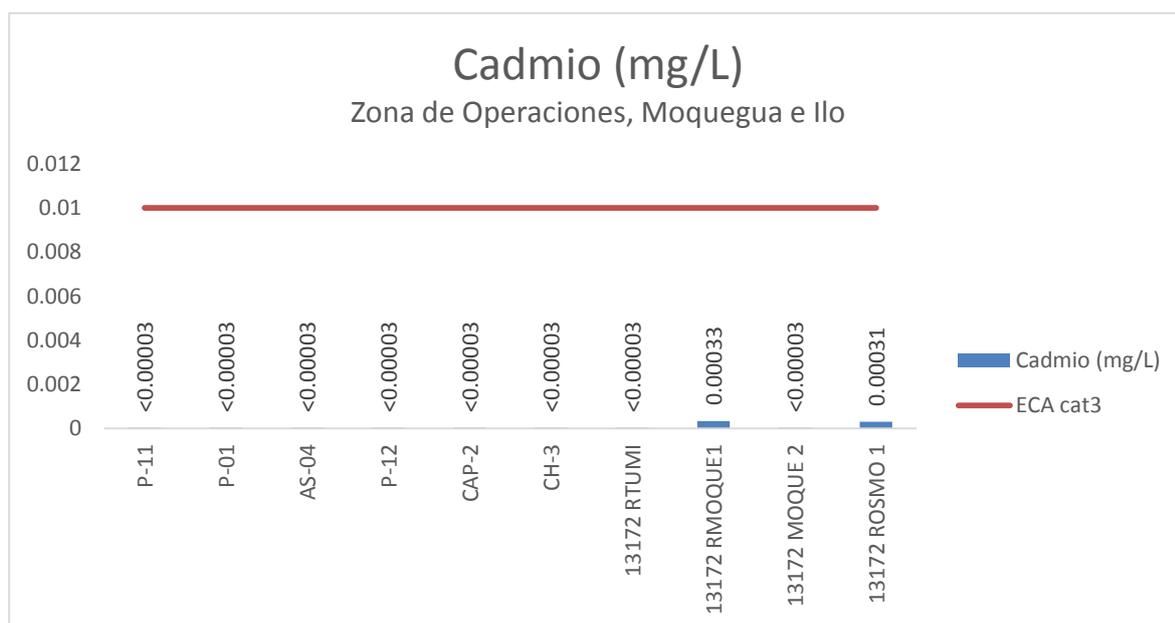
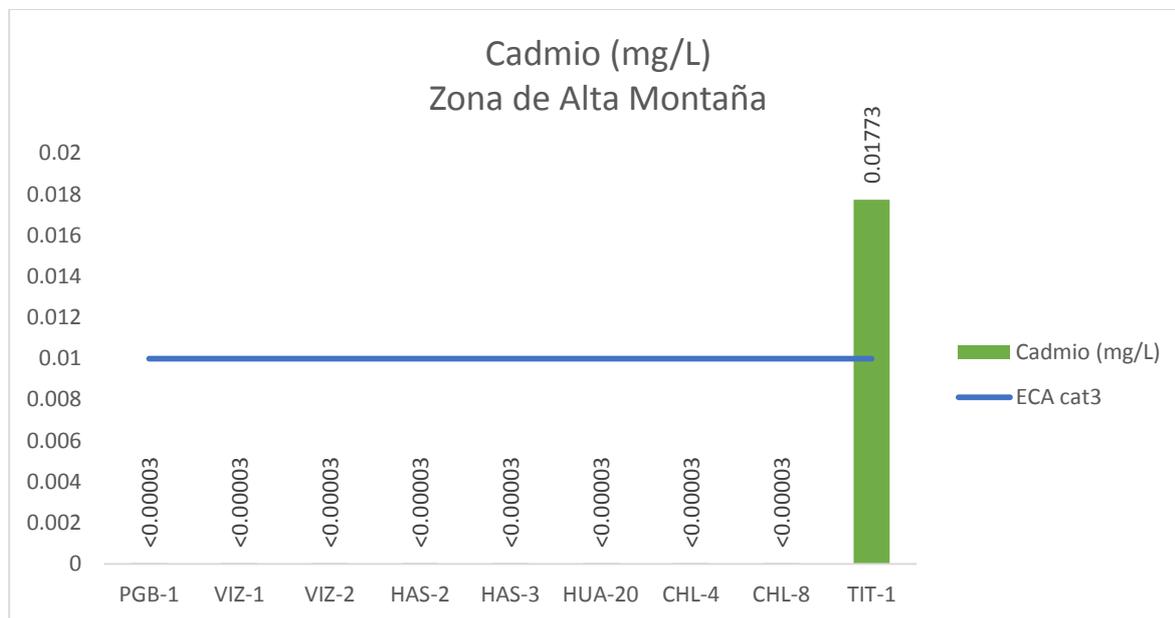
El contenido de boro en el río Titire en la estación TIT-1 (1.802 mg/L) supera el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.0004 – 136.9 mg/L), se observa dilución del contenido de boro en época húmeda por efecto de las lluvias.

Como se observa en gráfico 23, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de boro entre 0.027 y 0.48 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de boro en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.027 mg/L), AS-4 (0.031 mg/L), P-12 (0.0031 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (0.033 mg/L), río Charaque CH-3 (0.032 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.0269 – 0.0412 mg/L) y similares para los valores de línea base para las estaciones P-11 (0.00047 – 0.1222 mg/L), P-12 (0.00047 – 0.1201 mg/L), P-01 (0.00047 – 0.1992 mg/L), CH-3 (0.00047 – 0.2003 mg/L). El contenido de boro en el río Capillune CAP-2 (0.431 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.316 – 19.83 mg/L), se observa una dilución del contenido de boro por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de boro en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.14 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.242 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (0.463 mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.48 mg/L) es baja. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para la estación 13172Rtumi1 (0.1607 – 0.228 mg/L) es menor, para 13172RMoqu1 (0.8057 – 1.152 mg/L) es menor, para 13172RMoqu2 (1.304 – 1.895 mg/L) es menor y para 13172Rosmo1 (1.801 – 1.85 mg/L) es menor, existe una gran dilución de este elemento por incremento del caudal en época de lluvia.

## Cadmio



**Gráfico 24.** Variación espacial del contenido de cadmio de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El Cadmio se encuentra en la corteza terrestre con una abundancia de 0,1–0,5 mg/L esta comúnmente asociada con minerales de zinc, plomo y cobre. El Cadmio es un elemento tóxico que al ser consumido en bajas concentraciones por periodos prolongados puede ocasionar daños a nivel del riñón. El ECA Agua categoría 3, fija un valor de 0,01 mg/L para riego de vegetales D1 y 0,05 para bebida de animales D2.

Como se observa en gráfico 24, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 no se ha detectado concentraciones de cadmio  $<0.00003$  mg/L, cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son similares para el PGB-1 ( $0.00003 - 0.000036$  mg/L), VIZ-1 ( $<0.00003 - 0.0035$  mg/L), VIZ-2 ( $0.00003 - 0.0022$  mg/L), CHL-4 ( $<0.00003$  mg/L), CHL-8 ( $<0.00003$  mg /L), HUA-20 ( $<0.00003$  mg /L), HAS-2 ( $<0.00003 - 0.00004$  mg/L) y HAS-3 ( $<0.00003 - 0.00005$  mg /L) se observa dilución de la concentración de cadmio por efecto de las lluvias en época húmeda.

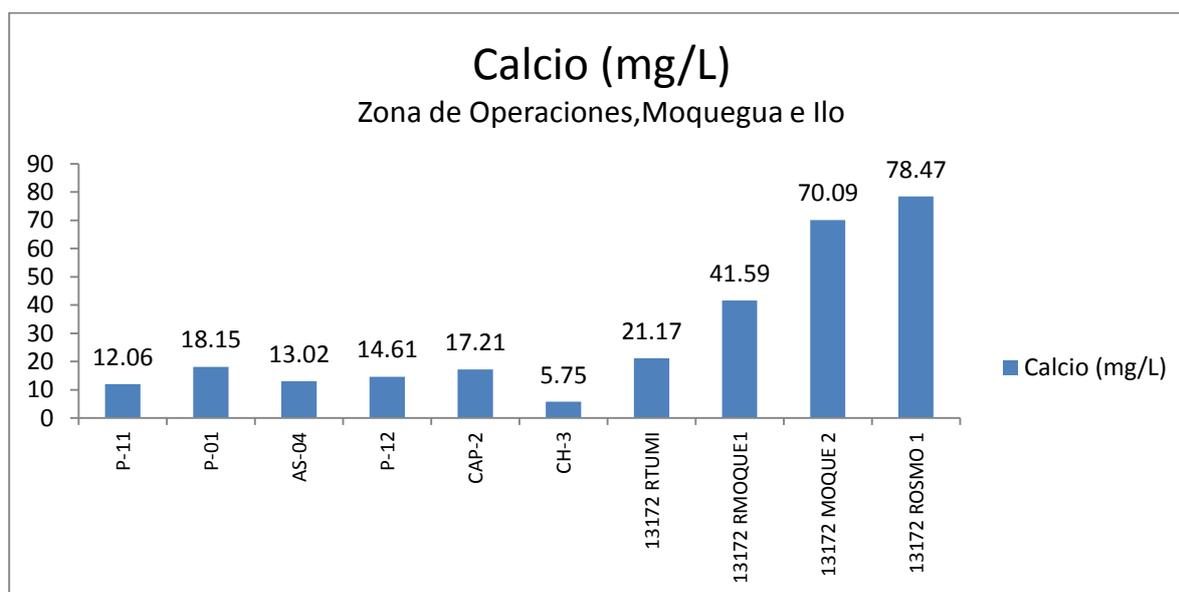
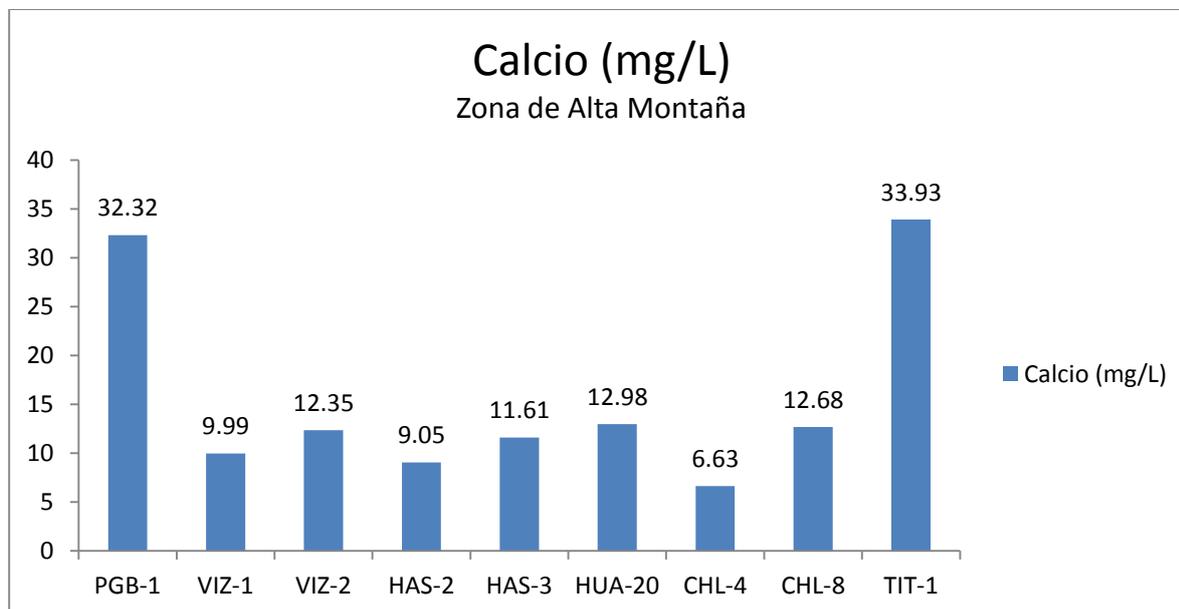
El contenido de cadmio en el río Titire en la estación TIT-1 ( $0.01773$  mg/L) supera el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es esperado en la línea de base ambiental ( $<0.0003 - 0.1102$  mg/L), se observa dilución del contenido de cadmio en época húmeda por efecto de las lluvias.

Como se observa en gráfico 24, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de cadmio entre  $<0.00003$  y  $0.00033$  mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de cadmio en el agua de la zona de operaciones no ha sido detectada ( $<0.00003$  mg/L). Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 ( $<0.00003$  mg/L), P-01 ( $<0.00003$  mg/L), AS-04 ( $<0.00003 - 0.00004$  mg/L), P-12 ( $<0.00003 - 0.00005$  mg/L), CAP-2 ( $<0.00003 - 0.00007$  mg/L), CH-3 ( $<0.0003$  mg/L), se observa una dilución del contenido de cadmio por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de cadmio en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 ( $<0.00003$  mg/L) no ha sido detectado, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 ( $0.00033$  mg /L) es bajo probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua, la estación 13172RMoqu2 ( $<0.00003$  mg/L) no ha sido detectada y en el río Osmore 13172Rosmo1 ( $0.00031$  mg/L) es bajo probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua (activación de quebradas). Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para la estación 13172Rtumi1 ( $<0.00003 - 0.00013$  mg/L), mayor para 13172RMoqu1 ( $<0.00003 - 0.00006$  mg/L), similar para 13172RMoqu2 ( $<0.00003 - 0.00007$  mg/L) y mayor para 13172Rosmo1 ( $<0.00003 - 0.00004$  mg/L), existe una gran dilución de este elemento por incremento del caudal en época de lluvia para las estaciones 13172Rtumi y 13172RMoqu2, mientras que para las estaciones 13172RMoqu1 y 13172Rosmo1 se tiene el ingreso de bajas concentraciones de cadmio por procesos de escorrentía o desprendimientos de suelos en época de lluvia.

## Calcio



**Gráfico 25.** Variación espacial del contenido de calcio de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El Calcio es el catión que tiene generalmente la mayor concentración en la mayoría de los ecosistemas de agua dulce. Es un elemento importante en muchos procesos geoquímicos. Entre los minerales primarios que contribuyen a este elemento está el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), la anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), la dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), la calcita y la aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ). La concentración del ión calcio y del magnesio determina la dureza del agua. El ECA Agua categoría 3, no fija un valor para el calcio.

Como se observa en gráfico 25, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña concentraciones de calcio entre 6.63 a 33.93 mg/L, estos resultados son característicos de la época húmeda donde el efecto de la lluvia puede estar solubilizando iones calcio del fondo o del suelo o puede diluir. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (32.32 mg/L) presenta valores altos se genera una mayor disolución de iones calcio desde el fondo o del suelo, VIZ-1 (9.99 mg/L) presenta valor bajo por dilución por el ingreso de otros cuerpos de agua y VIZ-2 (12.35 mg/L) presentan valores moderados de calcio que disminuye con el ingreso de fuentes de agua y se incrementa con el agua del río Chilota, estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son bajos para el PGB-1 (15.55 – 34.76 mg/L), similares para el VIZ-1 (8.16 – 30.223 mg/L) y VIZ-2 (5.18 – 26.76 mg/L), se observa dilución de la concentración de calcio por efecto de las lluvias en época húmeda.

El contenido de calcio del agua en el río Chilota CHL-4 (6.63 mg /L) y CHL-8 (12.68 mg/L), son bajos y son similares de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (5.64 – 5.901 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (6.6 – 67.4 mg /L), se observa una dilución del contenido de calcio por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua en la estación CHL-8.

El contenido de calcio en el río Calasaya HUA-20 (12.98 mg/L) y las quebradas HAS-2 (9.05 mg/L) y HAS-3 (11.61 mg /L) en comparación con los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (5.42 – 10.353 mg /L), HAS-2 (7.77 – 8.373 mg/L) y HAS-3 (4.46 – 4.936 mg /L) son mayores, se observa efecto disolución de iones calcio desde el fondo o del suelo por efecto de incremento del caudal.

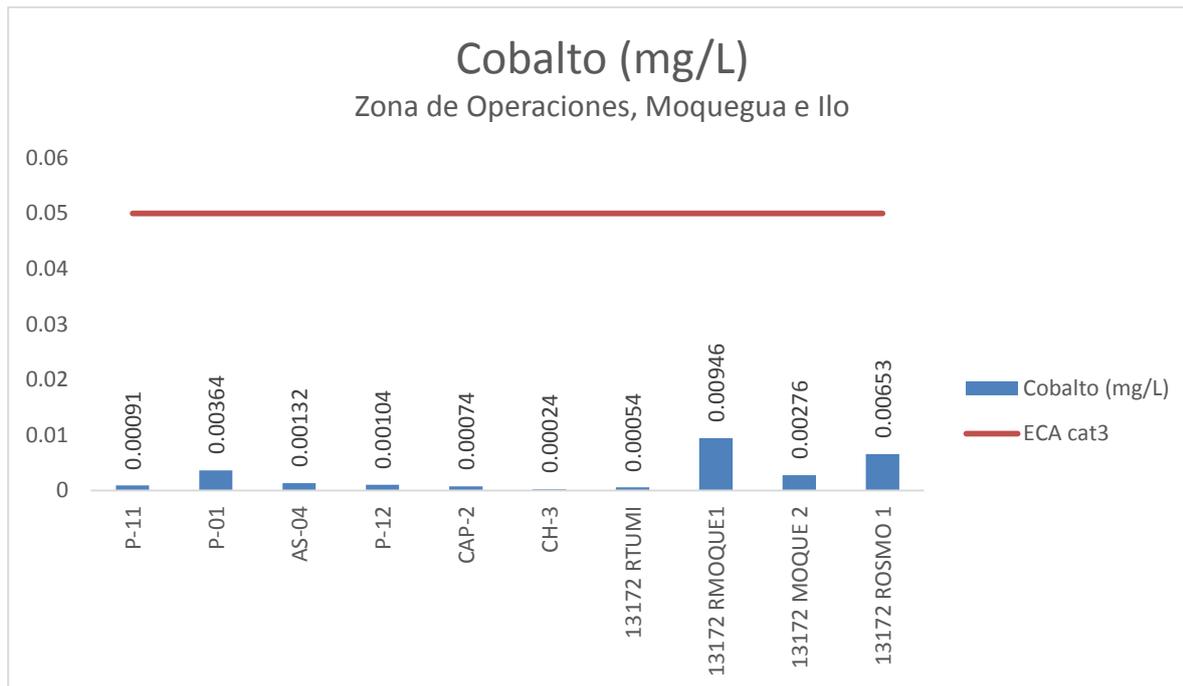
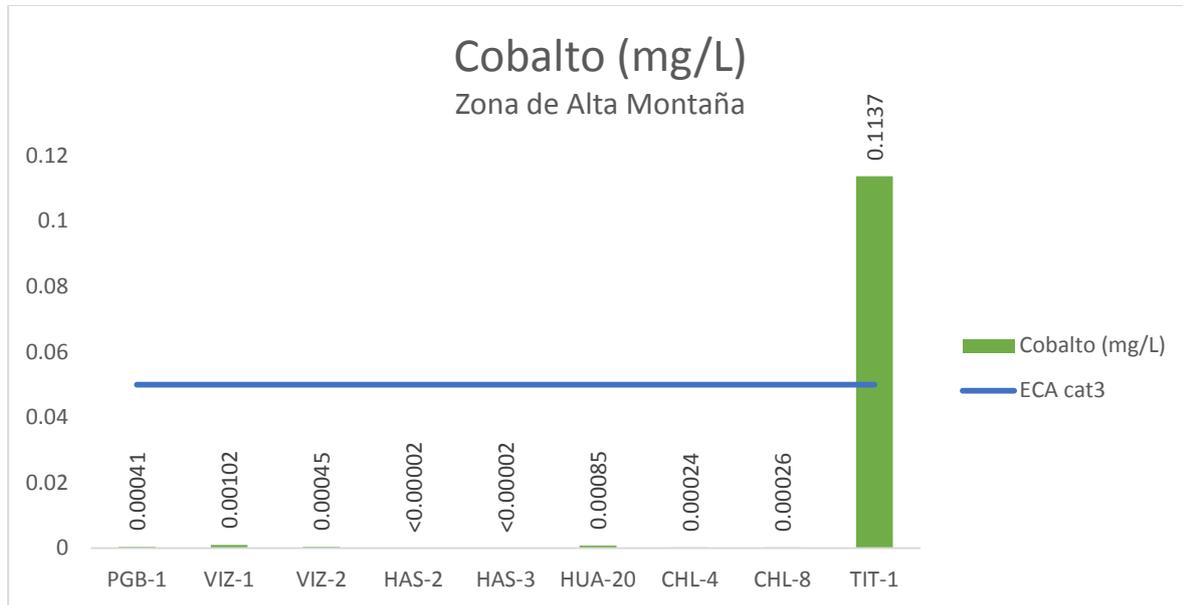
El contenido de calcio en el río Titire en la estación TIT-1 (33.93 mg/L), este valor es esperado en la línea de base ambiental (22.6 – 289.9 mg/L), se observa dilución del contenido de calcio en época húmeda por efecto de las lluvias.

Como se observa en gráfico 25, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de calcio entre 5.75 y 78.47 mg/L, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de calcio en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (12.06 mg/L), AS-4 (13.02 mg/L), P-12 (14.61 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (18.15 mg/L), río Charaque CH-3 (5.75 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (12.13 – 17.31 mg/L) y similares para los valores de línea base para las estaciones P-11 (7.83 – 18.64 mg/L), P-12 (10.4 – 20.6 mg/L), P-01 (17.37 – 39.14 mg/L), CH-3 (5.24 – 10.02 mg/L), estos valores son bajos por efecto de dilución de lluvias. El contenido de calcio en el río Capillune CAP-2 (17.21 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (15.61 – 359.2 mg/L), se observa una dilución del contenido de calcio por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de calcio en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (21.17 mg/L), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (41.59 mg /L), 13172RMoqu2 (70.09 mg/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (78.47 mg/L) son bajas. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para la estación 13172Rtumi1 (31.88 – 40.73 mg/L) es menor, para 13172RMoqu1 (82.41 – 151.3 mg/L) es menor, para 13172RMoqu2 (181.6 – 297.6 mg/L) es menor y para 13172Rosmo1 (139.1 – 251.1 mg/L) es menor, existe una gran dilución de este elemento por incremento del caudal en época de lluvia.

**Cobalto**



**Gráfico 26.** Variación espacial del contenido de cobalto de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Pequeñas cantidades de cobalto son encontradas en muchas rocas, agua y plantas. En el agua se encuentra en forma ionica disuelta, por lo general se encuentra asociado a cobre y níquel.

Como se observa en gráfico 26, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 se ha detectado bajas concentraciones de cobalto ( $<0.00002 - 0.00102$  mg/L), cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son similares para el PGB-1 ( $0.00004 - 0.02611$  mg/L), VIZ-1 ( $<0.0002 - 0.02777$  mg/L), VIZ-2 ( $0.00004 - 0.01773$  mg/L), CHL-4 ( $0.00008 - 0.00075$  mg/L), CHL-8 ( $0.00004 - 0.00466$  mg/L), HUA-20 ( $0.0002 - 0.0008$  mg/L), HAS-2 ( $0.00003$  mg/L) y HAS-3 ( $<0.00007 - 0.0002$  mg/L) se observa dilución de la concentración de cobalto por efecto de las lluvias en época húmeda.

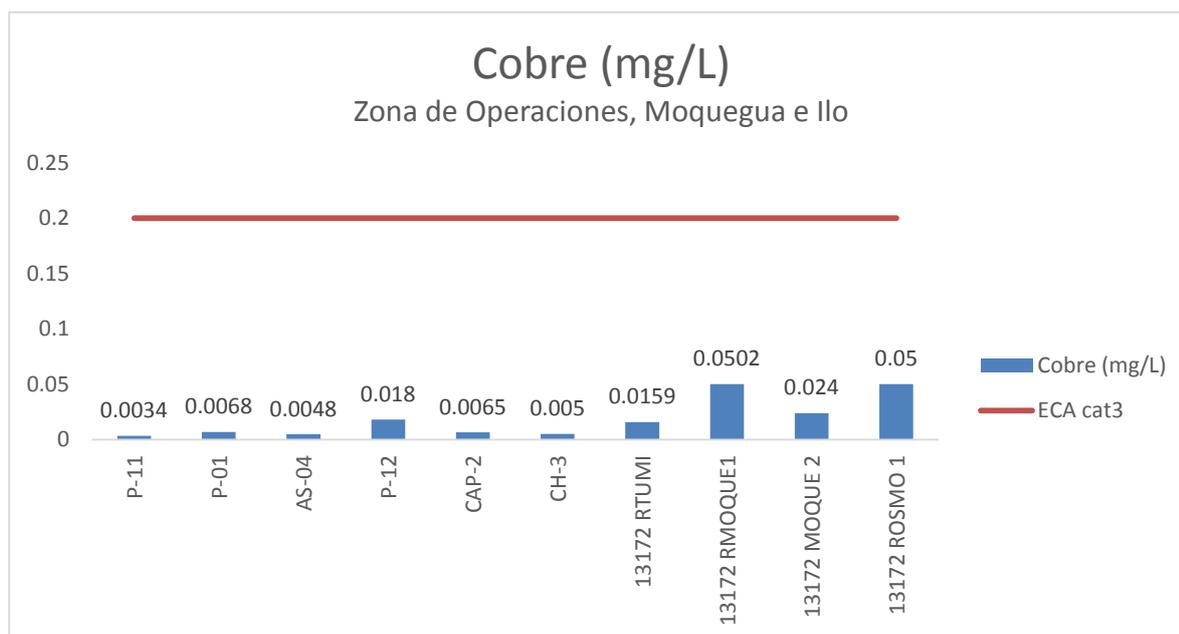
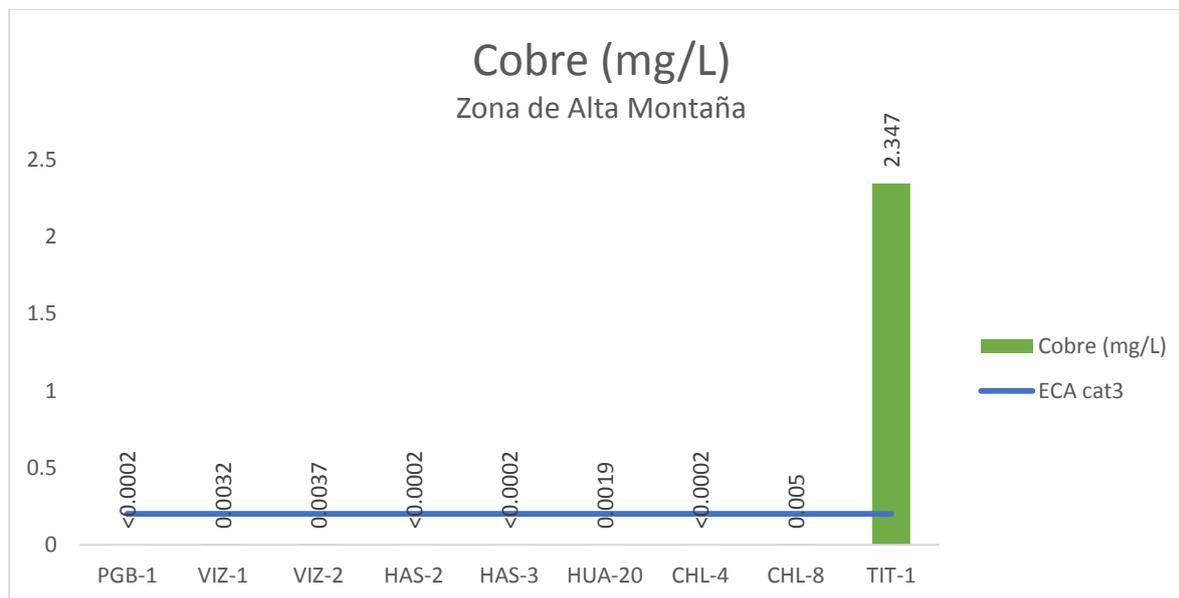
El contenido de cadmio en el río Titire en la estación TIT-1 ( $0.01137$  mg/L) supera el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es esperado en la línea de base ambiental ( $<0.0004 - 0.08653$  mg/L), se observa un valor alto del contenido de cobalto en época húmeda por efecto de las lluvias probable ingreso desde el suelo.

Como se observa en gráfico 26, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de cobalto entre  $<0.00024$  y  $0.00946$  mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de cobalto en el agua de la zona de operaciones en el río Asana estación P-11 ( $0.00091$  mg/L), AS-04 ( $0.00132$  mg/L), P-12 ( $0.00104$ ) son bajos, en la quebrada Millune ( $0.00364$ ) es baja, en los ríos Charaque CH-3 ( $0.00024$  mg/L) y Capillune ( $0.00074$  mg/L) son bajos en todos los casos por dilución ocasionado por las lluvias. Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 ( $0.00004 - 0.00094$  mg/L), P-01 ( $0.00004 - 0.00472$  mg/L), AS-04 ( $<0.00004 - 0.00058$  mg/L), P-12 ( $<0.00004 - 0.00425$  mg/L), CAP-2 ( $<0.00001 - 0.00721$  mg/L), CH-3 ( $<0.00001 - 0.00082$  mg/L).

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de cobalto en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 ( $0.00054$  mg/L), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 ( $0.00946$  mg/L), la estación 13172RMoqu2 ( $0.00276$  mg/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 ( $0.00653$  mg/L) son altos probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para la estación 13172Rtumi1 ( $<0.00001 - 0.00084$  mg/L), mayor para 13172RMoqu1 ( $<0.00001 - 0.00056$  mg/L), mayor para 13172RMoqu2 ( $<0.00001 - 0.00104$  mg/L) y mayor para 13172Rosmo1 ( $<0.00001 - 0.00084$  mg/L), existe ingreso de cobalto desde el suelo por escorrentía o desprendimiento de suelo o ingreso de otros cuerpos de agua al río.

## Cobre



**Gráfico 27.** Variación espacial del contenido de cobre en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El cobre es un elemento metálico de gran interés por su capacidad conductora, puede ser liberado en el agua superficial por meteorización del suelo y escorrentías, así como por deposición de polvo, cuando el cobre ingresa al agua superficial puede encontrarse disuelto o adsorbida al material suspendido y sedimentos.

Como se observa en gráfico 27, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 se ha detectado bajas concentraciones de cobre (<0.0002 – 0.0037 mg/L), cumplen con

el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son menores para el PGB-1 (0.0003 – 0.0214 mg/L), similares para el VIZ-1 (<0.001 – 0.015 mg/L), VIZ-2 (0.0003 – 0.073 mg/L), CHL-4 (0.00099 – 0.001 mg/L), CHL-8 (0.0003 – 0.0351 mg /L), HUA-20 (0.00142 – 0.003 mg /L), HAS-2 (0.0003 – 0.0005 mg/L) y HAS-3 (<0.00003 – 0.001 mg /L) se observa dilución de la concentración de cobre por efecto de las lluvias en época húmeda.

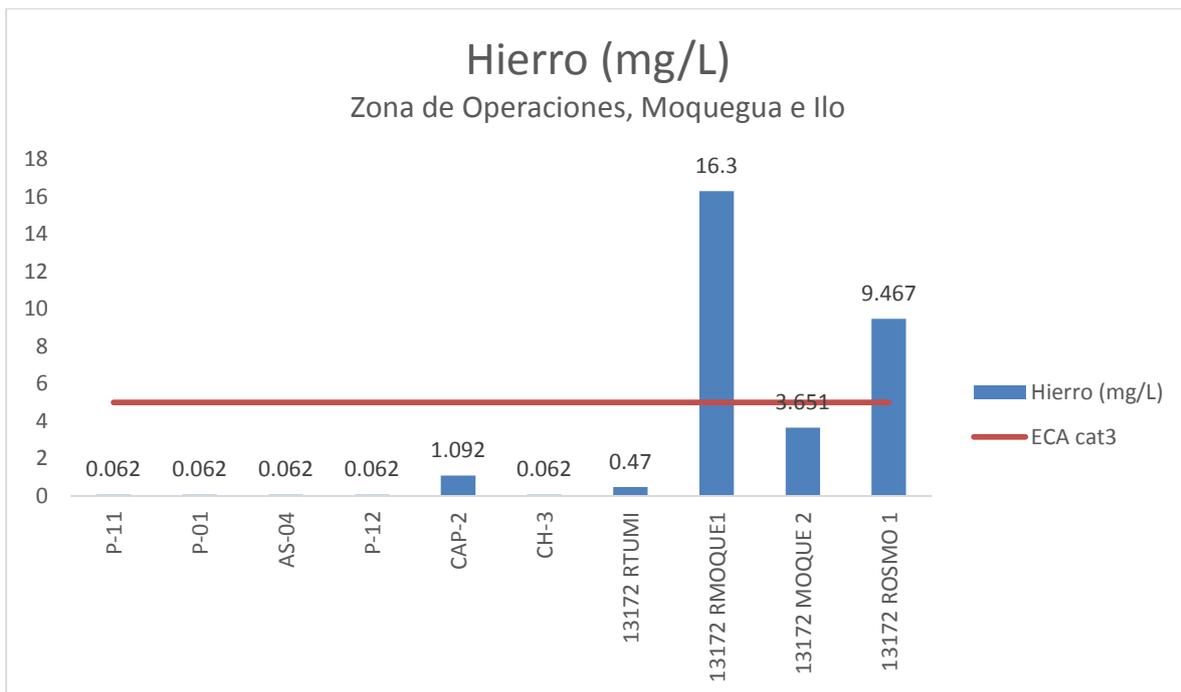
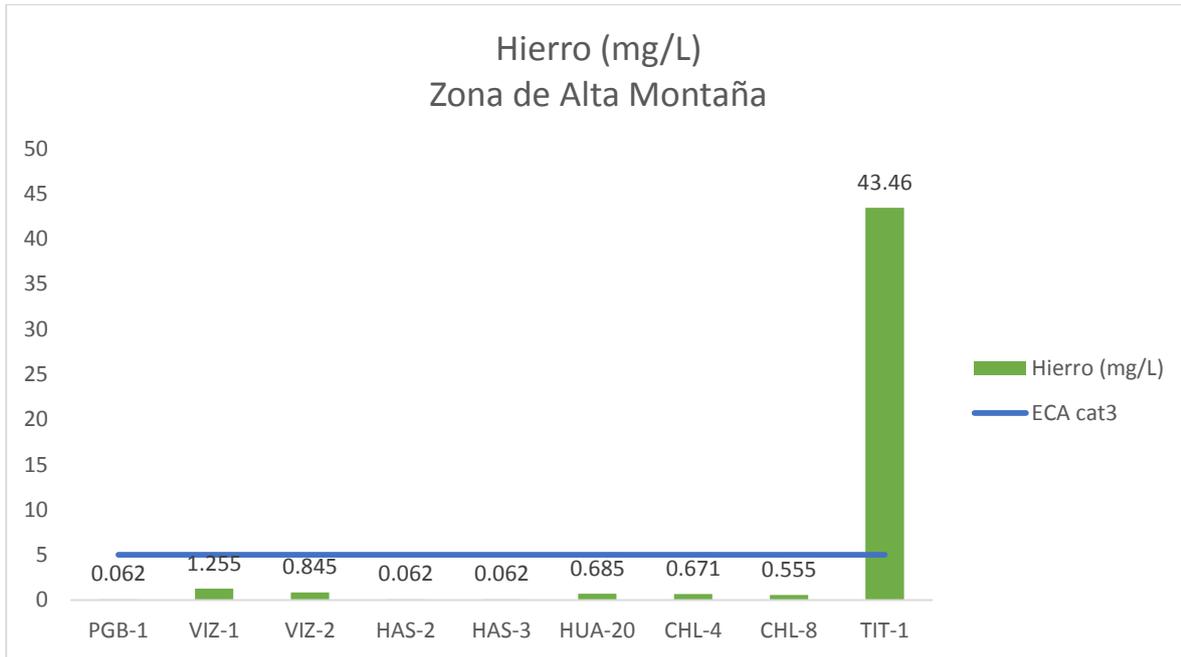
El contenido de cobre en el río Titire en la estación TIT-1 (2.347 mg/L) supera el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es esperado en la línea de base ambiental (0.0028 – 0.9276 mg/L), se observa un valor alto del contenido de cobre en época húmeda por efecto de las lluvias probable ingreso desde el suelo por escorrentías.

Como se observa en gráfico 27, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de cobre entre 0.0034 y 0.0502 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de cobre en el agua de la zona de operaciones en el río Asana estación P-11 (0.0034 mg/L) es baja, AS-04(0.0048 mg/L) es similar al MAP 1, 2 y 4, P-12 (0.018) es bajo, en la quebrada Millune (0.0068) es baja, en los ríos Charaque CH-3 (0.005 mg/L) y Capillune (0.0065 mg/L) son bajos en todos los casos por dilución ocasionado por las lluvias. Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 (<0.0003 – 0.0319 mg/L), P-01 (0.0003 – 0.0274 mg/L), AS-04 (0.0018 - 0.0036 mg/L), P-12 (<0.0003 – 0.1486 mg/L), CAP-2 (0.00004 – 0.1966 mg/L), CH-3 (0.0003 – 0.064 mg/L).

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de cobre en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.0159 mg/L), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.0502 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (0.024 mg/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.05 mg/L) son moderados probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para la estación13172Rtumi1 (0.00366 - 0.0209 mg/L), mayor para 13172RMoqu1 (0.00248 – 0.0049 mg/L), mayor para 13172RMoqu2 (0.0015 – 0.0053 mg/L) y mayor para 13172Rosmo1 (0.00102 - 0.0048 mg/L mg/L), existe ingreso de cobre desde el suelo por escorrentía o desprendimiento de suelo o ingreso de otros cuerpos de agua al río.

**Hierro**



**Gráfico 28.** Variación espacial del contenido de hierro de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El hierro se presenta en el agua natural como resultado de la meteorización de rocas, ingreso por escorrentía desde el suelo o por actividad antropogénica.

Como se observa en gráfico 28, la calidad del agua en las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 presentan concentraciones de hierro entre 0.062 a 1.255 mg/L, cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.062 mg/L), VIZ-1 (1.255 mg/L) y VIZ-2 (0.845 mg/L) presentan valores bajos de hierro, estos los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.001 – 1.264 mg/L), VIZ-1 (0.299 – 0.41 mg/L) y VIZ-2 (0.001 – 6.428 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de hierro disminuyen por dilución, mientras que en el VIZ-1 se presenta aporte por escorrentías o desprendimientos.

El contenido de hierro del agua en el río Chilota CHL-4 (0.671 mg /L) y CHL-8 (0.555 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.357 – 0.7479 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.001 – 7.871 mg /L), en el caso del CHL-8 se observa una dilución del contenido de hierro por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua.

El contenido de hierro en el río Calasaya HUA-20 (0.685 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.062 mg/L) y HAS-3 (0.062 mg /L) son mayores a los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (0.022 – 0.655 mg /L), en el rango para HAS-2 (0.017 – 0.2985 mg/L) y menores para HAS-3 (0.2306 – 1.096 mg /L), se observa dilución por efecto de lluvias en la estación HUA-20 y HAS-3.

El contenido de hierro en el río Titire en la estación TIT-1 (43.46 mg/L) supera lo establecido por el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, este valor es superior a lo esperado en la línea de base ambiental (0.001– 14.36 mg/L), se observa ingreso de hierro en época húmeda por efecto de las escorrentías desde el suelo generadas en épocas de lluvias o probables desprendimientos de suelo.

Como se observa en gráfico 28, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, presentan concentraciones de hierro entre 0.062 a 1.092 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego.

La concentración de hierro en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.062 mg/L), AS-4 (0.062 mg/L), P-12 (0.062 mg/L) son bajos, situación similar sucede en el río Charaque CH-3 (0.062 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.063 – 0.239 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.001 – 1.351 mg/L), P-12 (0.001 – 4.241 mg/L), CH-3 (0.001 – 7.319 mg/L). En el caso de la concentración de hierro de la estación en la quebrada Millune P-01 (0.062 mg/L) es baja por la dilución por efecto de lluvias, esta concentración de hierro es menor al esperado en línea base para las estaciones P-01 (0.001 – 10.2 mg/L).

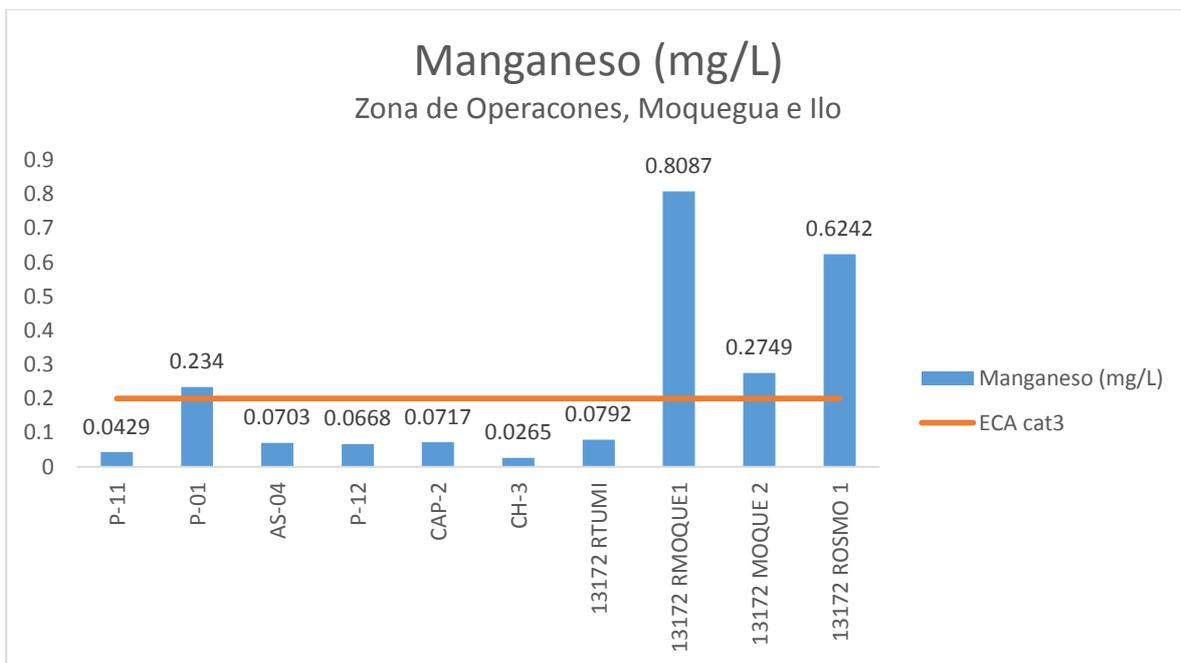
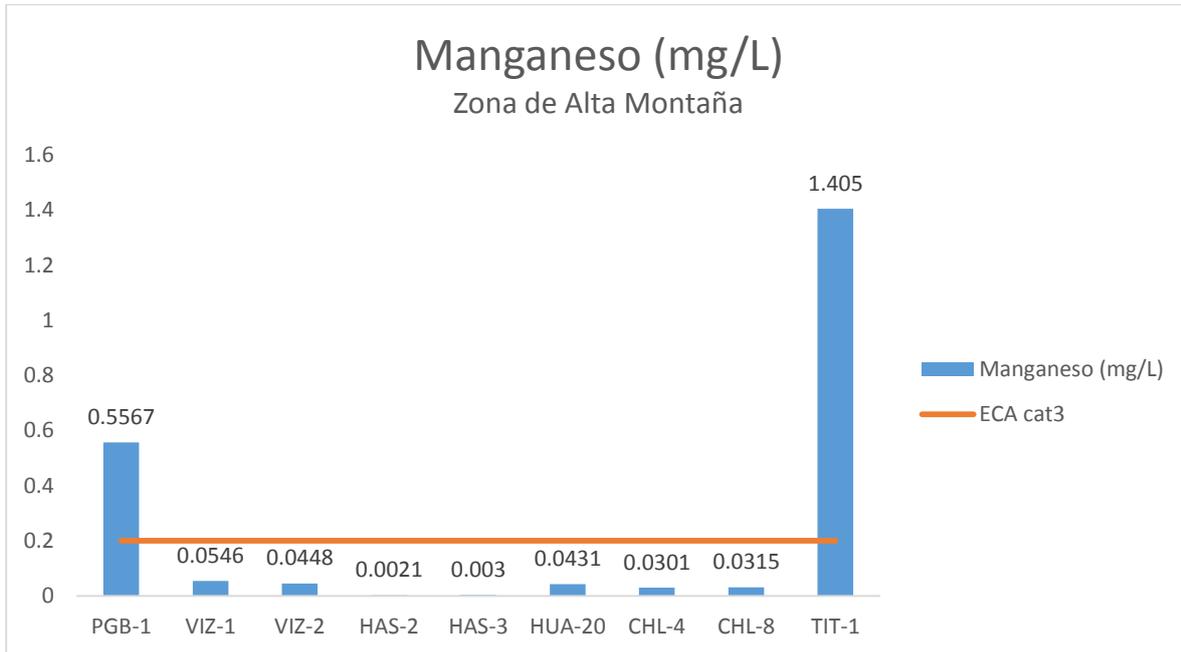
El contenido de hierro en el río CAP-2 (1.092 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.001 – 16.32 mg/L), se observa una dilución del contenido de hierro por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo las concentraciones de hierro se encuentran entre 0.47 y 16.3 mg/L, las estaciones 13172RTumi y 13172RMoqu2 cumplen con el ECA Agua categoría 3 agua de riego, las estaciones 13172RMoqu1 y 13172ROsmo1 superan lo establecido por los ECA Agua Categoría 3 agua de riego estos resultados son característicos de la época húmeda donde escorrentías o

desprendimientos de suelo permiten el ingreso de hierro al agua incrementando considerablemente su concentración.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de hierro en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.47 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (16.3 mg/L) es alto, debido al ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos que pueden ingresar a través de otra fuente de agua (afluente del Moquegua), la estación 13172RMoqu2 (3.651 mg/L) es alta y en el río Osmore 13172Rosmo1 (9.467 mg/L) es alta debido al ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos que pueden ingresar a través de otra fuente de agua (activación de quebradas en la parte baja de la cuenca). Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para la estación 13172Rtumi1 (0.2372 – 0.859 mg/L) es similar, para 13172RMoqu1 (0.0202 – 1.324 mg/L) es alta, 13172RMoqu2 (ND – 0.25 mg/L) es alta y 13172Rosmo1 (ND – 0.235 mg/L) muy alta, el ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos, activación de quebradas que han sido frecuentes con el Fenómeno del Niño, incrementaron en forma temporal la concentración de hierro en las estaciones de monitoreo de la zona de Moquegua e Ilo.

**Manganeso**



**Gráfico 29.** Variación espacial del contenido de manganeso en las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El Manganeseo puede darle al agua un sabor, olor y color indeseable. El manganeseo causa manchas cafés-negras en los utensilios, que son no removidos por detergentes. El manganeseo 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 al manganeseo y acarrearlo hacia el agua superficial. El ECA Agua categoría 3 fija un valor de 0.2 mg/L para el Manganeseo.

Como se observa en gráfico 29, la calidad del agua en las estaciones de la zona de alta montaña excepto en las estaciones PGB-1 y TIT-1 presentan concentraciones de manganeseo entre 0.003 y 0.0546 mg/L, cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (0.5567 mg/L) supera el ECA Agua categoría 3 agua de riego probable influencia de agua subterránea que se diluye con lluvias, la estación VIZ-1 (0.0546 mg/L) y VIZ-2 (0.0448 mg/L) presentan valores bajos de manganeseo debido a dilución por incremento del caudal en época húmeda, estos los valores son los esperados en la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, PGB-1 (0.0393 – 2.134 mg/L), VIZ-1 (0.01593 – 2.3302 mg/L) y VIZ-2 (0.0057 – 1.742 mg/L), en época de lluvia las concentraciones de manganeseo disminuyen por dilución.

El contenido de manganeseo del agua en el río Chilota CHL-4 (0.0431 mg /L) y CHL-8 (0.0315 mg/L), son bajos y están dentro de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (0.01 – 0.04268 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (0.0109 – 0.3267 mg /L), en el caso del CHL-8 se observa una dilución del contenido de manganeseo por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua.

El contenido de manganeseo en el río Calasaya HUA-20 (0.0431 mg/L) y las quebradas HAS-2 (0.0021 mg/L) y HAS-3 (0.003 mg /L) son menores a los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (0.0126 – 0.0431 mg /L), en el rango para HAS-2 (<0.0006 – 0.0118 mg/L) y menores para HAS-3 (0.004 – 0.0087 mg /L), se observa dilución por efecto de lluvias en la estación HUA-20 y HAS-3.

El contenido de manganeseo en el río Titire en la estación TIT-1 (1.405 mg/L) supera lo establecido por el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, este valor es similar a lo esperado en la línea de base ambiental (0.3663– 1.948 mg/L), se observa ingreso de manganeseo en época húmeda por efecto de las escorrentías desde el suelo generadas en épocas de lluvias o probables desprendimientos de suelo.

Como se observa en gráfico 29, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones excepto la estación P-01 en la quebrada Millune, presentan concentraciones de manganeseo entre 0.0265 a 0.0717 mg/L, cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego.

La concentración de manganeseo en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (0.0429 mg/L), AS-4 (0.0703 mg/L), P-12 (0.0668 mg/L) son bajos, situación similar sucede en el río Charaque CH-3 (0.00265 mg/L) estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (0.04217 – 0.0892 mg/L) y valores de línea base para las estaciones P-11 (<0.0002 – 0.07 mg/L), P-12 (0.0071 – 0.2454 mg/L), CH-3 (<0.0002 – 0.413 mg/L).

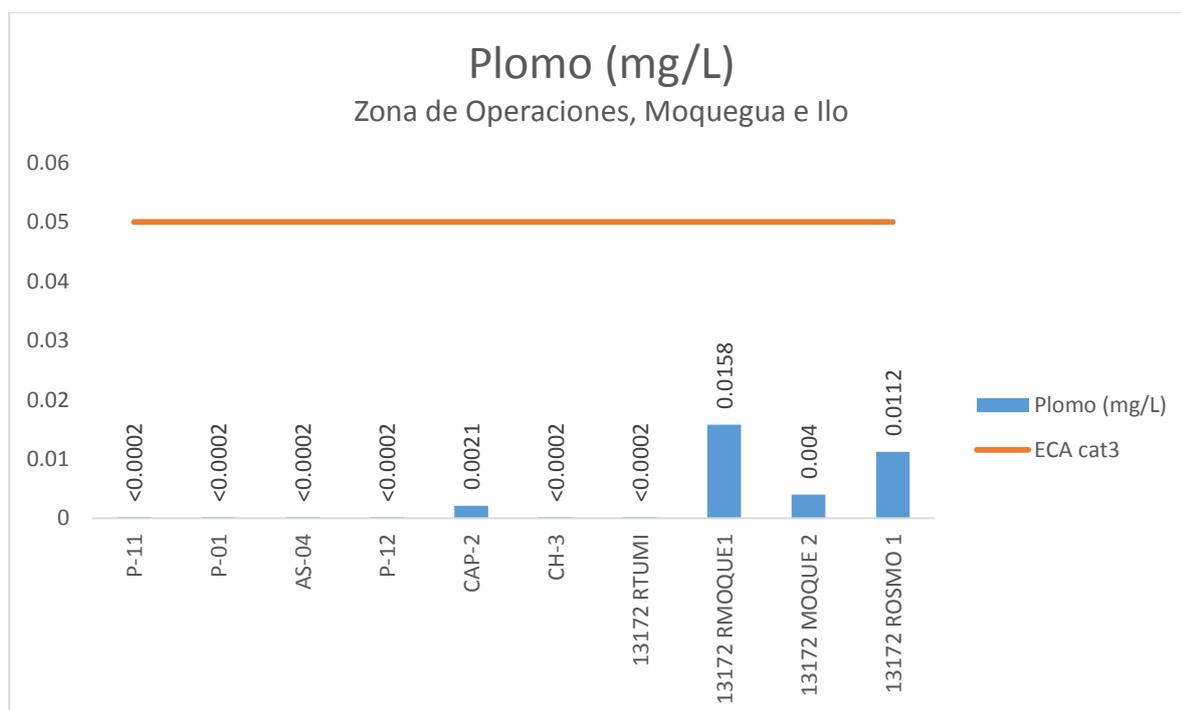
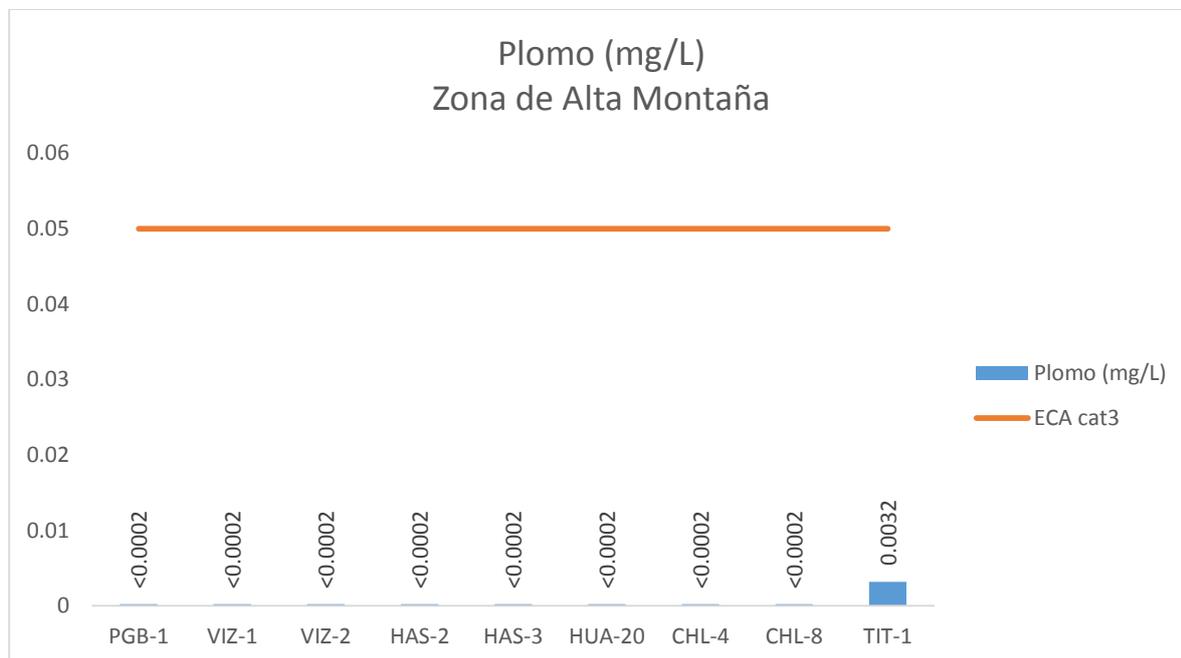
En el caso de la concentración de manganeseo de la estación en la quebrada Millune P-01 (0.234 mg/L) es baja por la dilución por efecto de lluvias, esta concentración de manganeseo es similar al esperado en línea base para las estaciones P-01 (0.2027 – 0.474 mg/L), se presenta una ligera dilución por efecto de las lluvias.

El contenido de manganeseo en el río CAP-2 (0.0717 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (0.0002 – 0.6964 mg/L), se observa una dilución del contenido de manganeseo por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo las concentraciones de hierro se encuentran entre 0.0792 y 0.8087 mg/L, la estación 13172RTumi cumplen con el ECA Agua categoría 3 agua de riego, las estaciones 13172RMoqu1, 13172RMoqu2 y 13172ROsmo1 superan lo establecido por los ECA Agua Categoría 3 agua de riego estos resultados son característicos de la época húmeda donde escorrentías o desprendimientos de suelo permiten el ingreso de manganeso al agua incrementando considerablemente su concentración.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de hierro en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (0.0792 mg/L) es baja, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.8087 mg/L) es alto, debido al ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos que pueden ingresar a través de otra fuente de agua (afluente del Moquegua), la estación 13172RMoqu2 (0.2749 mg/L) es alta y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.6242 mg/L) es alta debido al ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos que pueden ingresar a través de otra fuente de agua (activación de quebradas en la parte baja de la cuenca). Los resultados del MAP 5 en comparación con los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para la estación 13172Rtumi1 (0.0296 – 0.2978 mg/L) es similar, para 13172RMoqu1 (0.03808 – 0.2719 mg/L) es muy alta, 13172RMoqu2 (0.0348 – 0.2926 mg/L) es similar y 13172Rosmo1 (0.0193 – 0.2816 mg/L) muy alta, el ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos, activación de quebradas que han sido frecuentes con el Fenómeno del Niño, incrementaron en forma temporal la concentración de manganeso en las estaciones de monitoreo de la zona de Moquegua e Ilo.

## Plomo



**Gráfico 30.** Variación espacial del contenido de plomo de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

El Plomo ocurre en forma natural en el ambiente, sin embargo, muchas de las grandes concentraciones encontradas en algunos lugares puede deberse a actividades antropogénicas. El nivel de plomo en el ambiente se ha incrementado entre 1950 y el 2000 principalmente debido al uso de combustibles con

plomo. El plomo puede ingresar al ambiente por liberación de minerales de plomo o contenido en otros minerales. El ECA Agua categoría 3 fija un valor de 0,05 mg/L para el Plomo.

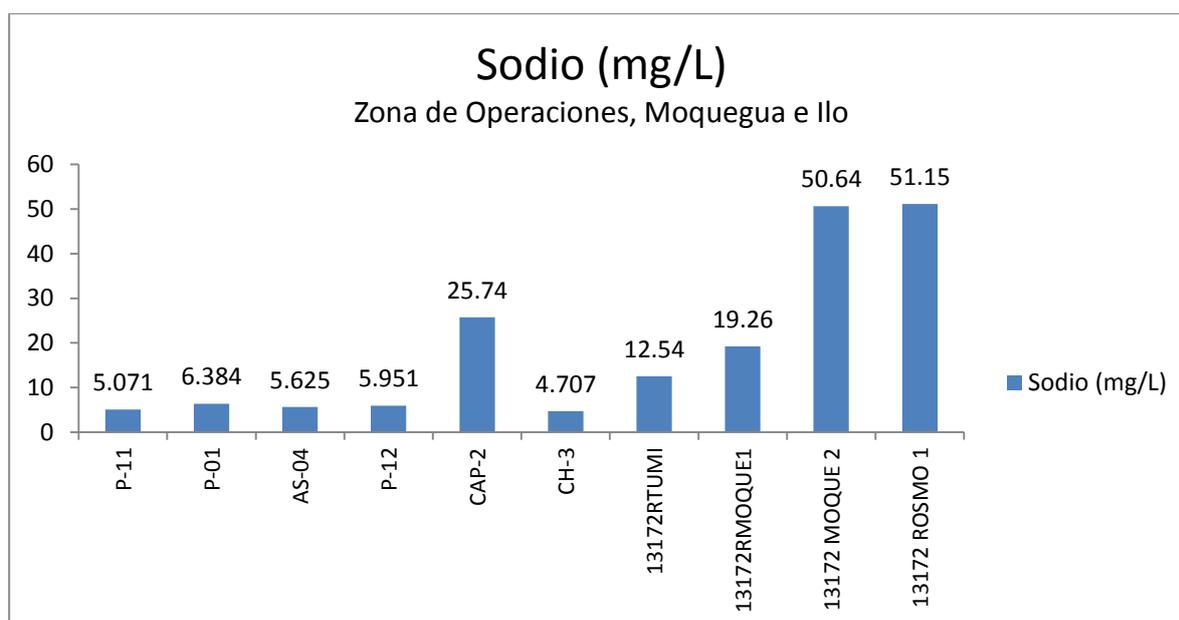
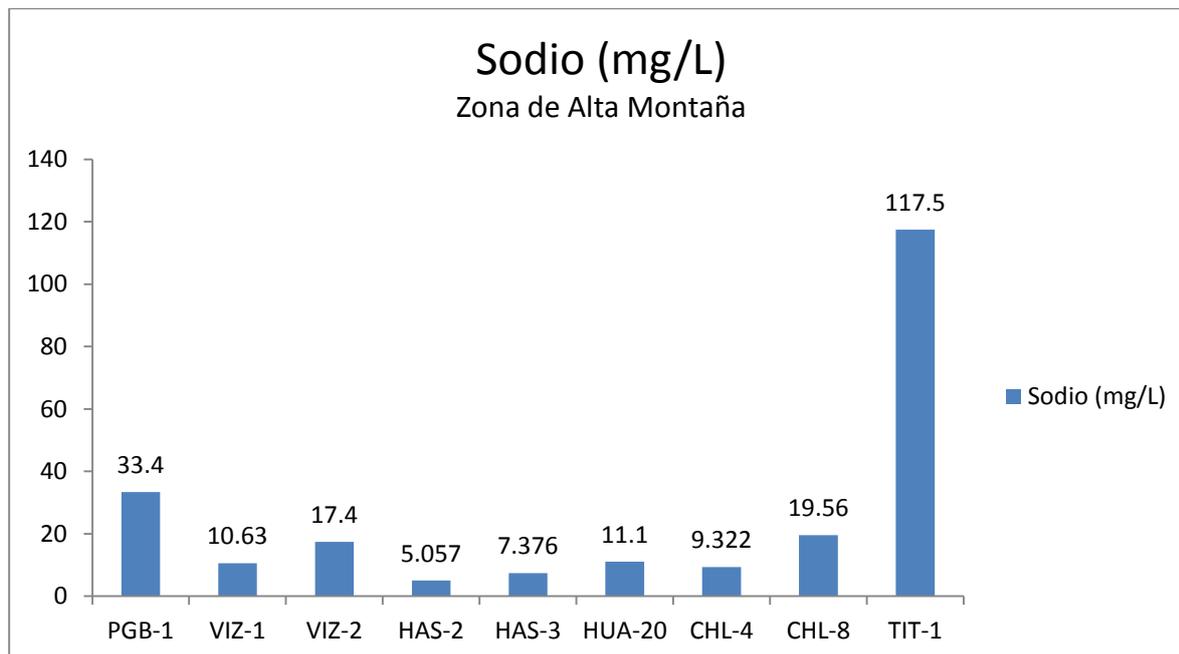
Como se observa en gráfico 30, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña no se ha detectado concentraciones de plomo  $<0.0002$  mg/L y en el TIT-1  $0.0032$  mg/L, todas cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son similares para el PGB-1 ( $0.0001 - 0.044$  mg/L), VIZ-1 ( $<0.0002 - 0.0033$  mg/L), VIZ-2 ( $<0.0001 - 0.04$  mg/L), CHL-4 ( $0.00005$  mg/L), CHL-8 ( $<0.0001 - 0.0266$  mg/L), HUA-20 ( $0.00019$  mg/L), HAS-2 ( $0.00005 - <0.0003$  mg/L), HAS-3 ( $0.00017 - <0.0003$  mg/L) y TIT-1 ( $<0.0001 - 0.0272$  mg/L) se observa dilución de la concentración de plomo por efecto de las lluvias en época húmeda.

Como se observa en gráfico 30, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de cadmio entre  $<0.00003$  y  $0.00033$  mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de plomo en el agua de la zona de operaciones no ha sido detectada ( $<0.0002$  mg/L), excepto en CAP-02 ( $0.0021$  mg/L) todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego. Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 ( $<0.0001 - 0.0034$  mg/L), P-01 ( $<0.0001 - 0.0055$  mg/L), AS-04 ( $<0.0001 - 0.00031$  mg/L), P-12 ( $<0.0001 - 0.0055$  mg/L), CAP-2 ( $<0.0001 - 0.042$  mg/L), CH-3 ( $<0.0001 - 0.0056$  mg/L), se observa una dilución del contenido de plomo por efecto de las lluvias.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de plomo en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 ( $<0.0002$  mg/L) no ha sido detectado, en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 ( $0.0158$  mg/L) es bajo probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua, la estación 13172RMoqu2 ( $0.004$  mg/L) es baja y en el río Osmore 13172Rosmo1 ( $0.0112$  mg/L) es bajo probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua (activación de quebradas). Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para la estación 13172Rtumi1 ( $<0.001 - 0.0015$  mg/L), mayor para 13172RMoqu1 ( $0.00005 - <0.0002$  mg/L), mayor para 13172RMoqu2 ( $<0.0001 - 0.00012$  mg/L) y mayor para 13172Rosmo1 ( $0.00008 - <0.0002$  mg/L), el ingreso de material de suelo por escorrentías o desprendimientos, activación de quebradas que han sido frecuentes con el Fenómeno del Niño, incrementaron en forma temporal la concentración de plomo en las estaciones de monitoreo de la zona de Moquegua e Ilo.

## Sodio



**Gráfico 31.** Variación espacial del contenido de sodio de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los compuestos de sodio forman más del 3 % de la corteza terrestre. Muchas rocas que contienen sodio son fácilmente degradables. El sodio es removido por intercambio iónico desde el suelo. Las sales de sodio son muy solubles en agua, la concentración de sodio en aguas fuertemente mineralizadas están entre varios gramos a más de 100 g/L, mientras que aguas con baja mineralización están entre varios miligramos a menos de 1000 mg/L. El sodio está generalmente presente en forma libre, pero

puede encontrarse junto a muchos pares iónicos como el carbonato, bicarbonato, sulfato y cloruros. El ECA Agua categoría 3 no fija un valor para el Sodio.

Como se observa en gráfico 31, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña, excepto TIT-1 presenta concentraciones de sodio entre 5.057 y 33.4 mg/L, estos resultados son característicos de la época húmeda donde el efecto de la lluvia puede estar solubilizando iones calcio del fondo o del suelo o puede diluir. La calidad del agua en el río Vizcachas en la estación PGB-1 (33.4 mg/L) presenta valores bajos por dilución por efecto de lluvias, VIZ-1 (10.63 mg/L) presenta valor bajo por dilución por el ingreso de otros cuerpos de agua y VIZ-2 (17.4 mg/L) presentan valores bajos de sodio que disminuye con el ingreso de fuentes de agua y se incrementa con el agua del río Chilota, estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son similares para el PGB-1 (28.18 – 62.53 mg/L), VIZ-1 (11.28 – 64.75 mg/L) y VIZ-2 (10.78 – 61.8 mg/L), se observa dilución de la concentración de sodio por efecto de las lluvias en época húmeda.

El contenido de sodio del agua en el río Chilota CHL-4 (9.322 mg /L) y CHL-8 (19.56 mg/L), son bajos y son similares de lo esperado en los MAP 3 y 4 para CHL-4 (8.63 – 9.324 mg/L) y la línea de base ambiental para el CHL-8 (11.36 – 125.8 mg /L), se observa una dilución del contenido de sodio por efecto de la dilución generada por lluvias e ingresos de otras fuentes de agua en la estación CHL-8.

El contenido de sodio en el río Calasaya HUA-20 (11.1 mg/L) y las quebradas HAS-2 (5.057 mg/L) y HAS-3 (7.376 mg /L) en comparación con los reportados en los MAP 3 y 4 para HUA-20 (13.15 – 21.27 mg /L), HAS-2 (5.572 – 6.036 mg/L) son similares y para HAS-3 (4.65 – 5.2 mg /L) son mayores, se observa efecto disolución de iones sodio desde el fondo o del suelo por efecto de incremento del caudal.

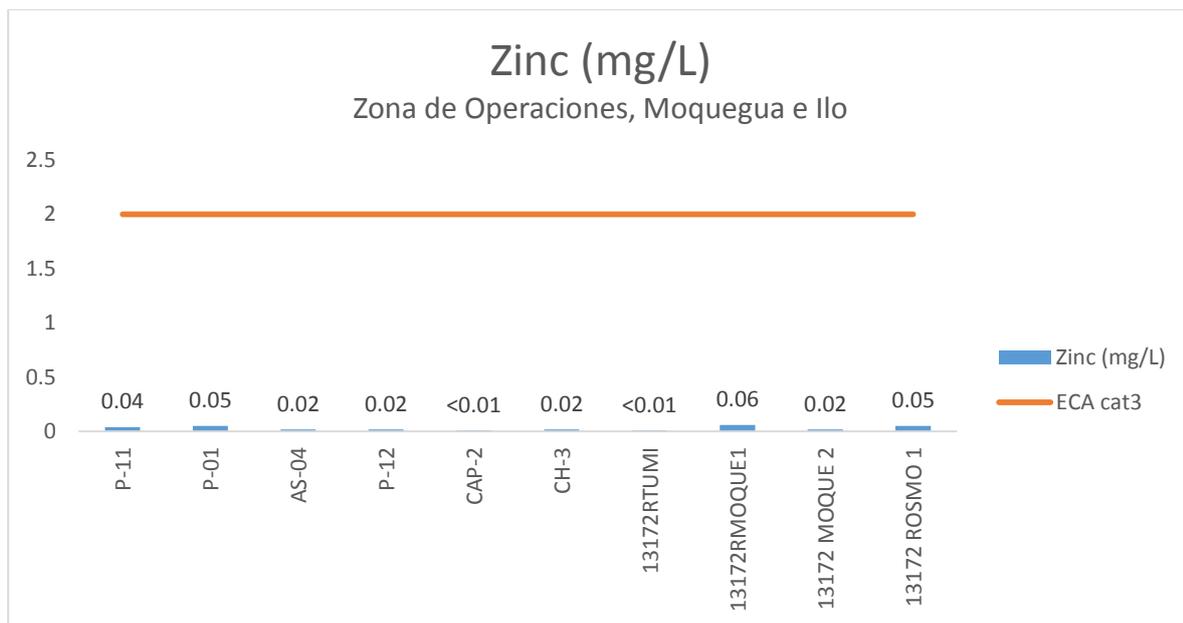
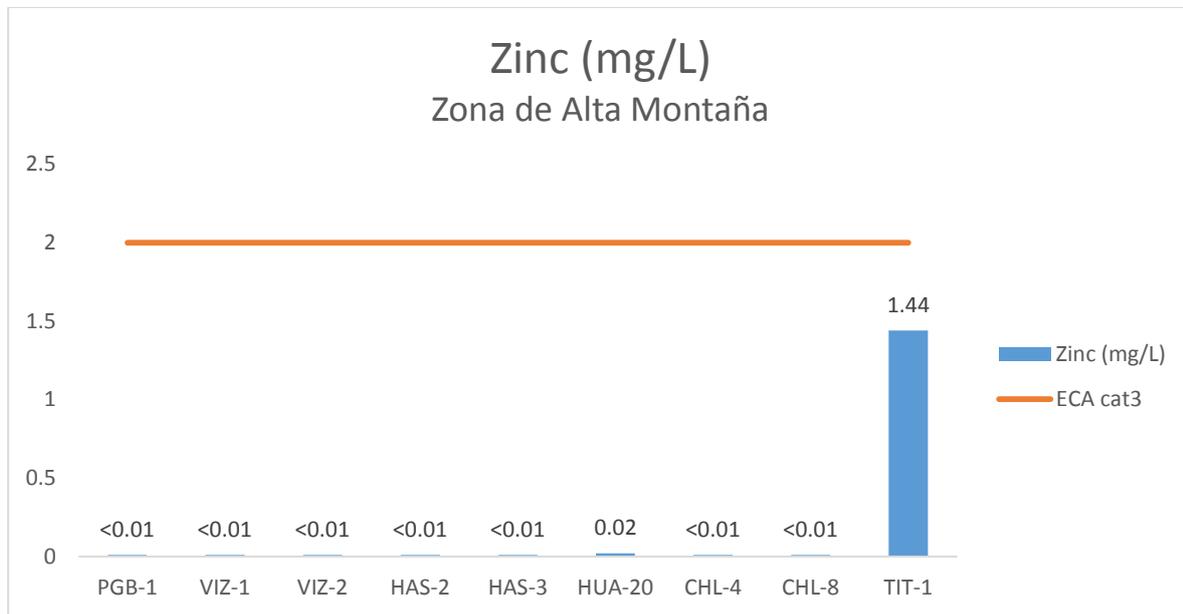
El contenido de sodio en el río Titire en la estación TIT-1 (117.5 mg/L), este valor es esperado en la línea de base ambiental (45.33 – 3199 mg/L), se observa dilución del contenido de sodio en época húmeda por efecto de las lluvias.

Como se observa en gráfico 31, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de sodio entre 4.707 y 51.15 mg/L, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de sodio en el agua de la zona de operaciones de las estaciones del río Asana P-11 (5.071 mg/L), AS-4 (5.625 mg/L), P-12 (5.951 mg/L) son bajos, situación similar sucede en las estaciones de las aguas de la quebrada Millune P-01 (6.384 mg/L), río Charaque CH-3 (4.707 mg/L) estos valores comparado a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 para la estación AS-4 (6.702 – 7.59 mg/L) son menores; para los valores de línea base para las estaciones P-11 (4.71 – 7.75 mg/L) son similares, P-12 (4.19 – 10.3 mg/L) son similares, P-01 (6.46 – 14.15 mg/L) , CH-3 (3.85 – 7.29 mg/L) son similares, estos valores son bajos por efecto de dilución de lluvias. El contenido de sodio en el río Capillune CAP-2 (25.74 mg /L) es bajo y se encuentra dentro de lo esperado para la línea de base CAP-2 (20.3 – 520.6 mg/L), se observa una dilución del contenido de sodio por efecto de las lluvias en esta estación.

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de sodio en el río Tumulaca estación 13172Rtumi1 (12.54 mg/L), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (19.26 mg /L), 13172RMoqu2 (50.64 mg/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (51.15 mg/L) son bajas. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, para la estación 13172Rtumi1 (18.06 – 21.61 mg/L) es similar, para 13172RMoqu1 (66.84 – 108.9 mg/L) es menor, para 13172RMoqu2 (164.1 – 290.9 mg/L) es menor y para 13172Rosmo1 (143.7 – 265.3 mg/L) es menor, existe una gran dilución de este elemento por incremento del caudal en época de lluvia.

## Zinc



**Gráfico 32.** Variación espacial del contenido de Zinc de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

La concentración de Zinc en aguas superficiales usualmente está por debajo de 10 ug/L y en aguas subterráneas de 10 a 40 ug/L. En el agua de los grifos el contenido de zinc puede ser mayor debido a la lixiviación del Zinc desde las tuberías y accesorios, especialmente en aguas corrosivas con valores de pH bajos, alto contenido de dióxido de carbono y bajo contenido de sales minerales. El ECA Agua categoría 3 fija un valor de 2 mg/L para el Zinc para la subcategoría agua de riego D1.

Como se observa en gráfico 32, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña excepto TIT-1 se ha detectado bajas concentraciones de zinc (<0.01 – 1.44 mg/L) PGB-1 (<0.01 mg/L), VIZ-1 (<0.01 mg/L), VIZ-2 (<0.01 mg/L), HAS-2 (<0.01 mg/L), HAS-3 (<0.01 mg/L), HUA-20 (0.02 mg/L), CHL-4 (<0.01 mg/L) y CHL-8 (<0.01 mg/L) cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, son similares para el PGB-1 (0.003 – 0.772 mg/L), VIZ-1 (0.001 – 0.3033 mg/L), VIZ-2 (0.0012 – 0.59 mg/L), CHL-4 (<0.0008 – 0.0062 mg/L), CHL-8 (<0.003 – 2.115 mg /L), HUA-20 (<0.01 – 0.0095 mg /L), HAS-2 (<0.0008 – 0.006 mg/L) y HAS-3 (0.0012 – 0.009 mg /L) se observa dilución de la concentración de zinc por efecto de las lluvias en época húmeda.

El contenido de zinc en el río Titire en la estación TIT-1 (1.44 mg/L) cumple el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es mayor al esperado en la línea de base ambiental (0.003 – 0.711 mg/L), se observa un valor alto del contenido de zinc en época húmeda por efecto de las lluvias probable ingreso desde el suelo por escorrentias.

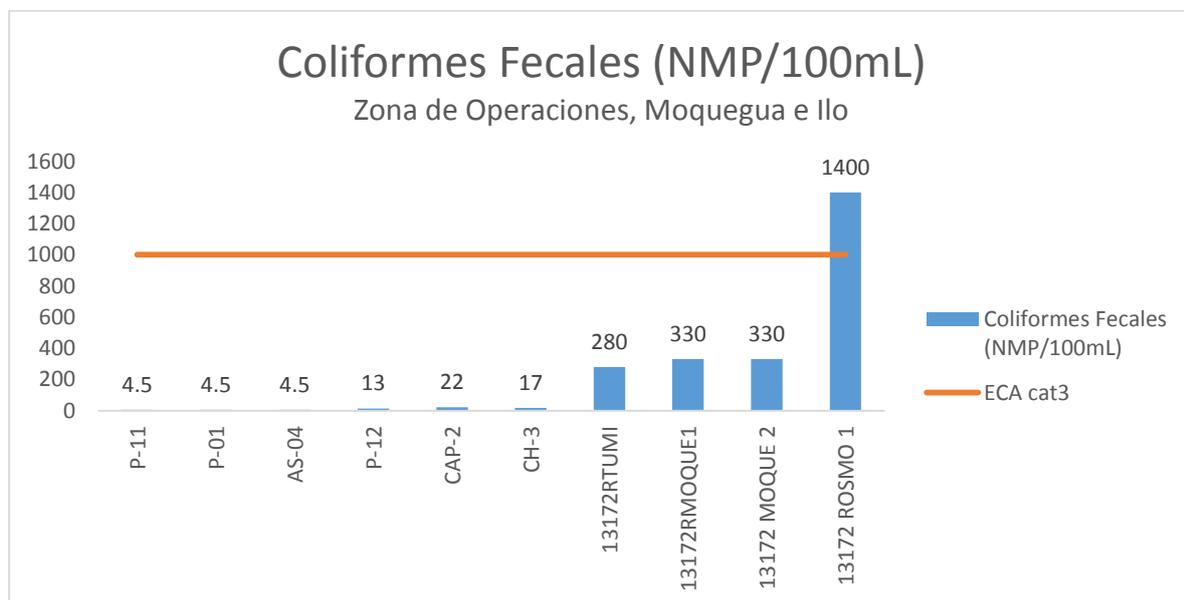
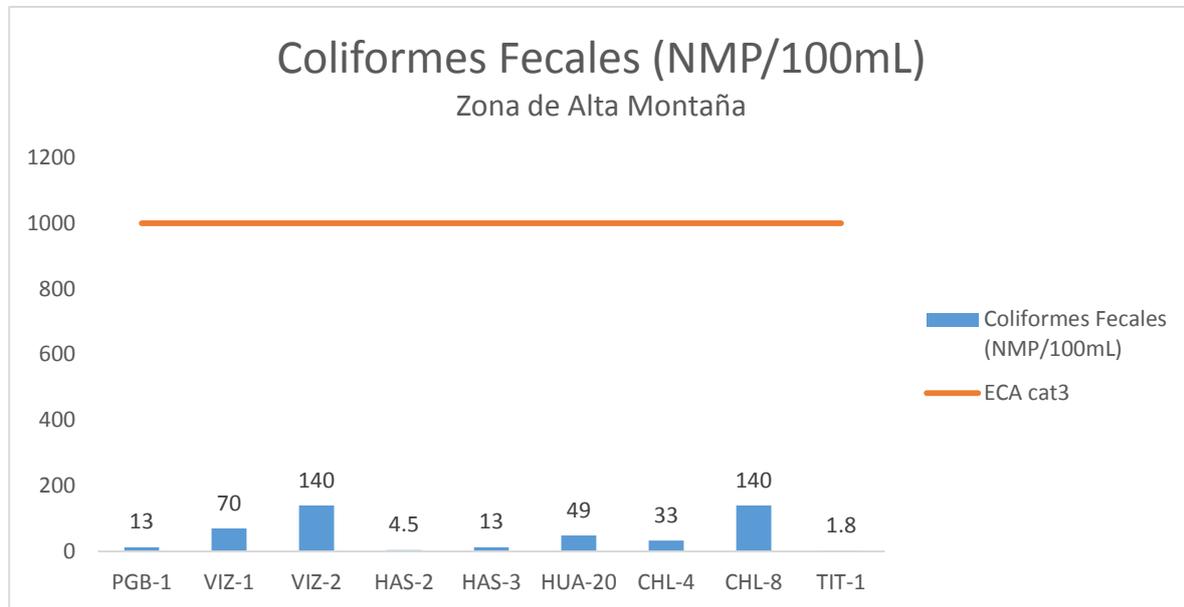
Como se observa en gráfico 32, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones, Moquegua e Ilo presentan concentraciones de zinc entre <0.01 y 0.06 mg/L, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de zinc en el agua de la zona de operaciones en el río Asana estación P-11 (0.04 mg/L) es baja, AS-04(0.02 mg/L) es similar al MAP 1, 2 y 4, P-12 (0.02) es bajo, en la quebrada Millune (0.05) es baja, en los ríos Charaque CH-3 (0.02 mg/L) y Capillune (<0.01 mg/L) son bajos en todos los casos por dilución ocasionado por las lluvias. Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 (<0.003 – 0.303 mg/L), P-01 (<0.003 – 0.439 mg/L), AS-04 (<0.01 - 0.0117 mg/L), P-12 (<0.003 – 0.273 mg/L), CAP-2 (<0.003 – 0.264 mg/L), CH-3 (<0.003 – 1.014 mg/L).

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de zinc en el río Tumulaca estación 13172Rtumi1 (<0.01 mg/L), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (0.06 mg /L), la estación 13172RMoqu2 (0.02 mg/L) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (0.05 mg/L) son bajos probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para la estación13172Rtumi1 (<0.003 - 0.0083 mg/L), mayor para 13172RMoqu1 (<0.003 – 0.0042 mg/L), similar para 13172RMoqu2 (<0.003 – 0.0236 mg/L) y mayor para 13172Rosmo1 (<0.003 - 0.016 mg/L mg/L), existe ingreso de zinc desde el suelo por escorrentía o desprendimiento de suelo o ingreso de otros cuerpos de agua al río.

## MICROBIOLÓGICOS

### Coliformes Termotolerantes o Fecales



**Gráfico 33.** Variación espacial de la numeración de fecales de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los Coliformes Termotolerantes o Fecales son parte de los coliformes totales, crecen con lactosa y fermentan a 44,5 °C, produciendo ácido y gas en las primeras 48 horas de incubación. Están relacionados con contaminación fecal procedente de animales de sangre caliente. La termotolerancia

se considera un mecanismo de adaptación a elevadas temperaturas que se encuentran en el tracto entérico de los animales, lo que se basa en una superior estabilidad de las proteínas al calor.

Como se observa en gráfico 33, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña se ha detectado bajas concentraciones de coliformes termotolerantes o fecales (1.8 – 140 NMP/100 mL) cumplen con el ECA Agua categoría 3 agua de riego. Los valores reportados en las estaciones PGB-1 (13 NMP/100 mL), VIZ-1 (70 NMP/100 mL), VIZ-2 (140 NMP/100 mL), HAS-2 (4.5 NMP/100 mL), HAS-3 (13 NMP/100 mL), HUA-20 (49 NMP/100 mL), CHL-4 (33 NMP/100 mL), CHL-8 (140 NMP/100 mL) y TIT-1 (1.8 NMP/100 mL) son un poco más altos que los históricos, característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, para las estaciones del río Vizcachas PGB-1 (1.8 – 6.8 NMP/100 mL), VIZ-1 (2 – 49 NMP/100 mL) y VIZ-2 (2 – 110 NMP/100 mL) son mayores probable ingreso por escorrentía desde el suelo; las estaciones del río Chilota CHL-4 (2 – 45 NMP/100 mL) es similar, CHL-8 (0.4 – 49 NMP/100 mL) es mayor probable ingreso desde el suelo; es las quebradas HUA-20 (13 – 120 NMP/100 mL), HAS-2 (<1.8 – 17 NMP/100 mL) y HAS-3 (<1.8 – 20 NMP/100 mL) son similares.

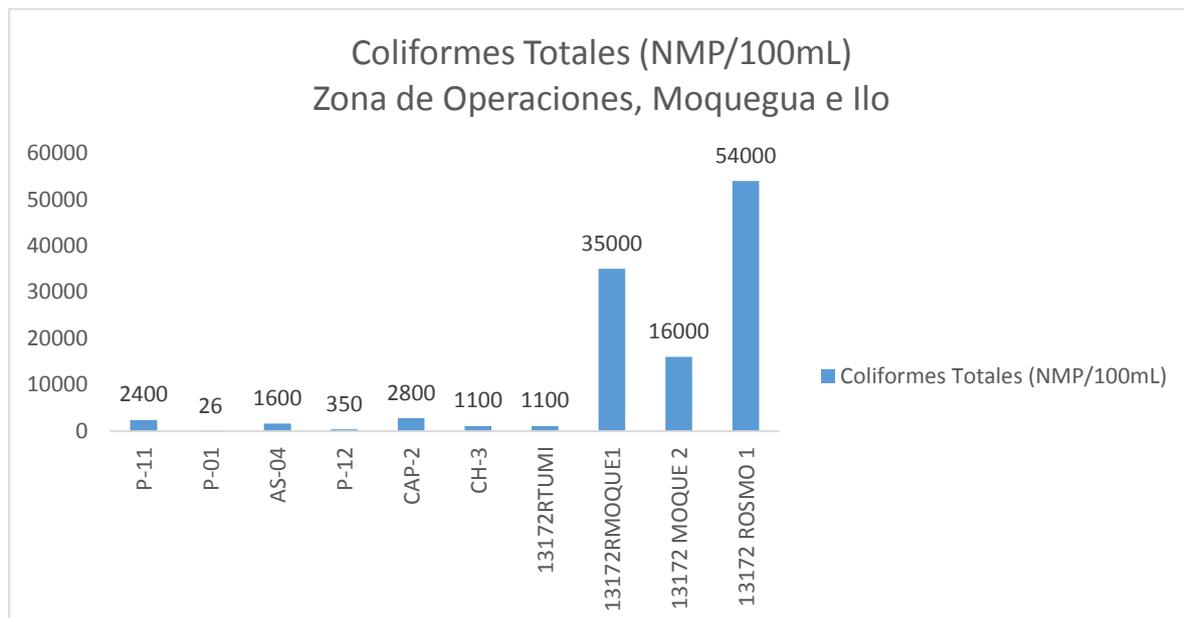
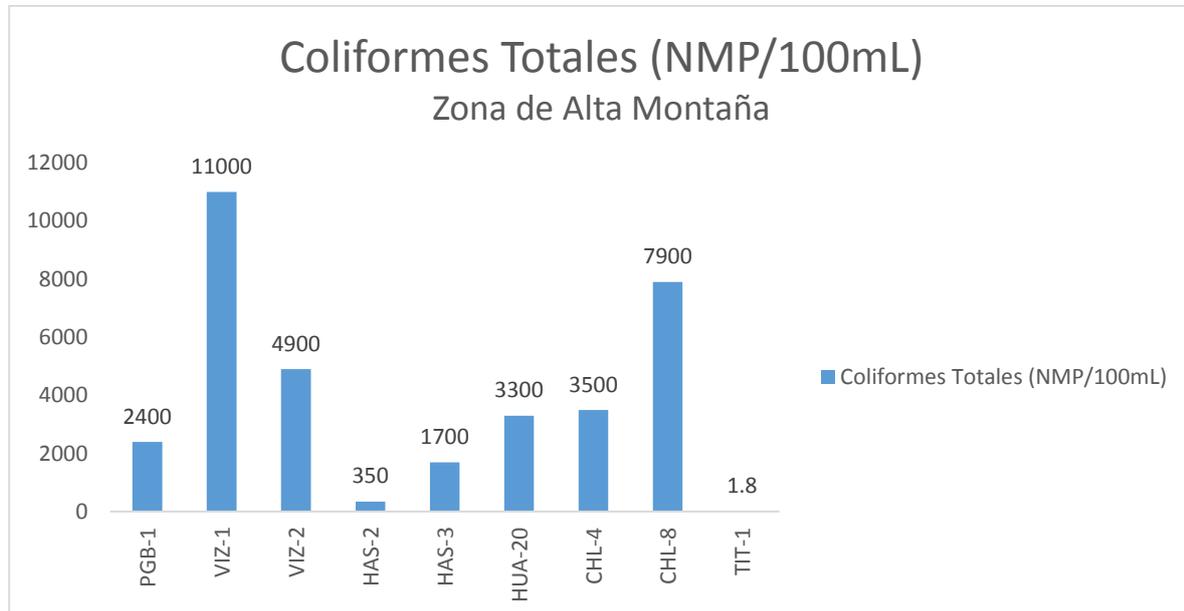
El contenido de coliformes termotolerantes en el río Titire en la estación TIT-1 (<1.8 NMP/100 mL) cumple el valor establecido por el ECA Agua categoría 3 agua de riego, este valor es similar al esperado en la línea de base ambiental (<1.8 – 4.5 NMP/100 mL), se observa un valor bajo del contenido de coliformes termotolerantes en época húmeda y seca por la presencia de altos valores de conductividad y sales.

Como se observa en gráfico 33, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones presentan concentraciones de coliformes termotolerantes entre <4.5 a 22 NMP/100 mL, todos cumplen con el ECA Agua Categoría 3 agua para riego, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de coliformes termotolerantes en el agua de la zona de operaciones en el río Asana estación P-11 (4.5 NMP/100 mL), AS-04 (4.5 NMP/100 mL), P-12 (13 NMP/100 mL), en la quebrada Millune (4.5 NMP/100 mL), en los ríos Charaque CH-3 (17 NMP/100 mL) y Capillune (22 NMP/100 mL) son bajos en todos los casos por dilución ocasionado por las lluvias. Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.4 – 1400 NMP/100 mL), P-01 (0.4 – 2 NMP/100 mL), AS-04 (<1.8 - 20 NMP/100 mL), P-12 (0.4 – 1700 NMP/100 mL), CAP-2 (<1.8 – 170 NMP/100 mL), CH-3 (<1.8 – 34 mg/L).

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de coliformes termotolerantes en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (280 NMP/100 mL), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (330 NMP/100 mL), la estación 13172RMoqu2 (330 NMP/100 mL) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (1400 NMP/100 mL) son bajos probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para las estaciones 13172Rtumi1 (4.5 - 3500 mg/L), 13172RMoqu1 (4.5 – 790 NMP/100 mL), 13172RMoqu2 (33 – 630 mg/L) y menor que las concentraciones en 13172Rosmo1 (27 - 270 NMP/100 mL), existe ingreso de coliformes termotolerantes desde el suelo por escorrentía o desprendimiento de suelo o ingreso de otros cuerpos de agua al río.

## Coliformes Totales



**Gráfico 34.** Variación espacial de la numeración de coliformes totales de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial - zona de alta montaña, zona de operaciones, Moquegua e Ilo del MAP-5 marzo 2017.

Los coliformes totales son bacterias de morfología bacilar, gramnegativas, aerobias o anaerobias facultativas, no formadoras de endosporas, oxidas negativas y que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24 – 48 horas a 36 °C. Pueden ser de origen fecal o provenientes del suelo y vegetación.

Como se observa en gráfico 34, la calidad del agua de las estaciones de la zona de alta montaña se ha detectado concentraciones moderadas de coliformes totales (350 – 11000 mg/L). Los valores reportados en las estaciones PGB-1 (2400 NMP/100 mL), VIZ-1 (11000 NMP/100 mL), VIZ-2 (4900 NMP/100 mL), HAS-2 (350 NMP/100 mL), HAS-3 (1700 NMP/100 mL), HUA-20 (3300 NMP/100 mL), CHL-4 (3500 NMP/100 mL), CHL-8 (7900 NMP/100 mL) y TIT-1 (1.8 NMP/100 mL) son más altos que los históricos, característicos de la época húmeda donde pueden presentarse escorrentías desde el suelo por efectos de lluvia. Estos valores en comparación con la línea de base ambiental, MAP 3 y 4, para las estaciones del río Vizcachas PGB-1 (<1.8 – 230 NMP/100 mL), VIZ-1 (4.5 – 2200 NMP/100 mL) y VIZ-2 (2 – 9200 NMP/100 mL) son mayores probable ingreso por escorrentía desde el suelo; las estaciones del río Chilota CHL-4 (23 – 5400 NMP/100 mL) y CHL-8 (0.4 – 11000 NMP/100 mL) es similar; en las quebradas HUA-20 (33 – 7000 NMP/100 mL), HAS-2 (22 – 16000 NMP/100 mL) y HAS-3 (33 – 11000 NMP/100 mL) son similares.

El contenido de coliformes totales en el río Titire en la estación TIT-1 (1.8 NMP/100 mL) es similar al esperado en la línea de base ambiental (<1.8 – 49 NMP/100 mL), se observa un valor bajo del contenido de coliformes totales en época húmeda y seca por la presencia de altos valores de conductividad y sales.

Como se observa en gráfico 34, la calidad del agua de las estaciones de la zona de operaciones presentan concentraciones de coliformes totales entre 26 a 2800 NMP/100 mL, estos resultados son característicos de la época húmeda donde pueden presentarse dilución por efectos de lluvia.

La concentración de coliformes totales en el agua de la zona de operaciones en el río Asana estación P-11 (2400 NMP/100 mL), AS-04 (1600 NMP/100 mL), P-12 (350 NMP/100 mL), en la quebrada Millune (26 NMP/100 mL), en los ríos Charaque CH-3 (1100 NMP/100 mL) son bajos y en la estación Capillune CAP-2 (2800 NMP/100 mL) son altos. Estos valores son similares a los resultados obtenidos en los MAP 1, 2 y 4 y valores de línea base para las estaciones P-11 (0.4 – 35000 NMP/100 mL), P-01 (0.4 – 79 NMP/100 mL), AS-04 (7.8 - 3500 NMP/100 mL), P-12 (0.4 – 7900 NMP/100 mL), CAP-2 (0.4 – 1400 NMP/100 mL), CH-3 (0.4 – 240 NMP/100 mL).

En la zona de Moquegua e Ilo el contenido de coliformes totales en el río Tumilaca estación 13172Rtumi1 (1100 NMP/100 mL), en el río Moquegua estación 13172RMoqu1 (35000 NMP/100 mL), la estación 13172RMoqu2 (16000 NMP/100 mL) y en el río Osmore 13172Rosmo1 (54000 NMP/100 mL) son altos probable ingreso por escorrentía o aporte de otro cuerpo de agua. Los resultados del MAP 5 en comparación a los resultados de los MAP 1, 2 y 4, es similar para las estaciones 13172Rtumi1 (240 - 17000 mg/L), 13172RMoqu1 (220 – 22000 NMP/100 mL), 13172RMoqu2 (920 – 7000 mg/L) y mayor que las concentraciones en 13172Rosmo1 (170 - 7000 NMP/100 mL), existe ingreso de coliformes totales desde el suelo por escorrentía o desprendimiento de suelo o ingreso de otros cuerpos de agua al río.

### Tablas resumen de resultados de calidad de agua

**Tabla 08. Principales Observaciones de los resultados zona de abastecimiento**

Cuenca	Estación de Monitoreo	Parámetros observados que no cumplen el ECA Agua Cat 3.	Justificación
Titire	TIT-1	pH, Al, As, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn	Influencia de escorrentías desde el suelo
Chilota	CHL-4	No tiene observaciones	
	CHL-8	No tiene observaciones	
Calasaya	HAS-2	pH	Presencia de suelos carbonatados.
	HAS-3	No tiene observaciones	
	HUA-20	No tiene observaciones	
Vizcachas	PGB-1	Mn	Influencia de escorrentías desde el suelo, dilución por efecto de lluvias.
	VIZ-1	No tiene observaciones	
	VIZ-2	No tiene observaciones	

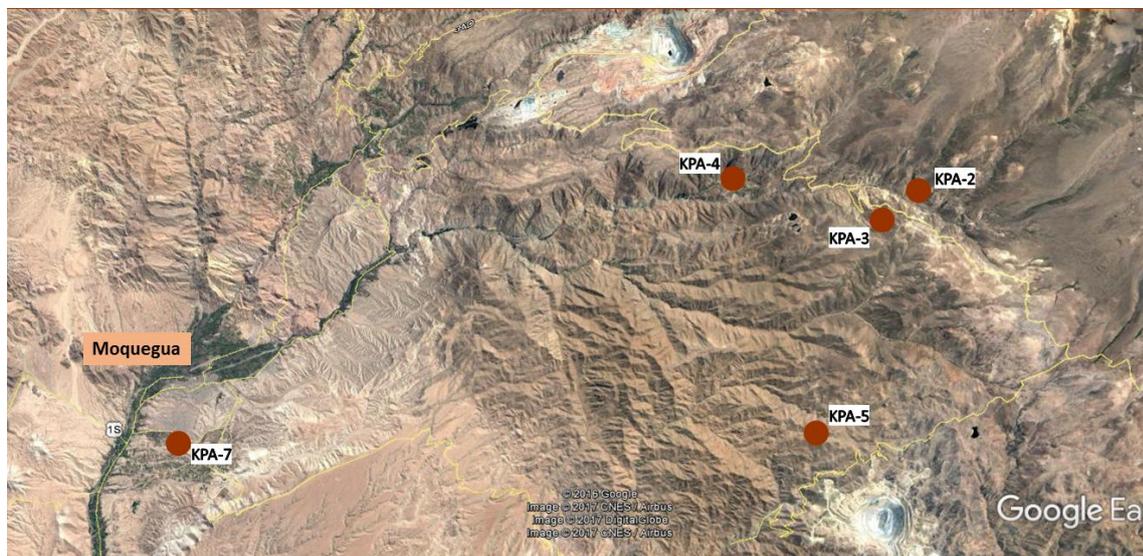
**Tabla 09. Principales Observaciones de los resultados zona de operaciones**

Cuenca	Estación de Monitoreo	Parámetros observados que superan en ECA Agua Cat 3.	Justificación
Millune	P-01	pH bajo y Mn	Escorrentías desde el suelo
Asana	P-11	No tiene observaciones	
	AS-4	No tiene observaciones	
	P-12	No tiene observaciones	
Charaque	CH-3	No tiene observaciones	
Capillune	CAP-2	No tiene observaciones	
Tumilaca	13172RTumi	No tiene observaciones	
Moquegua	131712RMoqu1	Al, Fe, Mn	Ingreso de escorrentías desde el suelo, desprendimientos de suelo.
	131712RMoqu2	Al, Fe	
Osmore	13172Rosmo1	Al, Fe, Mn, Col Term	Ingreso de escorrentías desde el suelo, activación de quebradas.

Se han monitoreado 31 parámetros del Estándar de Calidad Ambiental ECA Categoría 3 agua para riego D-1 y 39 parámetros adicionales que permiten entender el comportamiento químico del cuerpo de agua

## 4.2. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

### 4.2.1. Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire



**Figura 03.** Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire en la zona de operaciones MAP-5  
Marzo 2017

### 4.2.2. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.

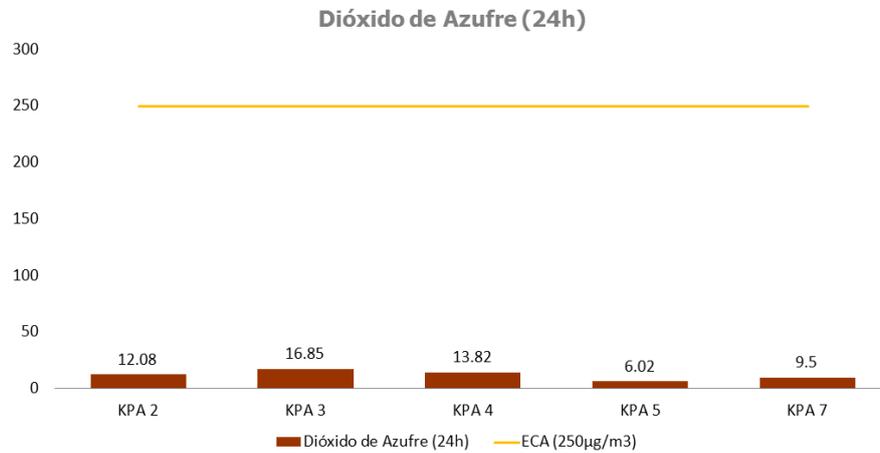
Tabla 10. Resultados de Análisis químicos de laboratorio de calidad de aire

			102551/2017-1.0	102553/2017-1.0	102554/2017-1.0	203352/2017-1.0	102555/2017-1.0
			18/03/2017	17/03/2017	19/03/2017	26/05/2017	15/03/2017
			13:00:00	09:00:00	15:00:00	10:30:00	06:00:00
			Calidad de Aire				
Parámetro	Unidad	LD	KPA 2	KPA 3	KPA 4	KPA-5	KPA 7
Dirección de Viento*	---	---	W	NW	SW	W	N
Humedad Relativa*	%	0.1	83.9	86.5	88.8	48.8	73.7
Presión Atmosférica*	mBar	0.1	661.2	627.5	689.2	664.1	867.1
Temperatura a Nivel del Suelo*	°C	0	8.9	6.8	10	9.4	20.3
Velocidad del Viento*	m/s	0.1	5.4	4.6	4.4	3.8	4
Dióxido de Azufre (24h)	µg/m3	0.88	12.08	16.85	13.82	6.02	9.5
Dióxido de Nitrógeno (1h)	µg/m3	0.45	57.01	61.9	37.25	9.2	76.2
Monóxido de Carbono (8h)	µg/m3	85.89	859	859	773	873.1	458
Material Particulado PM10	µg/m3	1	17.3	7.7	9	7	40.9
Material Particulado PM2.5*	ug/m3	1	13.4	5.6	4	5.1	21.6
Aluminio (Al)	µg/m3	0.002	0.212	0.099	0.079	0.126	0.644
Antimonio (Sb)	µg/m3	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001	< 0.001
Arsénico (As)	µg/m3	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	<0.002	< 0.002
Bario (Ba)	µg/m3	0.0002	0.0023	0.0014	0.0007	0.0013	0.011
Berilio (Be)	µg/m3	1E-05	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	<0.00001	< 0.00001
Bismuto (Bi)	µg/m3	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Boro (B)	µg/m3	0.001	0.004	0.004	< 0.001	0.004	0.002
Cadmio (Cd)	µg/m3	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	<0.0001	0.0011
Calcio (Ca)	µg/m3	0.01	0.3	0.05	0.07	0.27	0.92
Cobalto (Co)	µg/m3	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	<0.0001	0.0007
Cobre (Cu)	µg/m3	0.001	0.017	0.03	0.033	0.025	0.053
Cromo (Cr)	µg/m3	0.0001	0.0044	0.0031	0.0214	<0.0001	0.0033
Estaño (Sn)	µg/m3	0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	<0.0002	< 0.0002
Estroncio (Sr)	µg/m3	0.0002	0.0021	0.001	0.0009	0.0006	0.0062
Fósforo (P)	µg/m3	0.001	1.106	1.208	1.315	0.723	0.969
Hierro (Fe)	µg/m3	0.002	0.265	0.115	0.225	0.101	0.664
Litio (Li)	µg/m3	0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	<0.003	< 0.003
Magnesio (Mg)	µg/m3	0.003	0.056	0.023	0.016	0.049	0.311
Manganeso (Mn)	µg/m3	0.001	0.006	0.002	0.003	0.004	0.018
Molibdeno (Mo)	µg/m3	0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	<0.0003	0.002
Niquel (Ni)	µg/m3	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001	< 0.001
Plata (Ag)	µg/m3	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001	< 0.001
Plomo (Pb)	µg/m3	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	<0.002	0.006
Potasio (K)	µg/m3	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.23
Selenio (Se)	µg/m3	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	<0.002	< 0.002
Silicio (Si)	µg/m3	0.002	0.052	< 0.002	< 0.002	<0.002	0.885
Sodio (Na)	µg/m3	0.01	1.35	1.37	1.59	0.83	1.94
Talio (Tl)	µg/m3	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001	< 0.001
Titanio (Ti)	µg/m3	0.0002	0.0095	0.0038	0.003	0.0041	0.0245
Vanadio (V)	µg/m3	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001	0.002
Zinc (Zn)	µg/m3	0.0002	0.005	0.0036	0.004	0.0036	0.0248

### 4.2.3. Interpretación de los Resultados de Laboratorio

#### Parámetros de Calidad de Aire

#### Dióxido de azufre



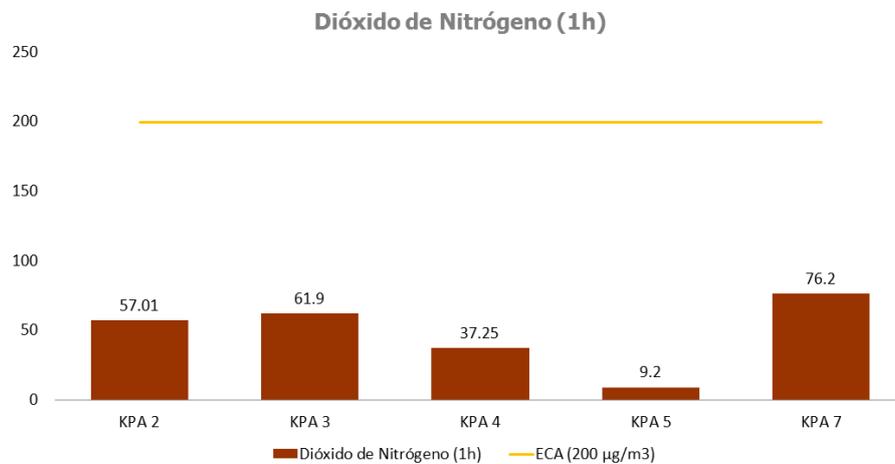
**Gráfico 35.** Variación espacial del contenido de dióxido de azufre de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de aire del MAP-5 marzo 2017.

El dióxido de azufre se forma por la combustión de combustibles fósiles o transformación de minerales sulfurados. El ECA Aire fija un valor de 250 ug/m<sup>3</sup> para este parámetro.

Como se observa en el gráfico 35, no se ha detectado mayor presencia de dióxido de azufre en el aire de la zona de estudio, lo que nos sugiere ausencia de fuentes de combustión de tipo industrial de combustibles con azufre como el diesel. Todas las estaciones cumplen con el ECA Aire.

Estos resultados son similares a los encontrados en los MAP 3 y 4 para la época seca y húmeda KPA-2 (<13 – 12.08 ug/m<sup>3</sup>), KPA-3 (<13 – 16.85 ug/m<sup>3</sup>), KPA-4 (<13 – 13.82 ug/m<sup>3</sup>), KPA-5 (10.78 – 11.05 ug/m<sup>3</sup>) y KPA-7 (9.5 – 10.06 ug/m<sup>3</sup>).

## Dióxido de Nitrógeno



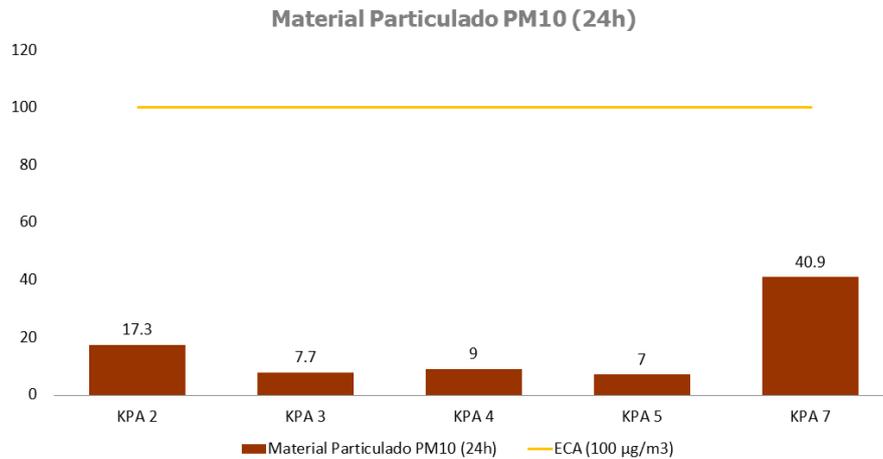
**Gráfico 36.** Variación espacial del contenido de dióxido de nitrógeno de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de aire del MAP-5 marzo 2017.

El dióxido de nitrógeno se forma por la combustión de combustibles fósiles tales como diesel, gasolina, kerosene y gas, así como otras materias primas que contienen nitrógeno. El ECA Aire fija un valor de 200 ug/m<sup>3</sup> para este parámetro.

Como se observa en el gráfico 36, se ha detectado baja presencia de dióxido de nitrógeno en el aire de la zona de estudio, lo que nos sugiere pocas fuentes de combustión de combustibles. Todas las estaciones cumplen con los ECA aire.

Estos resultados son similares a los encontrados en los MAP 3 y 4 para la época seca y húmeda KPA-2 (20 – 69 ug/m<sup>3</sup>), KPA-3 (< 4 – 63 ug/m<sup>3</sup>), KPA-4 (7.32 – 60 ug/m<sup>3</sup>), KPA-5 (4.76 – 36 ug/m<sup>3</sup>) y KPA-7 (10 – 76.2 ug/m<sup>3</sup>).

## Material Particulado menor a 10 um



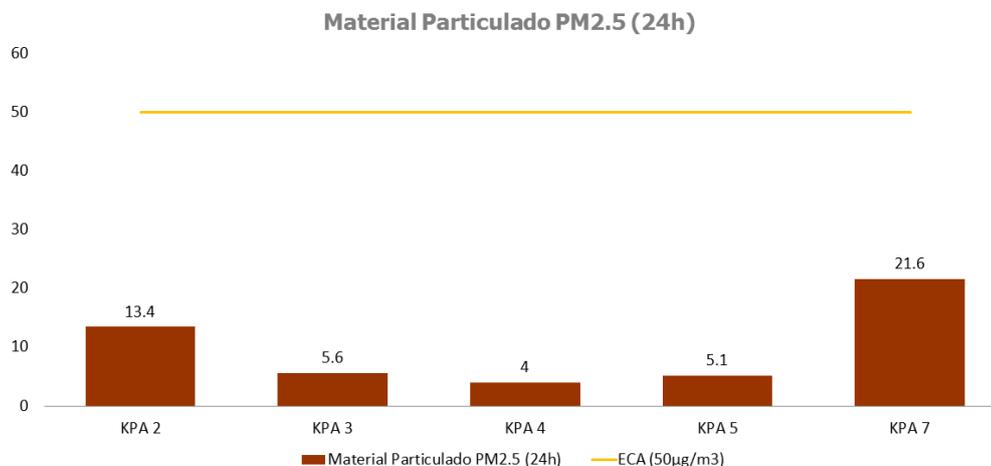
**Gráfico 37.** Variación espacial del contenido de material particulado menor a 10 um de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de aire del MAP-5 marzo 2017.

El material particulado menor a 10 um se puede formar por la combustión de combustibles fósiles tales como diesel, gasolina y kerosene, también se puede generar a partir del polvo generado por el viento. El ECA Aire fija un valor de 100 ug/m<sup>3</sup> para este parámetro.

Como se observa en el gráfico 37, se ha detectado baja presencia de material particulado PM-10 en el aire de la zona de estudio, lo que nos sugiere ausencia de fuentes de combustión y generación de polvo. La estación KPA-7 presenta valores moderados de PM-10 probablemente debido a resuspensión de material de suelo. Todas las estaciones cumplen con los ECA Aire.

Estos resultados son similares a los encontrados en los MAP 3 y 4 para la época seca y húmeda KPA-2 (12 – 65.8 ug/m<sup>3</sup>), KPA-3 (3.2 – 123.1 ug/m<sup>3</sup>), KPA-4 (16.4 – 57.8 ug/m<sup>3</sup>), KPA-5 (21.5 – 82.3 ug/m<sup>3</sup>) y KPA-7 (53.2 – 92.9 ug/m<sup>3</sup>), la estación KPA-7 presenta los mayores valores de PM-10.

### Material particulado menor a 2.5 um



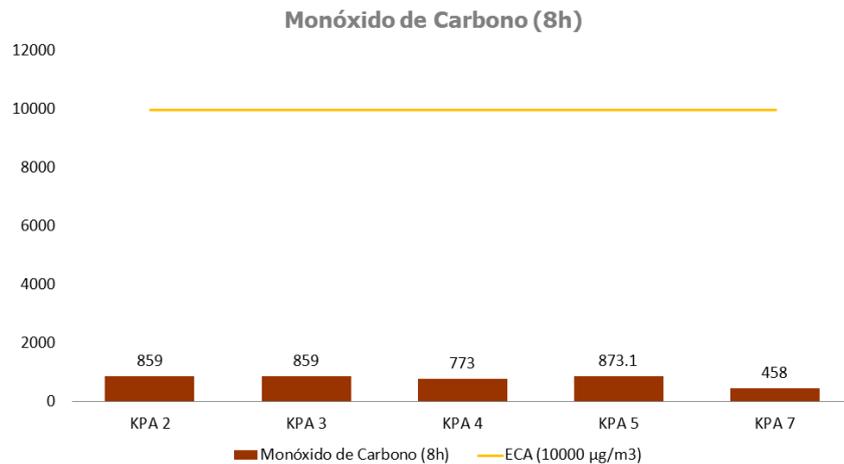
**Gráfico 38.** Variación espacial del contenido de material particulado menor a 2.5 um de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de aire del MAP-5 marzo 2017.

El material particulado menor a 2,5 um se puede formar por la combustión de combustibles fósiles tales como diesel, gasolina y kerosene, también se puede generar a partir del polvo generado por el viento. El ECA Aire fija un valor de 50 ug/m<sup>3</sup> para este parámetro.

Como se observa en el gráfico 38, no se ha detectado mayor presencia de material particulado PM-2,5 en las estaciones KPA2, KPA3, KPA4, KPA5, lo que nos sugiere ausencia de fuentes de combustión y generación de polvo. El origen del Material Particulado en la estación KPA-2 y KPA-7 es el polvo de las zonas descubiertas. Todas las estaciones de monitoreo cumplen con los ECA Aire.

Estos resultados son similares a los encontrados en los MAP 3 y 4 para la época seca y húmeda KPA-2 (9 – 15 ug/m<sup>3</sup>), KPA-3 (1.6 – 22.7 ug/m<sup>3</sup>), KPA-4 (5.4 – 28.5 ug/m<sup>3</sup>), KPA-5 (8 – 24.8 ug/m<sup>3</sup>) y KPA-7 (18 – 68.7 ug/m<sup>3</sup>), la estación KPA-7 presenta los mayores valores de PM-2.5, probablemente a material resuspendido de suelo y fuentes de combustión.

## Monóxido de Carbono



**Gráfico 39.** Variación espacial del contenido de monóxido de carbono de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de aire del MAP-5 marzo 2017.

El monóxido de carbono se puede formar por la combustión de combustibles fósiles tales como diesel, gasolina y kerosene. El ECA Aire fija un valor de 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para este parámetro.

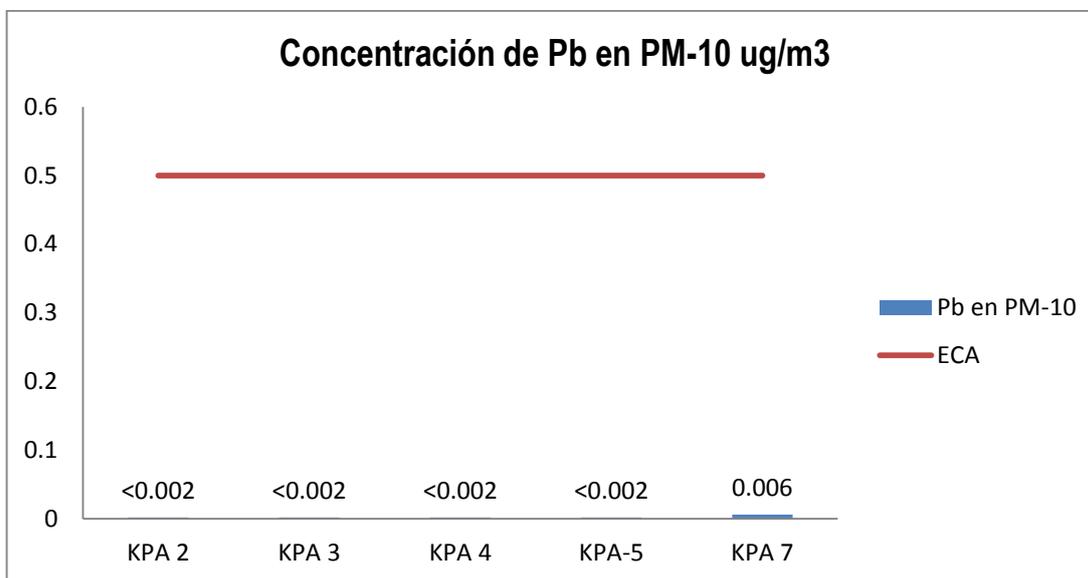
Como se observa en el gráfico 39, no se ha detectado mayor presencia de monóxido de carbono en las estaciones KPA2, KPA3, KPA4, KPA5, y KPA7. Las concentraciones de Monóxido de carbono son bajas y cumplen lo establecido por el ECA Aire.

Estos resultados son similares a los encontrados en los MAP 3 y 4 para la época seca y húmeda KPA-2 (830 – 4037  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), KPA-3 (859 – 4648  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), KPA-4 (<335 – 2840  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), KPA-5 (<335 – 3835  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y KPA-7 (458 – 4030  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La calidad del aire en las estaciones de monitoreo no presentan concentraciones significativas de monóxido de carbono.

**Metales:**

**Plomo**



**Gráfico 40.** Variación espacial del contenido de plomo en material particulado menor a 10  $\mu\text{m}$  de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de aire del MAP-5 marzo 2017.

El plomo en material particulado se puede formar por la combustión de combustibles fósiles tales como diesel y gasolina, así como por deposición desde el aire o polvo. El ECA Aire fija un valor de 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para este parámetro.

Como se observa en el gráfico 40, no se ha detectado mayor presencia de monóxido de carbono en las estaciones KPA2, KPA3, KPA4, KPA5, y KPA7 los valores cumplen lo establecido por el ECA Aire.

Estos resultados son similares a los encontrados en los MAP 3 y 4 para la época seca y húmeda KPA-2 (<math><0.002 - 0.0051 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>), KPA-3 (<math><0.002 - 0.0051 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>), KPA-4 (<math><0.002 - 0.0068 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>), KPA-5 (<math><0.002 - 0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>) y KPA-7 (<math><0.002 - 0.0189 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>).

La calidad del aire en las estaciones de monitoreo no presentan concentraciones significativas de plomo en material particulado.

**Tabla 11. Principales Observaciones de los resultados de calidad de aire**

Estación de Monitoreo	Lugar	Parámetros Monitoreados			Observación
		ECA	Cumplen ECA	No cumplen ECA	
KPA2	Campamento	5	5	0	Ninguna
KPA3	Cerro Samanape	5	5	0	Ninguna
KPA4	Tala	5	5	0	Ninguna
KPA5	Zona de cortaderas	5	5	0	Ninguna
KPA7	San Antonio	5	5	0	Ninguna

### 4.3. MONITOREO HIDROBIOLÓGICO

#### 4.3.1. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo Hidrobiológico

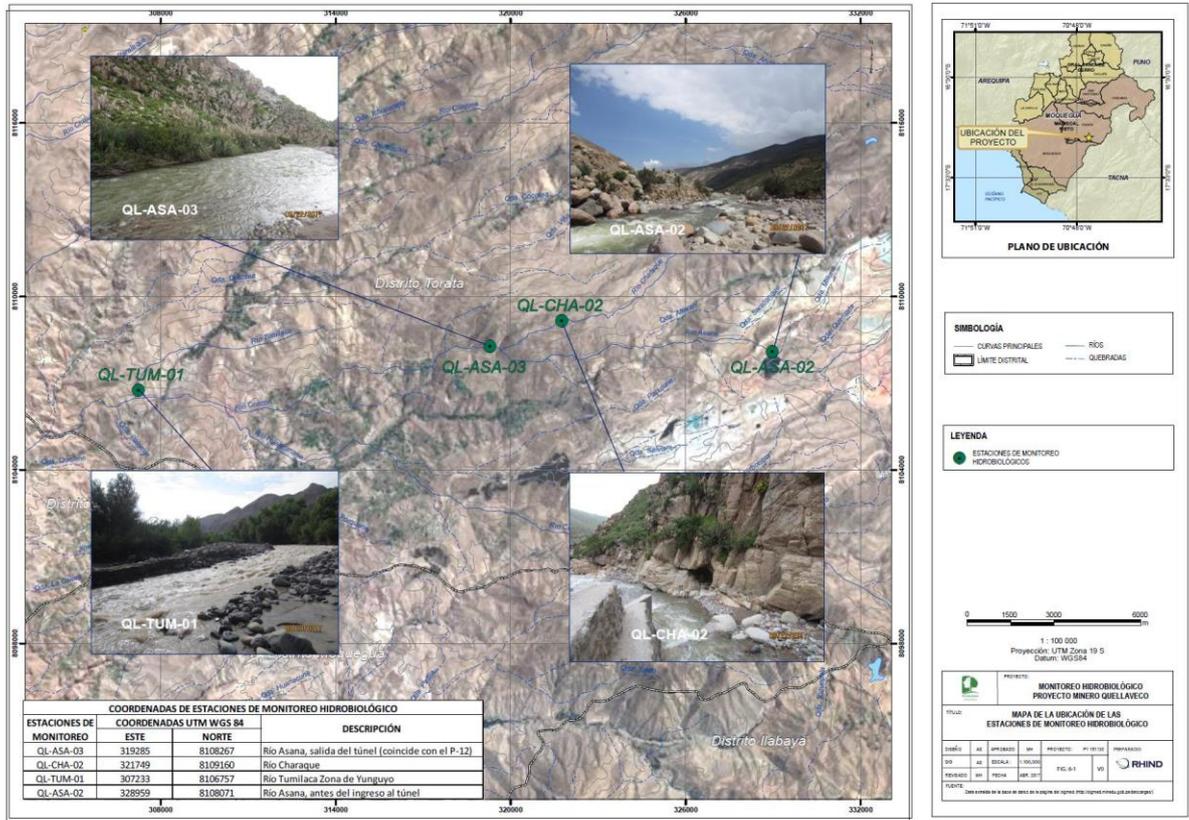


Figura 04. Ubicación de las estaciones de monitoreo hidrobiológico

#### 4.3.2. Resultados e Interpretación de monitoreo hidrobiológico.

### Fitoplancton

Tabla 12: Especies registrados de Fitoplancton

DIVISION	CLASE	ESPECIE	QL-ASA-02	QL-ASA-03	QL-CHA-02	QL-TUM-01	TOTAL
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Eunotia monodon</i>	25				25
		<i>Pinnularia sp.</i>		25		25	50
	Fragilariophyceae	<i>Ulnaria ulna</i>	75	50		25	150
Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium botrytis</i>			25		25
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Oedogonium sp.</i>	25				25
Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria tenuis</i>				25	25
		<i>Microcoleus sp.</i>				25	25
		<i>Oscillatoria tenuis</i>			25		25
ABUNDANCIA			125	75	50	100	350

Se registraron ocho (08) especies para el fitoplancton, distribuidos en las siguientes divisiones: Bacillariophyta (3 especies), Cyanobacteria (2 especies), Charophyta (1 especie) y Chlorophyta (1 especie).

La estación de monitoreo que presentó la mayor abundancia fue QL-ASA-02 (Río Asana, antes del túnel) con 125 organismos/ml, mientras que la menor abundancia lo registró la estación QL-CHA-02 (Quebrada Charaque) con 50 organismos/ml. Además QL-ASA-03 presentó 75 organismos/ml y QL-TUM-01 presentó 100 organismos/ml. En total se registraron 350.

La especie más abundante fue *Ulnaria ulna* (tipo de Bacillariophyta) con 150 organismos/ml. Cabe indicar que la especie en mención es una diatomea, la cual puede desarrollarse en condiciones variables de caudal y estrés hídrico, por lo cual es un indicador importante para determinar la calidad del cuerpo de agua.

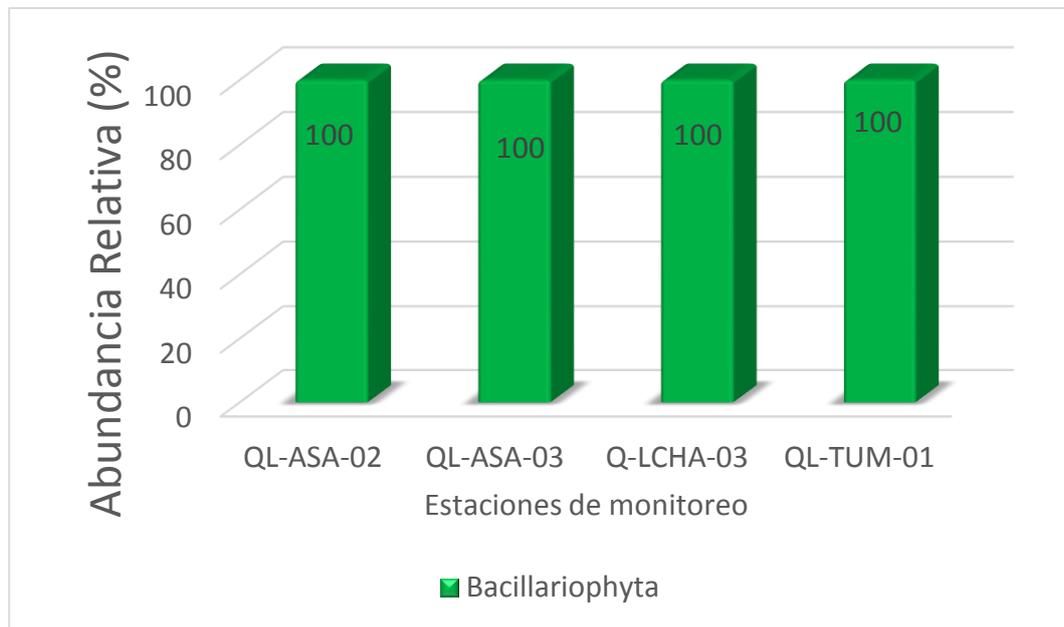
### Zooplancton

Se registró únicamente a la especie *Euglypha tuberculata*, perteneciente al phylum Cercozoa.

Dicha especie solo se registró en la estación QL-TUM-01 (Río Tumulaca) y presentó una abundancia de 25 organismos/ml.

La baja diversidad y riqueza de especies se deberían a múltiples factores como físicos e hidráulicos como el incremento del caudal y de la velocidad de corriente que generarían un efecto de arrastre en los organismos del zooplancton.

### Perifiton



**Gráfico 41.** Abundancia relativa por división de Perifiton Microalgal.

**Tabla 13: Especies registrados de Perifiton**

DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	QL-ASA-02	QL-ASA-03	QL-CHA-02	QL-TUM-01	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	100				
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>			100		
		Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia rhomboides</i>				100	
	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		100			
PERIFITON					4	100	100	100	100

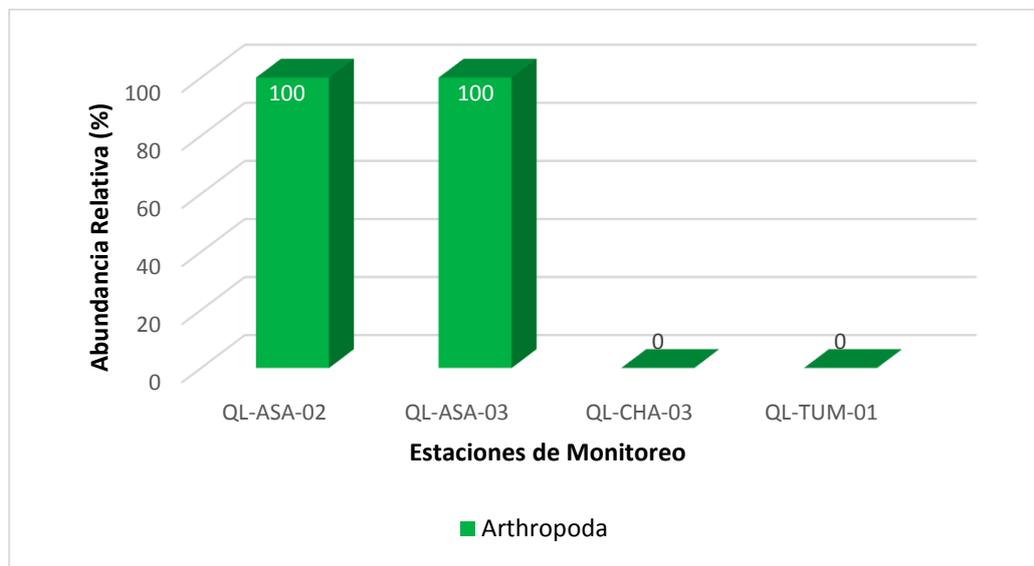
Se registraron cuatro (04) especies para el perifiton microalgal, distribuidos en una sola división: Bacillariophyta. Esta baja riqueza específica se debería principalmente a factores físicos e hidráulicos como el incremento del caudal y de la velocidad de corriente que ocasionaría un efecto de arrastre de las microalgas del perifiton.

Cada estación de monitoreo presentó 100 organismos/cm<sup>2</sup>, dando un total de 400 organismos/cm<sup>2</sup>

**Bentos**

**Tabla 14: Bentos**

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BENTOS (ORGANISMOS/M <sup>2</sup> )							
Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	QL-ASA-02	QL-ASA-03	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Andesiops sp.	12		
		Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche sp.	1		
				Simuliidae	Simulium sp.	3	
		Diptera	Chironomidae	Subf. Tanypodinae		1	1
				Subf. Orthoclaadiinae		4	



**Gráfico 42. Comunidades Hidrobiológicas Bentos**

Se registraron cinco (05) morfoespecies para el bentos, todos pertenecientes al phylum Arthropoda y a la clase Insecta y solo se encontraron en las estaciones QL-ASA-02 y QL-ASA-03.

La baja riqueza específica que presentó esta comunidad se debería principalmente a factores propios de la temporada de avenidas, en la cual se incrementa las precipitaciones, teniendo como consecuencia el incremento del caudal y de la velocidad de corriente en quebradas y ríos, ocasionando el arrastre o deriva de los macro invertebrados

### **Peces**

En la presente evaluación no se capturaron individuos. Posiblemente la ausencia de estos organismos estaría explicada por la temporada de colecta (temporada húmeda), dado el incremento del caudal y de la velocidad de corriente que harían menos accesibles los peces a las redes de pesca.

## **5. CONCLUSIONES**

La calidad del agua superficial en la alta montaña mantiene su calidad con respecto a la línea base, MAPs 3 y 4 en época húmeda. La influencia de la lluvia diluye algunos parámetros y puede también permitir el ingreso de otros por escorrentías como el aluminio, hierro y manganeso.

La calidad del agua en la zona de operaciones mantiene su calidad con respecto a la línea base, MAPs 1, 2 y 4 en época húmeda. La influencia de la lluvia diluye algunos parámetros y puede también permitir el ingreso de otros por escorrentías como el aluminio, hierro y manganeso.

La calidad del agua en la zona de Moquegua e Ilo mantiene su calidad con respecto a la línea base MAPs 1, 2 y 4 en época húmeda. La influencia de la lluvia diluye algunos parámetros y puede también permitir el ingreso de otros por escorrentías y desprendimientos como el aluminio, hierro y manganeso, así como material orgánico.

La calidad del aire en Moquegua es buena y cumple con todos los parámetros de calidad establecidos en el ECA Aire, los resultados son similares a los obtenidos en los MAP 3 y 4.

Los resultados de abundancia y riqueza de especies del plancton, perifiton y bentos estuvieron influenciados por las condiciones variables de los caudales en los ríos.

La turbidez y el arrastre de sedimentos generan disminución en las abundancias de las especies hidrobiológicas.

Las variaciones en los caudales de los ríos generan efectos de arrastre en las comunidades hidrobiológicas

Los resultados del MAP-5 época húmeda son similares a los del MAP 1, 2, 3 y 4.

## 6. RECOMENDACIONES

Realizar estudios específicos en La quebrada Millune, río Capillune, incluir puntos de monitoreo en ríos afluentes del Moquegua, para evaluar su influencia en la calidad del agua.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PRONATURALEZA, Informe de Resultados de Cuarta Campaña de Monitoreo de Agua Superficial en área de abastecimiento y calidad del aire setiembre 2016.
- PRONATURALEZA, Informe de Resultados de Cuarta Campaña de Monitoreo de Agua Superficial en área de abastecimiento y calidad del aire marzo 2016.
- PRONATURALEZA, Informe de Resultados de Primera Campaña de Monitoreo de Agua Superficial y Subterránea Diciembre 2013 – Validación de Línea de Base Ambiental (Agua superficial).
- PRONATURALEZA, Informe de Resultados de Segunda Campaña de Monitoreo de Agua Superficial y Subterránea Marzo Abril 2014 – Validación de Línea de Base Ambiental (Agua superficial).
- PRONATURALEZA, Informe de Resultados de Tercera Campaña de Monitoreo de Agua Superficial en área de abastecimiento, aire y suelo Diciembre 2014 – Validación de Línea de Base Ambiental.
- Informes de Resultados CORPLAB para PRONATURALEZA abril del 2017.

## ANEXOS