

## **INFORME FINAL**

# **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AMBIENTAL DE LOS HUMEDALES DEL PARQUE NACIONAL NEVADO TRES CRUCES, SITIO RAMSAR, INCLUYENDO LOS SITIOS PRIORITARIOS; COMO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN UN ESPACIO NATURAL FRÁGIL**

**Versión 0**



**Diciembre 2014**

<b>CONTROL REVISIÓN DOCUMENTOS</b>				
<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
0	31/01/2014	Hernán Cabrera Carolina Meruane Nils Ohlanders Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
1	02/04/2014	Carolina Meruane	Carolina Meruane	Manuel Contreras
2	26/05/2014	Carolina Meruane	Carolina Meruane	Manuel Contreras
3	06/08/2014	Hernán Cabrera Carolina Meruane Isabel Sandoval Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
3*	11/11/2014	Hernán Cabrera Cristián Godoy Lucía Varas	Cristián Godoy José María Peralta	Manuel Contreras
Final	02/12/2014	Hernán Cabrera Cristián Godoy Lucía Varas	Cristián Godoy José María Peralta	Manuel Contreras

<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Título y/o Grado</b>	<b>Rol en Proyecto</b>
Manuel Contreras	Biólogo, MSc, PhD	Director de proyecto
José María Peralta	Ing. Agrónomo, MSc, PhD	Jefe de Proyecto
Cristián Godoy	Ingeniero Civil, PhD (c)	Jefe de terreno Encargado interpretación física
Lucía Varas	Ingeniera Civil Ambiental	Encargada calidad de aguas
Hernán Cabrera	Biólogo, MSc, PhD	Encargado vegas y bofedales
Felipe Cerda	Geógrafo (e)	Encargado cartografía
David Pineda	Ingeniero Civil Electricista	Instalación estación meteorológica y sensores terreno
Carolina Escobar	Química	Analista químico
Isabel Sandoval	Bióloga Ambiental, MSc	Especialista en vegetación
Darío Núñez	Técnico de terreno	Técnico chofer
Yonatan González	Técnico de terreno	Técnico chofer

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.1	Zona de estudio.....	4
1.2	Objetivos del proyecto.....	6
1.2.1	Objetivo general.....	6
1.2.2	Objetivos específicos.....	6
1.3	Programa de trabajo.....	7
1.3.1	Descripción de actividades.....	7
1.3.2	Plan de actividades.....	8
1.3.3	Fechas de entrega informes.....	8
1.4	Organización del presente informe.....	10
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍAS Y MONITOREO.....</b>	<b>12</b>
2.1	Caracterización de sectores de monitoreo y campañas de terreno.....	12
2.2	Monitoreo atmosférico.....	21
2.3	Monitoreo de conductividad y temperatura de aguas superficiales.....	22
2.4	Monitoreo del nivel y temperatura de las aguas subterráneas.....	23
2.5	Monitoreo de calidad de aguas.....	23
2.5.1	Análisis de las muestras de calidad de aguas.....	24
2.6	Monitoreo de los sistemas vegetacionales azonales.....	26
2.6.1	Descripción de sistemas vegetacionales en el área de estudio.....	27
2.6.2	Monitoreo de Flora y Vegetación Azonal.....	27
2.6.3	Caracterización de variables hídricas-salinas del suelo.....	30
2.6.4	Caracterización de los suelos.....	30
2.6.5	Caracterización de variables ecofisiológicas en plantas.....	30
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN TERRENO Y MONITOREO CONTINUO.....</b>	<b>33</b>
3.1	Resultados del monitoreo de calidad de aguas.....	33
3.1.1	Parámetros in-situ.....	33
3.1.2	Parámetros físico-químicos.....	36
3.1.3	Nutrientes.....	39
3.1.4	Metales disueltos.....	42
3.1.5	Macroelementos.....	46
3.1.6	Otros parámetros.....	51
3.2	Resultados del monitoreo atmosférico.....	51
3.3	Resultados del monitoreo de conductividad y temperatura de aguas superficiales	54

3.4	Resultados del monitoreo de nivel y temperatura de las aguas subterráneas....	55
3.5	Resumen de resultados del monitoreo de nivel, conductividad y temperaturas por sectores de estudio .....	59
3.6	Resultados del monitoreo de flora y vegetación azonal .....	65
3.6.1	Sector 1: Salar de Maricunga .....	65
3.6.2	Sector 2: Río Lamas .....	66
3.6.3	Sector 3: Vega Pantanillo .....	68
3.7	Resultados del monitoreo de la componente terrestre .....	69
3.7.1	Caracterización de variables hídricas-salinas del suelo .....	69
3.7.2	Caracterización de suelos.....	70
3.8	Resultados del monitoreo de variables ecofisiológicas en plantas .....	72
3.8.1	Fotosíntesis (A), Conductancia ( $g_s$ ) y Transpiración (E).....	72
3.8.2	Conductancia Estomática ( $g_s$ ).....	74
3.8.3	Discusión sobre la medición de variables ecofisiológicas en plantas.....	75
<b>4</b>	<b>DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN .....</b>	<b>78</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>82</b>
5.1	Implementación de la red de monitoreo continuo.....	82
5.2	Monitoreo de parámetros físicos atmosféricos y de aguas.....	83
5.3	Calidad de Aguas .....	84
5.4	Flora y Vegetación.....	84
5.5	Suelos .....	85
5.6	Eco-fisiología .....	86
5.7	Síntesis y recomendaciones para trabajos futuros.....	87
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>		
<b>ANEXO A: Base de datos del monitoreo de vegetación (Anexo Digital) .....</b>		
<b>ANEXO B: Base de datos de la caracterización de suelos (Anexo Digital) .....</b>		
<b>ANEXO C: Base de datos de la medición de conductancia estomática – Porómetros (Anexo Digital).....</b>		
<b>ANEXO D: Base de datos de mediciones de sensores de conductividad HOBO (Anexo Digital).....</b>		
<b>ANEXO E: Base de datos de mediciones de sensores de presión HOBO (Anexo Digital) .....</b>		
<b>ANEXO F: Calidad de Aguas - Tablas de Datos.....</b>		

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio titulado “**Implementación del plan de seguimiento y monitoreo ambiental de los humedales del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, sitio Ramsar, incluyendo los sitios prioritarios, como sistema de alerta temprana en un espacio natural frágil**”, encargado por el Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile al Centro de Ecología Aplicada Ltda.

Junto con el desarrollo de la implementación y los análisis del estudio, fueron desarrolladas actividades de capacitación en temas ligados al estudio de humedales. Es por ello que en los Anexos Digitales de este informe se incorporan toda la información ligada a las capacitaciones, que a su vez se encuentra a disposición del cliente a través de una web dedicada a ello.

### 1.1 Zona de estudio

La zona de estudio corresponde al Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y Sitio Ramsar en las cuencas hidrográficas del Salar de Maricunga y Laguna del Negro Francisco, mostrado en la Figura 1.1.

El Parque Nacional Nevado de Tres Cruces se ubica a 200 km al este de la ciudad de Copiapó, en la Región de Atacama. Este parque se divide en 2 áreas, la primera corresponde a la zona norte (Sector 1 según plan de manejo CONAF, 1997) y pertenece a la comuna de Copiapó; la segunda se encuentra al sur quedando casi completamente en la división administrativa de la comuna de Tierra Amarilla (Sector 2). Al Sector 1 del parque pertenece la laguna Santa Rosa, la cual se encuentra en el extremo sur del Salar de Maricunga, y la cual cuenta con una superficie de 46.944,37 hectáreas y una altura media de 3.700 m.s.n.m. Al Sector 2 del parque pertenece el sector de la Laguna del Negro Francisco y la desembocadura del río Astaburuaga, abarcando 12.137,50 hectáreas (CONAF, 1997) y cuenta con una altura media de 4.100 m.s.n.m. Cabe señalar que aun cuando exista una definición previas de sectores, en el estudio se considera la delimitación de 3 sectores de monitoreo, y que corresponden a las zonas de humedales en estudio. Estas definiciones corresponden a: S1 - Salar de Maricunga, S2 - Río Lamas, y S3 - Vega Pantanillo y el río Astaburuaga (S3) (mostrados en Figura 1.1).



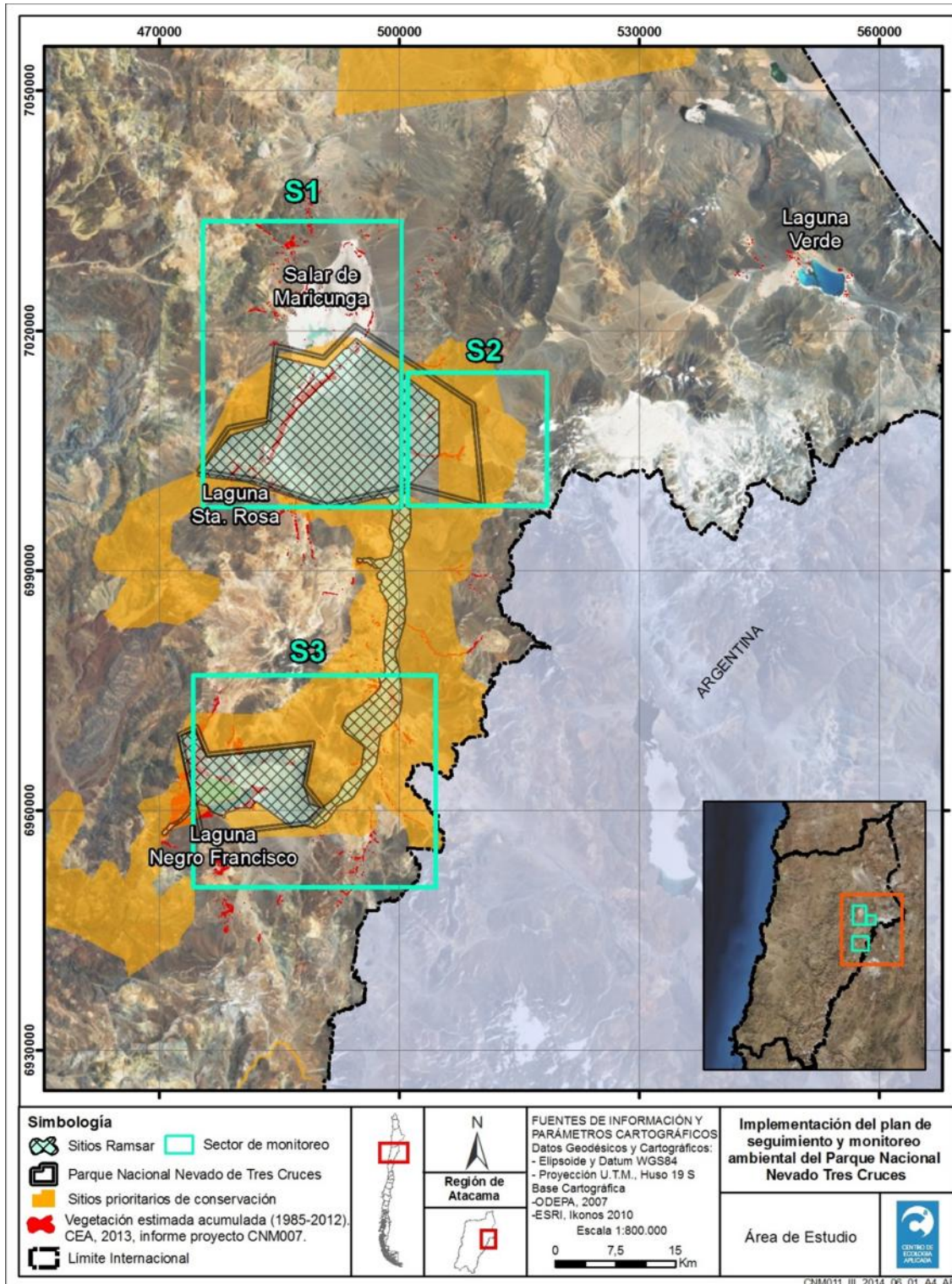


Figura 1.1: Área de estudio y sectores de monitoreo.

## **1.2 Objetivos del proyecto**

A continuación se detallan los objetivos del presente estudio.

### **1.2.1 Objetivo general**

Implementar el plan de seguimiento y monitoreo ambiental, como sistema de alerta temprana, para los humedales del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y Sitio Ramsar, incluyendo los Sitios Prioritarios en el contexto de las Cuencas de Maricunga y Negro Francisco.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Implementar el plan de seguimiento y monitoreo ambiental de los humedales del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y Sitio Ramsar, definido previamente en los estudios efectuados por el MMA (2012-2013).
- b) Caracterización sitio específico con toma de muestras y registro de información de los humedales comprendidos en el plan de seguimiento y monitoreo ambiental.
- c) Determinar umbrales o rangos de cambio máximo para las variables a monitorear definidas en el plan, para los puntos de monitoreo localizados en áreas sensibles, que sirvan como alerta temprana respecto de variaciones en los humedales.
- d) Integrar la información obtenida en terreno en una plataforma simplificada para el análisis e interpretación de datos, que permita analizar si los datos y registros se encuentran dentro de los umbrales establecidos.
- e) Realizar talleres con los funcionarios públicos de servicios que conforman el Comité Regional de Biodiversidad para transferir información técnica aplicable sobre toma de datos (procedimiento y manejo instrumental), procesamiento de datos e interpretación de resultados, etc.
- f) Realizar dos actividades formales, de presentación del proyecto y la presentación de los resultados finales de todos los objetivos del mismo.

## 1.3 Programa de trabajo

### 1.3.1 Descripción de actividades

Para cumplir con los objetivos planteados en la sección anterior, el trabajo se divide en 4 actividades principales.

1. **Planificación terrenos:** esta actividad se relaciona con el primer objetivo específico. Esto incluye la identificación de los sectores de monitoreo, parámetros a levantar, planificación de las actividades de terreno, adquisición de equipos y solicitud de permisos para ejecutar las actividades.
2. **Ejecución terrenos:** esta actividad se relaciona con el segundo objetivo específico, en donde se implementa un monitoreo continuo que permite caracterizar los forzantes ambientales de los humedales y de los sistemas de vegetación zonal con alta resolución temporal. Estos forzantes ambientales están dados por las condiciones atmosféricas; la humedad del suelo y el nivel del agua subterránea; la temperatura y salinidad de los cuerpos de agua superficial. También, se levanta información específica en terreno, relacionada con la calidad de aguas de los cuerpos de agua superficiales; como también caracterización de la vegetación, en cuanto a superficie, abundancia y participación porcentual de las especies dominantes y co-dominantes en la formación vegetal; caracterización de variables hídricas del sitio (contenido de humedad-salinidad del suelo, profundidad del agua subterránea, etc.) en los sistemas vegetacionales; caracterización de variables fisiológicas (fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática y eficiencia en uso de agua) como herramientas para implementar la detección temprana de desviaciones en el funcionamiento de los humedales.
3. **Análisis de la información levantada:** esta actividad se relaciona con el tercer y cuarto objetivo específico. Esto es, analizar la información levantada en terreno y comparar esta información con los registros históricos. Entregar un diagnóstico del estado ecológico actual de los sistemas estudiados, y dar recomendaciones respecto a la continuidad del monitoreo implementado.
4. **Difusión y capacitación:** esta actividad se relaciona con el quinto y sexto objetivo específico, para lo que se contempla un taller de capacitación y una presentación de resultados. El taller de capacitación está orientado a los funcionarios públicos, y busca capacitar desde el punto de vista teórico y práctico sobre los temas más relevantes del monitoreo, asociados al balance hídrico sobre los sistemas de humedales, y los umbrales de habitabilidad de los sistemas de vegas y bofedales identificados en los sectores de estudio.



### 1.3.2 Plan de actividades

En la Tabla 1.1 se detalla el plan de actividades asociado a las 4 actividades principales antes indicadas. Cabe señalar que la Carta Gantt del estudio, ha sufrido modificaciones debido al surgimiento de diversas complicaciones e imprevistos durante el desarrollo del mismo. En particular, se generó una gran demora en la autorización de instalación de la estación meteorológica comprometida en el estudio, que a su vez repercutiría en el rescate de información de terreno y en el desarrollo de las actividades de capacitación. Debido a los retrasos, el consultor tomó conocimiento de la autorización de la instalación de la estación meteorológica el día 7 de Octubre de 2014, a través de la Resolución Exenta N°4961 del 24 de Septiembre de 2014, de la Gobernación Provincial de Copiapó.

**Tabla 1.1: Carta Gantt del estudio.**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	dic.-13	ene.-14	feb.-14	mar.-14	abr.-14	may.-14	jun.-14	jul.-14
<b>1. Planificación terreno</b>								
1.1 Revisión de antecedentes								
1.2 Diseño de muestreo								
1.3 Adquisición de equipos								
1.4 Solicitud de permisos								
<b>2. Ejecución terrenos</b>								
2.1 Ejecución terreno 1								
2.1 Ejecución terreno 2								
<b>3. Análisis de la información levantada</b>								
3.1 Análisis de laboratorio								
3.2 Análisis calidad de aguas								
3.3 Análisis área terrestre								
3.4 Informes								
<b>4. Difusión y capacitación</b>								
4.1 Un taller de capacitación								
4.2 Una presentación final								

### 1.3.3 Fechas de entrega informes

Considerando las modificaciones realizadas a la calendarización de las actividades del estudio, y de cómo ellas repercutieron en la elaboración de los informes de avances del estudio, a continuación se presentan las fechas de entregas de informes contempladas junto con los alcances definidos para cada uno de ellos. Cabe señalar que debido a los retrasos asociados a la generación de los permisos antes indicados, se ha realizado una extensión/modificación del contrato, por lo que las nuevas fechas de entregas cumplen con las bases del contrato.

**Tabla 1.2: Fechas de entrega informes de avance y contenido según TDR.**

Informe	Fecha	Contenido mínimo según TDR
Informe de avance N°1	27/12/14	Deberá incluir los resultados de la primera campaña de terreno donde se establezcan la georeferenciación de los puntos de monitoreo (marcados en terreno), la verificación de terreno de los puntos de extracción efectivos, versus los informados por los proyectos y la DGA, el análisis detallado de las variables que permitirán dar seguimiento a las áreas sensibles; y parte del objetivo específico f), y que corresponde a la realización y sistematización de ideas y acuerdos de la primera reunión de presentación del estudio. Fecha de entrega 45 días corridos desde fecha inicio de contrato.
Informe de avance N°2	31/01/14	Deberá incluir los avances del objetivo específico b). Presentación de la caracterización sitio específico y ejecución de la primera campaña de registro de datos en terreno al finalizar la estación de primavera; avances en el objetivo específico c) en lo que respecta a la presentación de una propuesta de umbrales en base a análisis teóricos y cumplimiento del objetivo específico e), correspondiente a los talleres con servicios públicos. Toda la información debe corresponderse con lo indicado en las bases técnicas. Fecha de entrega 90 días corridos desde fecha inicio de contrato.
Informe de avance N°3	12/11/14	Deberá incluir lo avanzado en el segundo informe de avance, más la propuesta final del objetivo específico c), que consiste en la definición de umbrales, donde conjugue la información teórica con la obtenida en terreno; avances en el objetivo específico d) donde se incorpore a la plataforma digital del MMA la primera serie de datos obtenida en terreno en la campaña. Toda la información debe corresponderse con lo indicado en Bases Técnicas. Fecha de entrega 150 días corridos desde fecha inicio de contrato.
Informe final	02/12/14	El informe deberá incluir la finiquitación del objetivo específico b) que corresponde a la segunda campaña de registro de datos en terreno. Finiquitación del objetivo específico d) donde se hayan ingresado a la plataforma digital del MMA la segunda serie de datos obtenida en terreno en la campaña de verano. Deberá incluir en detalle el cumplimiento de todos los objetivos específicos y productos esperados indicados en bases técnicas. Fecha de entrega 195 días corridos desde fecha inicio de contrato.

#### **1.4 Organización del presente informe**

Este informe corresponde al informe final del estudio, por lo que se entregarán todos los antecedentes e información levantada durante el estudio, junto con los resultados del estudio. Además, se incluye toda la información asociada a la capacitación realizada al personal involucrado en el uso y mantención de la red de monitoreo; como también las presentaciones realizadas como actividad de difusión final. Con ello, se da cumplimiento a cada uno de los objetivos del estudio.

El presente informe se organiza de la siguiente forma. La Sección 2 presenta las metodologías utilizadas en los monitoreos, junto con la planificación y ejecución de los monitoreos desarrollados en terreno. En la Sección 3 se presentan los resúmenes y el análisis de la información levantada en terreno, por medio de campañas de terreno y de aquella obtenida mediante los monitoreos continuos de la red implementada. En la Sección 4 se entrega información sobre las actividades de capacitación y de difusión final, ambas correspondientes a actividades formales del estudio. Finalmente, en la Sección 5 se presentan las discusiones, conclusiones y recomendaciones, para cada una de las diferentes componentes del estudio.



## **METODOLOGÍAS Y MONITOREO**

## 2 METODOLOGÍAS Y MONITOREO

La obtención de información en terreno fue focalizada en los humedales identificados en un estudio previo, desarrollado por CEA Ltda. Para el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2012-2013). Estos sectores se consideran como representativos y de alta importancia al interior del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y sitio RAMSAR; ellos corresponden a: zona Sur del Salar de Maricunga y Laguna Santa Rosa, Río Lamas y el sistema conformado por vega Pantanillo y el Río Astaburuaga. De la misma forma, las bases de las metodologías de monitoreo y el diseño de la red a implementar, se encuentra previamente definidos, por lo que a continuación se realiza una profundización respecto de las técnicas de monitoreo y levantamiento de información.

### 2.1 Caracterización de sectores de monitoreo y campañas de terreno

En base a la priorización de los puntos de monitoreo establecidos en el estudio anterior (MMA, 2012-2013), fueron definidos 3 sectores de monitoreo a lo largo del área de estudio, los cuales corresponden a un total de 5 puntos de monitoreo. Estos sectores se identifican y resumen en la Tabla 2.1. El mapa del Sector 1, el que abarcar casi la totalidad del Salar de Maricunga, se presenta en la Figura 2.1. Este sector se presenta mucho más amplio que el resto de los sectores, debido principalmente a que es incluido el sector de instalación de la estación meteorológica. El Sector 2 está asociado al río Lamas y se presenta en la Figura 2.2. Finalmente, el Sector 3 comprende la zona desarrollada entre la vega Pantanillo y el río Astaburuaga, mostrada en la Figura 2.3.

**Tabla 2.1. Detalle de los sectores de monitoreo. Se indica la coordenada del punto central del sector.**

Sector de monitoreo	Código estación	Norte WGS84	Este WGS84	Ubicación
S1	S1_M1	7031223	495452	Salar de Maricunga Norte
S1	S1_ST1	7009332	486647	Sur del Salar de Maricunga – Laguna Santa Rosa
S1	S1_ST2	7004284	482944	Laguna Santa Rosa
S2	S2_RL1	7004245	504598	Río Lamas
S3	S3_PA1	6964214	495995	Entre vega Pantanillo y río Astaburuaga

En todos los sectores antes indicados, se implementó de forma conjunta un monitoreo continuo, el cual permite caracterizar las forzantes ambientales de los humedales y de los sistemas con vegetacionales azonal, utilizando una alta resolución temporal en la captura de información (muestreo de alta resolución). Estos forzantes ambientales están dados por: las condiciones atmosféricas; la humedad del suelo y el nivel del agua subterránea; y la temperatura y salinidad de los cuerpos de agua superficial. Además, se levantó información específica en terreno, con el objeto de caracterizar la calidad de las aguas de los sectores e identificar la distribución y abundancia de la flora, tanto acuática como terrestre. Con ello se busca identificar los elementos biológicos que pueden ser sensibles, y en el futuro poder determinar la funcionalidad de ellos respecto de las forzantes abióticas.



Para levantar información específica de terreno, se realizó una campaña de terreno. Ella consideró la realización de una amplia campaña de monitoreo y caracterización de la calidad de aguas y vegetación en los sectores antes indicados. Esta campaña fue realizada durante la semana del 21 al 25 de Abril de 2014. Los resultados obtenidos se entregarán en secciones posteriores. Junto con el monitoreo se realizó la instalación y habilitación de la red de monitoreo continuo de calidad de aguas y de nivel freático, basada en sensores autónomos de registro continuo (sensores HOB0), la que serán descrita más adelante.

Por otra parte, se realizó una segunda campaña de terreno durante la semana del 27 al 30 de Octubre de 2014, y en la cual se realizó la instalación y habilitación de la estación meteorológica como parte de la red de monitoreo. En esta campaña también se realizó el rescate de la información adquirida por la red de monitoreo instalada durante la primera campaña, y se desarrolló el taller de capacitación en el uso y manejo de los sensores de la red. La información rescatada de los sensores es presentada y discutida en secciones posteriores, junto con su inclusión en forma de bases de datos en los Anexos Digitales de este informe. Cabe señalar que el análisis de esa información, en términos de su interpretación y comparación respecto de los rangos de valores esperados para las diferentes variables, se incluye en la sección de análisis de información de este informe.

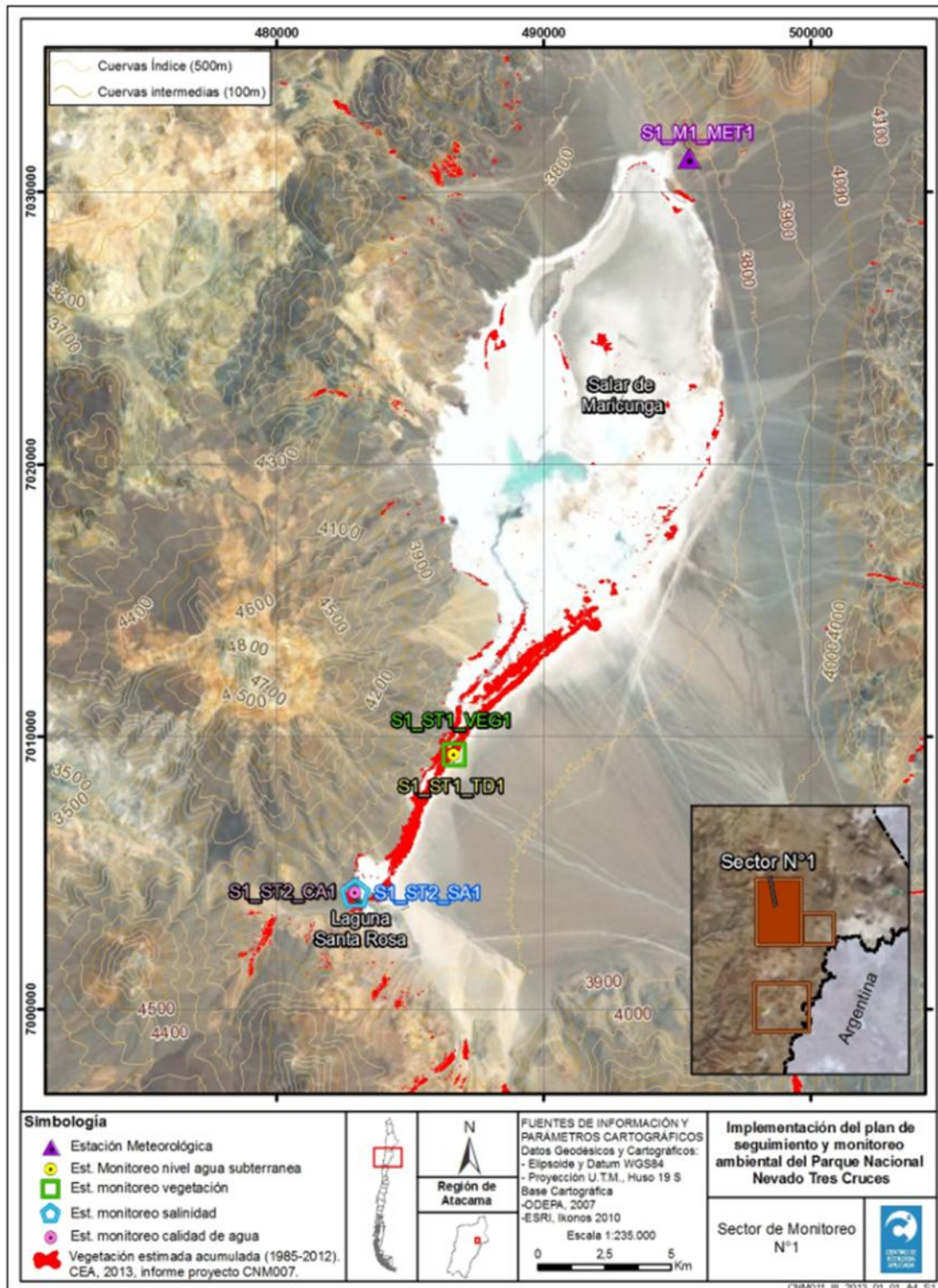


Figura 2.1: Sector 1 de monitoreo, S1 - Salar de Maricunga.



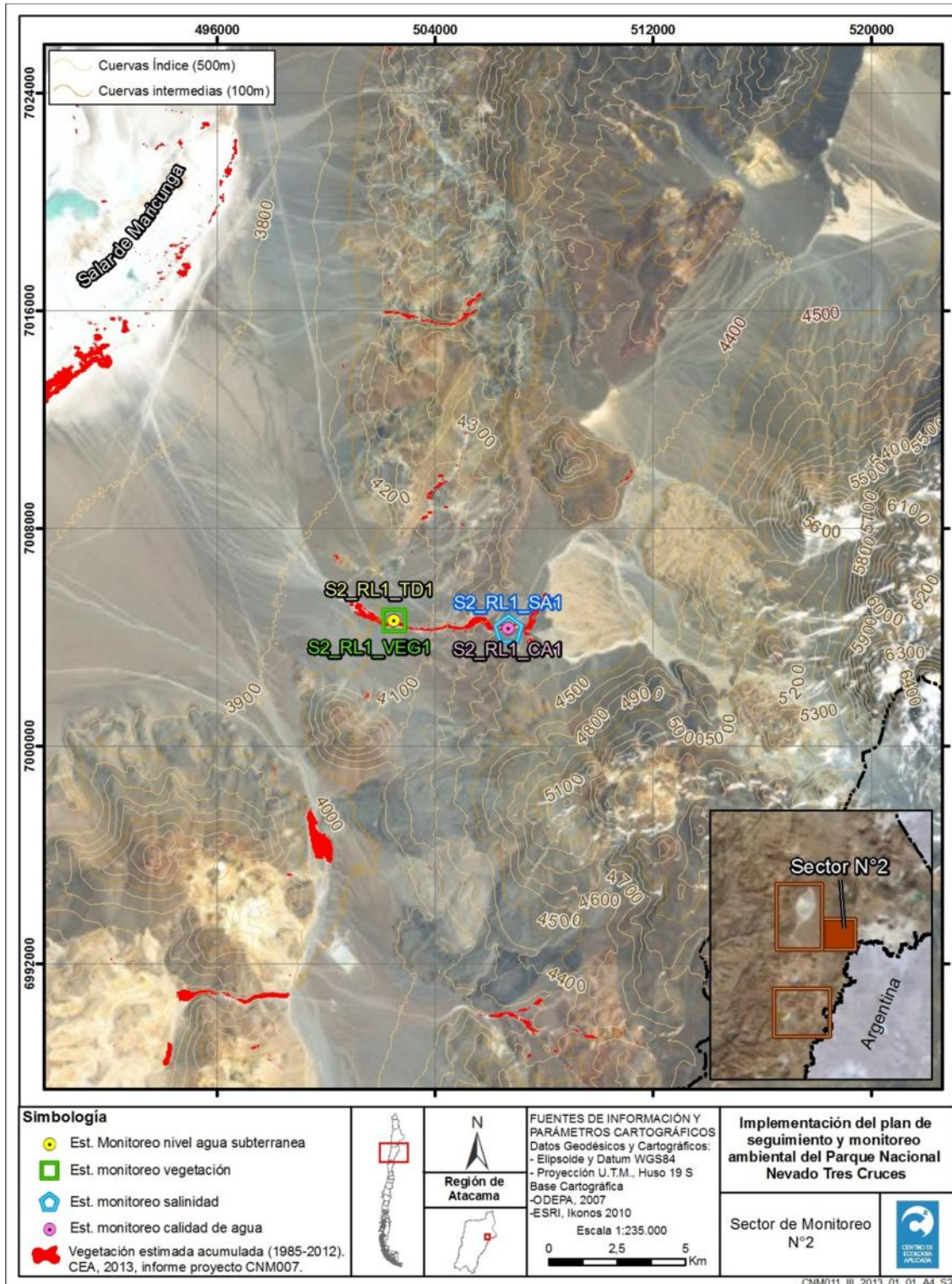


Figura 2.2: Sector 2 de monitoreo. S2 - Río Lamas.



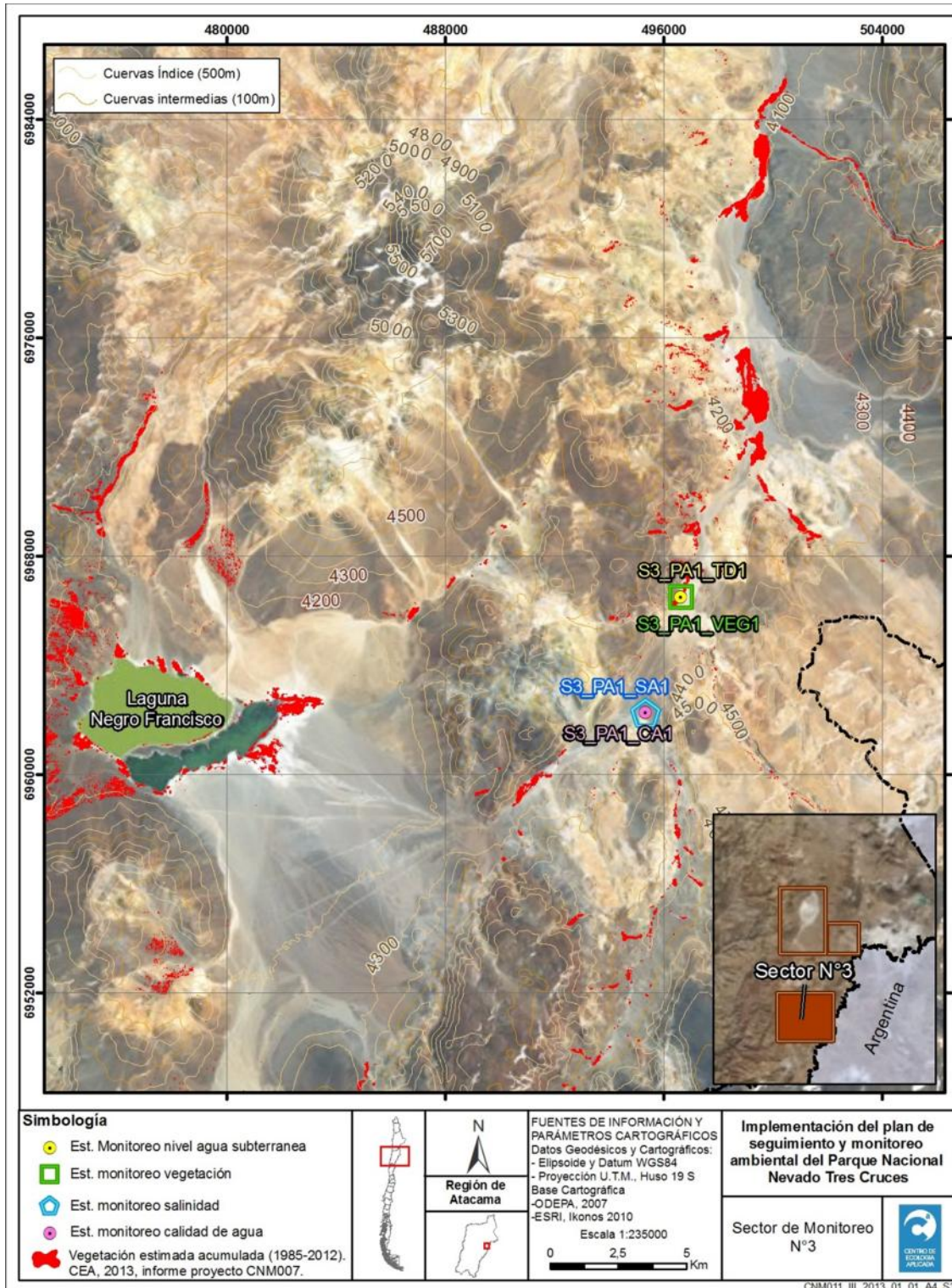


Figura 2.3. Sector 3 de monitoreo. S3 - Vega Pantanillo y río Astaburuaga.

A continuación, en la Tabla 2.2 y Tabla 2.3, se muestran las actividades realizadas en cada una de las campañas.

**Tabla 2.2: Plan de trabajo realizado en campaña de Terreno N°1, entre el 22 y 24 de Abril de 2014.**

Fecha	Hora	Actividad	Sector	Puntos de monitoreo	Este (m) WGS84	Norte (m) WGS84
<b>Día 1 22-04-2014</b>	<b>5:00 a 9:00</b>	Traslado desde Copiapó a Sector 3	Sector 3: Vega Pantanillo / Río Astaburuaga	S3_PA1_VEG1, S3_PA1_SUE1 S3_PA1_SUE2 S3_PA1_TD1, S3_PA1_SA1, S3_PA1_CA1	496607,2 496607,2 496607,2 496607,2 495319,0 495319,0	6966490,5 6966490,5 6966490,5 6966490,5 6962262,0 6962262,0
<b>Día 1 22-04-2014</b>	<b>9:00 a 13:00</b>	1. Grupo de vegetación: Caracterización de variables eco fisiológicas en plantas y caracterización de flora y vegetación 2. Grupo sensores: instalación de sensores HOBO U24 para la medición de salinidad y temperatura en aguas superficiales e instalación del sensor HOBO U20, para monitoreo de agua subterránea. 3. Grupo calidad de agua y suelo: toma de muestras y análisis in-situ de calidad de agua y toma de muestra para calidad de suelo.	Sector 3: Vega Pantanillo / Río Astaburuaga	S3_PA1_VEG1, S3_PA1_SUE1 S3_PA1_SUE2 S3_PA1_TD1, S3_PA1_SA1, S3_PA1_CA1	496607,2 496607,2 496607,2 496607,2 495319,0 495319,0	6966490,5 6966490,5 6966490,5 6966490,5 6962262,0 6962262,0
<b>Día 2 23-04-2014</b>	<b>6:00 a 9:00</b>	Traslado desde Copiapó a Sector 2	Sector 2: Río Lamas	S2_RL1_TD1, S2_RL1_VEG1, S2_RL1_SUE1 S2_RL1_SUE2 S2_RL1_SA1, S2_RL1_CA1	502484,2 502484,2 502484,2 502484,2 506693,0 506693,0	7004602,9 7004602,9 7004602,9 7004602,9 7004322,0 7004322,0
<b>Día 2 23-04-2014</b>	<b>9:00 a 13:00</b>	1. Grupo de vegetación: Caracterización de variables eco fisiológicas en plantas y caracterización de flora y vegetación 2. Grupo sensores: instalación de sensores HOBO U24 para la medición de salinidad y temperatura en aguas superficiales e instalación del sensor HOBO U20, para monitoreo de agua subterránea. 3. Grupo calidad de agua y suelo: toma de muestras y análisis in-situ de calidad de agua y toma de muestra para calidad de suelo.	Sector 2: Río Lamas	S2_RL1_TD1, S2_RL1_VEG1, S2_RL1_SA1	502484,2 502484,2 506693,0	7004602,9 7004602,9 7004322,0



Fecha	Hora	Actividad	Sector	Puntos de monitoreo	Este (m) WGS84	Norte (m) WGS84
<b>Día 3 24-04-2014</b>	<b>7:00 a 9:00</b>	Traslado desde Copiapó a Sector 1	Sur al salar Maricunga / Santa Rosa			
<b>Día 3 24-04-2014</b>	<b>9:00 a 13:00</b>	<p>1. Grupo de vegetación: Caracterización de variables eco fisiológicas en plantas y caracterización de flora y vegetación</p> <p>2. Grupo sensores: instalación de sensores HOBO U24 para la medición de salinidad y temperatura en aguas superficiales e instalación del sensor HOBO U20, para monitoreo de agua subterránea.</p> <p>3. Grupo calidad de agua y suelo: toma de muestras y análisis in-situ de calidad de agua y toma de muestra para calidad de suelo.</p>	Sur al Salar Maricunga / Santa Rosa	<p>S1_ST1_TD1, S1_ST1_VEG1, S1_ST1_SUE1, S1_ST1_SUE2 S1_ST2_SA1, S1_ST2_CA1</p>	<p>486647,1 486647,1 486647,1 486647,1 482943,9 482943,9</p>	<p>7009331,9 7004602,9 7004602,9 7004602,9 7004283,7 7004283,7</p>

**Tabla 2.3: Plan de trabajo realizado en campaña de Terreno N°2, entre el 27 y 30 de Octubre de 2014.**

Fecha	Hora	Actividad	Sector	Puntos de monitoreo	Este (m) WGS84	Norte (m) WGS84
<b>Día 1 27-10-2014</b>	<b>10:30 a 14:30</b>	Traslado desde Copiapó a Sector 2	Sector 2: Río Lamas			
<b>Día 1 27-10-2014</b>	<b>15:00 a 18:00</b>	Rescate de información desde los sensores HOBO (modelos U20 y U24) instalados en el Sector 2.	Sector 2: Río Lamas	S2_RL1_TD1, S2_RL1_ATM1, S2_RL1_SA1	502484,2 502484,2 506693,0	7004602,9 7004602,9 7004322,0
<b>Día 2 28-10-2014</b>	<b>12:00 a 13:30</b>	Revisión de componentes de la estación meteorológica en oficinas del MMA.	Copiapó			
<b>Día 2 28-10-2014</b>	<b>14:30 a 17:30</b>	Realización de taller de capacitación en: "Bases del monitoreo meteorológico y de vegetación. Uso y manejos de los sensores de la red de monitoreo". Oficinas del MMA.	Copiapó			
<b>Día 3 29-10-2014</b>	<b>07:00 a 10:00</b>	Traslado desde Copiapó a Complejo Fronterizo Paso San Francisco para instalación de estación meteorológica.	Complejo Fronterizo Paso San Francisco	S1_M1_MET1	495391,0	7031246,0
<b>Día 3 29-10-2014</b>	<b>07:00 a 10:00</b>	Traslado desde Copiapó a Complejo Fronterizo Paso San Francisco para instalación de estación meteorológica.	Complejo Fronterizo Paso San Francisco	S1_M1_MET1	495391,0	7031246,0
<b>Día 3 29-10-2014</b>	<b>10:00 a 18:00</b>	Instalación y habilitación de estación meteorológica.	Complejo Fronterizo Paso San Francisco	S1_M1_MET1	495391,0	7031246,0
		Rescate de información desde los sensores HOBO (modelos U20 y U24) instalados en el Sector 3.	Sector 3: Vega Pantanillo / Río Astaburuaga	S3_PA1_TD1, S3_PA1_ATM1, S3_PA1_SA1	496607,2 496607,2 495319,0	6966490,5 6966490,5 6962262,0
<b>Día 4 30-10-2014</b>	<b>07:00 a 10:00</b>	Traslado desde Copiapó a Complejo Fronterizo Paso San Francisco para capacitación práctica en el uso de estación meteorológica.	Complejo Fronterizo Paso San Francisco	S1_M1_MET1	495391,0	7031246,0

Fecha	Hora	Actividad	Sector	Puntos de monitoreo	Este (m) WGS84	Norte (m) WGS84
<b>Día 4 30-10-2014</b>	<b>10:00 a 11:00</b>	Traslado desde Complejo Fronterizo Paso San Francisco hacia Sector 1.	S1: Sur del Salar Maricunga y Laguna Santa Rosa			
<b>Día 4 30-10-2014</b>	<b>11:30 a 14:00</b>	Rescate de información desde los sensores HOBO de nivel freático instalados en el Sector 1: Sur del Salar de Maricunga. / Capacitación en monitoreo de vegetación.	S1: Sur del Salar Maricunga y Laguna Santa Rosa	S1_ST1_TD1, S1_ST1_ATM1	486647,1 486647,1	7009331,9 7009331,9
<b>Día 4 30-10-2014</b>	<b>14:00 a 14:30</b>	Rescate de información desde los sensores HOBO de salinidad (calidad de aguas) instalados en el Sector 1: Laguna Santa Rosa.	S1: Sur del Salar Maricunga y Laguna Santa Rosa	S1_ST2_SA1	482943,9	7004283,7

A continuación, se entrega una caracterización de los monitoreos de las variables físico-químicas realizados en las campañas de terreno y de aquellos implementados como parte de la red de monitoreo del estudio. En particular, se detallan los diferentes métodos considerados, describiéndose cada una de las componentes y/o sensores incluidos en la red.

## 2.2 Monitoreo atmosférico

Para realizar el monitoreo y registro continuo de la variables meteorológicas de la zona cercana al Complejo Fronterizo Paso San Francisco, se adquiere, configura e instala una estación meteorológica en las coordenadas 495391 m Este y 7031246 m Norte (Complejo Paso Fronterizo San Francisco). La instalación de la estación meteorológica fue autorizada mediante la Resolución Exenta N°4961 de la Gobernación de la Provincia de Copiapó, del 24 de Septiembre de 2014.

La estación meteorológica está diseñada para realizar la transferencia satelital de los datos adquiridos, siendo almacenadas en un FTP dedicado. Los sensores de la estación realizan un muestreo automática cada 30 segundos, y almacena los datos como promedios cada 5 minutos. El almacenamiento y procesamiento inicial de los datos es realizado mediante el Datalogger CR1000 (Campbell Sci). La alimentación eléctrica es realizada por un sistema de carga solar y el correspondiente almacenamiento de energía en baterías locales. En la Tabla 2.4 se presentan los detalles de la instrumentación y partes incluidas en la estación.

**Tabla 2.4: Instrumentación estación meteorológica automática.**

Equipo	Modelo	Marca
Datalogger	CR1000	Campbell Scientific
Presión atmosférica	Setra 278 Barometer (600-1100hPa)	Campbell Scientific
T° y RH	HMP60-L11	Campbell Scientific
T° y RH accesories: RM Young 6-Plate Gill Solar Radiation Shield	41303-5A	RM Young
Anemómetro y veleta	Alpine Wind Monitor 05103-45	RM Young
Right Angle Mounting Kit (attaches one sensor to crossarm)	CM220	Campbell Scientific
NU-Rail Crossover Fitting	17953	Campbell Scientific
Sensor Mounting Kit	CM216	Campbell Scientific
Rain Meter	TE525WS-L	Campbell Scientific
Rain Meter adapter for snowfall	CS705	Campbell Scientific
Mounting pole for Rain meter	CM300	Campbell Scientific
Short Leg Kit	----	Campbell Scientific
Ethernet adapter and memory expander	NL115	Campbell Scientific
Pyranometer	Li 200X	Li-Cor
Pyranometer accesories. LI-COR Leveling Base (requires CM225)	LI2003S	Li-Cor
Pyranometer accesories. Solar Sensor	CM225	Campbell Scientific

Equipo	Modelo	Marca
Mounting Stand		
Rod Insertation Guide Tool	CS650G	Campbell Scientific
Solar Panel	SP20	Campbell Scientific
Power Source	12V PS100	Campbell Scientific
Enclosure	ENC14/16	Campbell Scientific
Mástil y trípode de soporte	Elaboración CEA	Elaboración CEA

### 2.3 Monitoreo de conductividad y temperatura de aguas superficiales

Para el monitoreo de la conductividad y temperatura de los cuerpos de agua superficiales, se instalaron 3 sensores, uno en cada sector en estudio, HOBO U24 para el registro de la conductividad y temperatura. Estos sensores fueron programados para almacenar datos de forma continua y a intervalos de 30 minutos. Las coordenadas y características de los sectores donde se ubican los sensores se entregan en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5: Coordenadas y características de los puntos de instalación sensores de conductividad y temperatura en los cuerpos de agua superficial.**

Punto	Número de serie sensor	Norte WGS84	Este WGS84	Observaciones
<b>S1_ST2_SA1</b>	10457565	7004323	0482735	En la laguna Santa Rosa, a una profundidad de 20 cm aproximadamente.
<b>S2_RL1_SA1</b>	10457566	7004500	0506764	En río Lamas, inmediatamente arriba del canal de la estación fluviométrica de la DGA, a una profundidad de 40 cm.
<b>S3_PA1_SA1</b>	10475967	6961991	0495348	En río Astaburuaga, inmediatamente arriba del canal de la estación fluviométrica de la DGA.

De los sensores que fueron instalados, el correspondiente al sector de Río Lamas (**S2\_RL1\_SA1**) no fue encontrado en su posición durante la campaña de Terreno N°2, lo cual puede deberse a la pérdida del sensor durante un evento de crecida del río, durante la cual todo el sistema de sujeción y sensor haya sido arrastrado por la corriente. Otra posible causa es el posible hurto del sensor. Por lo anterior, no será posible incluir información ni análisis de la conductividad ese punto de monitoreo (**S2\_RL1\_SA1**).

Los datos obtenidos de las descargas de los sensores se muestran en la Sección 3. Además, los datos son entregados en bases de datos incluidas en los Anexos Digitales del informe.



## 2.4 Monitoreo del nivel y temperatura de las aguas subterráneas

Para el monitoreo del nivel de agua subterránea, se instalaron 6 sensores HOBO U20 de registro de presión y temperatura. De ellos, 3 fueron instalados al interior de pozos de observación (“punteras”) y 3 fuera de los mismos. Estos últimos permiten realiza la medición de la presión atmosférica local. Los sensores fueron programados para almacenar datos de forma continua a intervalos de 30 minutos. Los pozos se ubican en zonas cercanas a los sistemas vegetacionales, y los detalles de su ubicación y profundidades de instalación, se indican en la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6: Coordenadas de los puntos de instalación sensores de presión en los pozos de observación para el monitoreo del agua subterránea.**

Código	Número de serie sensor	Norte WGS84	Este WGS84	Observaciones Instalación 22 al 24 de abril 2014
S1_ST1_TD1	10473521	7009219	486733	Profundidad del pozo: 176 cm. Profundidad del nivel de agua: 43 cm
S1_ST1_ATM1	10473529	7009219	486733	Presión atmosférica.
S2_RL1_TD1	10473525	7004610	502483	Profundidad puntera: 74cm Nivel agua: 27cm
S2_RL1_ATM1	10473526	7004610	502483	Presión atmosférica.
S3_PA1_TD1	10473535	6966508	496592	Profundidad del pozo: 150 cm. Profundidad del nivel de agua bajo la profundidad máxima puntera.
S3_PA1_ATM1	10473527	6966508	496592	Presión atmosférica.

Los datos rescatados desde los sensores se entregan en la Sección 3. La bases de datos asociada se incluyen en los Anexos Digitales del informe.

## 2.5 Monitoreo de calidad de aguas

Para el análisis de calidad de aguas se utilizó como guía indicativa el documento “Guía para la conservación de Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos” (MMA, 2011). La toma de muestras y preservación de los parámetros de calidad de agua, se realizó de acuerdo al procedimiento general de muestreo PGL-13 del Laboratorio SEASA, el cual está basado en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>st</sup> Edition (2005) y las Normas Chilenas NCh411/1.Of96, NCh411/2.Of96, NCh411/3.Of96, NCh411/4.Of97 y NCh411/6.Of98.

En cada sector se definió un punto de muestreo, cuyas coordenadas y ubicación se presentan en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7: Coordenadas de los puntos de muestreo de calidad de aguas.**

Código	Norte WGS84	Este WGS84	Descripción
S1_ST2_CA1	7004325	482735	Laguna Santa Rosa
S2_RL_CA1	7004500	506764	Río Lamas
S3_PA1_CA1	6961991	495348	Vega Pantanillo

Los análisis asociados a la información de calidad de aguas levantada en terreno, se entregan en la Sección 3 de este informe.

### 2.5.1 Análisis de las muestras de calidad de aguas

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio CEA, acreditado en el sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de normalización, INN, bajo la norma ISO NCh.17025 en el área físico-química para aguas, según certificado LE677. Las metodologías de análisis para cada uno de los parámetros, se detallan en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8: Metodología de análisis de los parámetros de calidad de agua.**

Parámetro	Unidad	Método
Alcalinidad	mgCaCO <sub>3</sub> /L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2320 B.
Amonio	µg/L	Test de N-NH <sub>4</sub> , Spectroquant. Nova 60, Merck.
Arsénico disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Bicarbonato	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2320 B
Boro disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Cadmio disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B. Para sistemas de salares se utilizó extracción con resina.
Calcio	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Carbonato	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2320 B
Cloruro	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500 Cl- B.
Cobre disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B. Para sistemas de salares se utilizó extracción con resina.
Conductividad	mS/cm	PTL-24, Procedimiento de Determinación de Conductividad - Salinidad, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods

Parámetro	Unidad	Método
		for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2510 B.
Dureza	mg/L	Estimación por cálculo. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B (Ca y Mg).
Fluoruro	mg/L	Test Fluoruro, Spectroquant . Nova 60, Merck.
Fósforo total	ug/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500-P B y E
Hierro disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B. Para sistemas de salares se utilizó extracción con resina.
Litio disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Magnesio	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Mercurio disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 112B - Espectrofotometría de Absorción Atómica-Generación de Vapor Frío
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	ug/L	PTL-08, Método validado, base utilizada, Métodos en Ecología de aguas continentales. Instituto de Biología Uruguay, 1999, Editado por Rafael Arocena & Daniel Conde. Método del Salicilato de sodio.
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> )	ug/L	PTL-07, Método validado, base utilizada, Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500-NO <sub>2</sub> B.
Nitrógeno orgánico total	ug/L	Test de N-NH <sub>4</sub> , Spectroquant. Nova 60, Merck. Previa digestión.
Ortofosfato (P-PO <sub>4</sub> )	ug/L	Test de P-P04, Spectroquant. Nova 60, Merck.
Oxígeno disuelto y saturación de oxígeno	mg/L y %	PTL-23, Procedimiento de Determinación de Oxígeno Disuelto y Porcentaje de Saturación, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500-O G.
pH	-	PTL-22, Procedimiento de Determinación de pH basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500-H+B.
Plomo disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B. Para sistemas de salares se utilizó extracción con resina.
Potasio	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.

Parámetro	Unidad	Método
Salinidad	g/L	PTL-24, Procedimiento de Determinación de Conductividad - Salinidad, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2510 B.
Sílice	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Sodio	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2540 C.
Sólidos totales suspendidos	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2540 D.
Sulfato	mg/L	PTL-3 Procedimiento de Determinación de Sulfatos. Método validado, basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 4500-SO4-2 E.
Sulfuro	mg/L	Test HS-/S= spectroquant, Nova 60. Merck.
Temperatura	°C	PTL-26, Procedimiento de Determinación de Temperatura, basado en el Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2520 B.
Zinc disuelto	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 3120 B. Para sistemas de salares se utilizó extracción con resina.

## 2.6 Monitoreo de los sistemas vegetacionales azonales

El área de estudio presenta “Sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres” (SVAHT), que corresponden a ecosistemas presentes en la cordillera de los Andes. Ellos son escasos y restringidos en la zona Norte y Centro-Norte del país. Ellos presentan una alta relevancia por su diversidad biológica, como así mismo, por lo que representan para los sistemas productivos de las comunidades locales (SAG 2009). Los tipos vegetacionales característicos de vegas y bofedales de la III Región de Atacama, han sido caracterizados y están disponibles en el SITHA (Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos) (CIREN, 2013).

Las formaciones vegetacionales en el Sector norte del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, son propias de la Estepa Desértica de los Salares Andinos; mientras que el sector Sur del Parque, pertenece a la formación de Estepa Altoandina Cordillera Doña Ana. Por otro lado, en el sector de lagunas Bravas, Laguna Verde, Pampa de Barrancas Blancas, Laguna Escondida y Salar Wheelwright se tiene la formación vegetal de Estepa Andina, según la clasificación a nivel regional de Ahumada y Faúndez (SAG, 2009). A

nivel local es posible reconocer formaciones de tipo Vegas, Bofedales y Pajonal Húmedo (o hídrico).

Para la caracterización de la vegetación, se utilizó el método Braun-Blanquet (Mueller-Dumbois y Ellenberg 1974), estimándose mediante la estimación de la abundancia, cobertura y participación (%), las especies dominantes y co-dominantes de la formación de vegetación, como se señala en las Guías de Evaluación “Vegetación y Flora Silvestre” (2010) y “Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos” (2011).

Se caracterizaron las variables hídricas: contenido de humedad del suelo, salinidad del suelo y profundidad del agua subterránea, junto con otros parámetros del suelo, para los diferentes sistemas vegetacionales. Además, se realizó la determinación de parámetros fisiológicos (fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática) para analizar una metodología que permita estimar las posibles desviaciones en el funcionamiento de los humedales frente a perturbaciones externas.

### 2.6.1 Descripción de sistemas vegetacionales en el área de estudio

En la zona sur del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces existen formaciones de tipo, vegas y bofedales de agua dulce, debido al afloramiento de agua subterránea en el sector de unión de los dos cuerpos de agua que componen la laguna del Negro Francisco. Estos sectores de herbáceas del tipo gramíneas, como *Calandrinia oculta*, *Deyeuxia curvula*, *Potamogeton strictus* y *Ranunculus cimbalaria*, también aparecen en la desembocadura del río Astaburuaga, debido al aporte de agua dulce que hace el río.

En la laguna Santa Rosa existen 2 sectores de vegetación, uno formado por el cuerpo de agua ubicado en la zona oeste, y otro formado por los 2 cuerpos de agua de conformación subtriangular que van unidos al salar de Maricunga, a través de un canal de ancho variable. En el cuerpo ubicado al oeste, es posible observar la formación cojinetes de *Scirpus sp* sobre la franja de la orilla, con un ancho aproximado de hasta 2 metros. Luego, hacia las laderas se encuentran las especies *Stipa frígida* y *Adesmia aecigeras*. En el cuerpo este de la laguna, existen vegas o bofedales que se distribuyen de acuerdo a la salinidad. En las orillas existen vegetación sumergida de *Ruppia filifolia* y *Potamogeton strictus*, junto con vegetación no sumergida, en donde se encuentran *Scirpus sp*, *Deuyexia velutina* y *Triglochin palustris*. Luego, en donde la humedad disminuye, es posible encontrar *Deschampsia caespitosa*, para luego extenderse una vegetación rala de estepa de *Stipa frígida* (RAMSAR, 1996).

### 2.6.2 Monitoreo de Flora y Vegetación Azonal

El muestreo y caracterización de los tres sectores del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, se realizó en tres días de terreno entre el martes 22 y jueves 24 de abril de 2014. Esta fecha fue considerada con el fin de contar con una condición más estable tras el período de lluvias, pretendiendo con ello, una mejor descripción de los atributos salinos y no salinos en los humedales presentes en Vega Pantanillo, Río Lamas y Salar de Maricunga. Además, se considera que esas fechas corresponden al tiempo en el cual podría encontrarse una adecuada actividad fisiológica en la vegetación.

### 2.6.2.1 Flora

La determinación de las especies de plantas vasculares se realizó de acuerdo a literatura taxonómica disponible, monografías especializadas y estudios preliminares en esta zona.

La diversidad de plantas vasculares se expresó mediante un catálogo florístico, el cual contempla la posición sistemática, forma de crecimiento, origen, estado fenológico y estado de conservación. La posición sistemática, nomenclatura taxonómica, forma de crecimiento y origen de los taxa se revisó en el Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga, Morrone, y Belgrano 2009) y en la Enciclopedia de la Flora Chilena ([www.florachilena.cl](http://www.florachilena.cl)).

El estado de conservación de la flora vascular terrestre registrada en el área de estudio se determinó siguiendo el orden de prelación para efectos del artículo 6° literal m) del Reglamento del SEIA vigente: Decretos Supremos N° 151/2007, 50/2008, 51/2008, 23/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), y N° 33/2011, 41/2011, 42/2011, 19/2012 y 13/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que oficializan los procesos nacionales de clasificación de especies; clasificaciones del Libro Rojo de la Flora terrestre de Chile (Benoit 1989); y clasificaciones del Boletín N° 47 del Museo Nacional de Historia Natural (Belomonte et al 1998), propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente (Memorandum DJ N°387/2008).

Además, se revisaron las categorías propuestas en el Libro Rojo de la región de Atacama (Squeo et al. 2008).

### 2.6.2.2 Vegetación

La metodología para monitorear la vegetación de los humedales se basó en la Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos (Ahumada et al. 2012). En cada sitio de muestreo se localizaron al azar tres unidades muestrales o transectos lineales de una longitud de ca. 15 m. Para cada una de ellas se calculó el porcentaje de cobertura absoluta de las especies. Se registraron los taxa que interceptaron a una huincha en puntos ubicados cada 0,10 m de distancia, proyectando en cada punto una línea perpendicular al transecto y al suelo. Asumiendo que la probabilidad de que un taxa intercepte la huincha es función de la cobertura (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974, “*método del intercepto de puntos*”) el cálculo para las coberturas fue el siguiente:



$$\text{Cobertura absoluta de especie (\%)} = \frac{\text{Total de veces que una especie intercepto la huincha en un punto definido en un transecto}}{\text{Nº de puntos de intercepción por transecto}} \times 100$$

$$\text{Cobertura absoluta del transecto (\%)} = \text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un transecto determinado}$$

$$\text{Promedio de cobertura absoluta del sector (\%)} = \frac{\text{Sumatoria de porcentajes de cobertura absoluta de todos los transectos de un sector}}{\text{Nº de transectos por sector}}$$

Se registró las coordenadas de inicio y fin de cada transecto. A partir de los datos obtenidos mediante los transectos establecidos se logró monitorear las siguientes variables para cada sitio y formación de vegetación:

- Porcentaje de participación específica
- Porcentaje de sustrato salino/materia orgánica
- Porcentaje de cubrimiento de rastrojo o mantillo
- Porcentaje de cubrimiento de agua superficial

En el caso particular del río Lamas, los transectos se ubicaron perpendiculares al curso o cuerpo del agua, separados entre sí por 20 m de distancia. Debido a la distribución heterogénea de algunas especies y/o tipos de vegetación, adicionalmente, se realizó un rastreo con recorridos libres con el objeto de registrar especies no determinadas por los transectos descritos, para incluirlas en el listado florístico, estimar la riqueza de especies, caracterizar las condiciones hídricas del suelo en que se encuentran y además, caracterizar los parámetros y variables ecofisiológicas descritas de intercambio de gases.

**Tabla 2.9: Sector 1 - Laguna Santa Rosa (Salar de Maricunga)**

Transecto	Punto	Este WGS84	Norte WGS84
T1	inicio	486623	7009316
	fin	486625	7009328
T2	inicio	486708	7009306
	fin	486714	7009296
T3	inicio	486669	7009359
	fin	486666	7009345



**Tabla 2.10: Sector 2 - Rio Lamas**

Transecto	Punto	Este WGS84	Norte WGS84
T1	inicio	502493	7004584
	fin	502490	7004598
T2	inicio	502402	7004579
	fin	502388	7004580
T3	inicio	502530	7004574
	fin	502533	7004588

**Tabla 2.11: Sector 3 - Vega Pantanillo**

Transecto	Punto	Este WGS84	Norte WGS84
T1	Inicio	496577	6966523
	Fin	496596	6966513
T2	Inicio	496611	6966503
	Fin	496620	6966514
T3	Inicio	496631	6966530
	Fin	496650	6966524

### 2.6.3 Caracterización de variables hídricas-salinas del suelo

De forma paralela a la caracterización de la vegetación, para cada uno de los sectores de muestreo se utilizó los mismos transectos lineales de longitudes de ca. 15 m de cada tipo de vegetación, para evaluar el perfil superior (5 cm) del suelo y medir el contenido de agua o humedad, temperatura y salinidad. Esto fue realizado utilizando sensores portátiles “GS3+ProCheck” de Humedad, Temperatura y Salinidad (Decagon, USA). <http://www.decagon.com/products/soils/volumetric-water-content-sensors/>.

### 2.6.4 Caracterización de los suelos

Adicionalmente, tras escoger uno de los transectos de cada sitio con vegetación, se caracterizó la estructura por medio de calicatas, con profundidades entre los 25 y 50 cm. Al material extraído se le realizó un análisis de laboratorio, para determinar: Contenido Volumétrico de Agua, Conductividad Eléctrica, Materia Orgánica, Granulometría, Textura, Micro (Fe, Cu, Zn y Mn) y Macronutrientes (N, P y K).

### 2.6.5 Caracterización de variables ecofisiológicas en plantas

Para investigar las respuestas ambientales de las plantas se propuso utilizar parámetros fisiológicos, como fotosíntesis y conductancia estomática. Ello dado que el tamaño, la densidad y apertura de los estomas, como medida de control de la pérdida de agua por transpiración (conductancia estomática), son un indicador de la eficiencia en el uso del agua (ganancia de carbono por fotosíntesis en función de la pérdida de agua). Así, ellos fueron propuestos en este estudio como parámetros claves para estudiar estas respuestas de las plantas, comparando respuestas en estas variables en la vegetación (Medrano et al 2007; Nicotra et al 2010).

### **2.6.5.1 Fotosíntesis (Asimilación $CO_2$ ), Conductancia Estomática ( $g_s$ ) y Transpiración (E). [IRGA (Analizador Infrarrojo de Gas) LI-6400 marca LI-COR <http://www.licor.com>]**

Para caracterizar el intercambio gaseoso en Fotosíntesis (A) y Transpiración (E) se realizaron mediciones con un Analizador Infrarrojo de Gas IRGA LI-6400 (LI-COR, USA).

Para comparar entre especies estas respuestas fotosintéticas, en una misma especie a lo largo de los transectos lineales de la vegetación, se realizaron mediciones saturantes de radiación fotosintética activa (PAR a 2000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ) vs Fotosíntesis (Asimilación de  $CO_2$ ).

Las hojas de plantas y especies seleccionadas, se introdujeron en la cámara de medición obteniéndose tasa de Fotosíntesis (**A**), Transpiración (**E**) y Conductancia Estomática ( **$g_s$** ). La medición se realizó, a lo menos, entres tres a cinco individuos que estaban presentes en cada uno de los 3 sitios (A, B y C) y separados 5 m entre si, a lo largo de cada transecto de 15 m.

Las Tasas de Fotosíntesis (A), Transpiración (E) y Conductancias Estomáticas ( **$g_s$** ) foliares fueron obtenidas –directamente- con el IRGA desde las hojas (n=5). El uso del agua foliar puede estimarse como cocientes entre estos 3 parámetros, como: Eficiencia Instantánea de Transpiración Foliar: Asimilación de  $CO_2$ /Transpiración (**A/E**). Eficiencia Intrínseca Uso de Agua: Asimilación de  $CO_2$ /Conductancia Estomática (**A/g**)

### **2.6.5.2 Conductancia Estomática [Porómetro SC-1 (Decagon, USA) <http://www.decagon.com/>]**

La Conductancia Estomática ( **$g_s$** ) foliar fue caracterizada también por medio de Porómetros. El procedimiento es similar al descrito para el IRGA, colocando la(s) hoja(s) de la planta en la “pinza-cámara” de medición, obteniendo en ca. 1 min, la tasa de conductancia estomática, utilizando un número mínimo de réplicas por especie (n=5). Para la determinación de la conductancia de estomas con los Porómetros, se buscó realizar las mediciones en las mismas hojas que se utilizaron en la medición de fotosíntesis (IRGA).

Los valores (datos) fueron descargados posteriormente, analizados al término del terreno. En ambas metodologías se repitió el mismo procedimiento para cada especie o plantas de una misma especie, determinando los parámetros en a lo menos 5 hojas entre 3 a 5 plantas diferentes que estaban compartiendo las condiciones hídricas o salinas del sitio.



## **ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN TERRENO Y MONITOREO CONTINUO**

### 3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN TERRENO Y MONITOREO CONTINUO

A continuación, se entregan los resultados obtenidos de la primera campaña de terreno para las diferentes componentes y variables medidas. En el caso de la campaña de calidad de aguas, se realiza un análisis y comparación de los valores obtenidos en terreno en relación a los valores reportados en estudios previos realizados en la zona. Además, se entregan los resultados obtenidos de la descarga y rescate de las series de tiempo registradas por los sensores autónomos, realizada durante la segunda campaña de terreno. Para la revisión de esta última información, también son utilizados los valores obtenidos como referencia desde estudios previos.

#### 3.1 Resultados del monitoreo de calidad de aguas

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo de calidad de aguas realizado en abril de 2014, junto con una comparación de los resultados obtenidos para cada sector respecto de los datos reportados en estudios previos en la zona. Los estudios considerados son los siguientes:

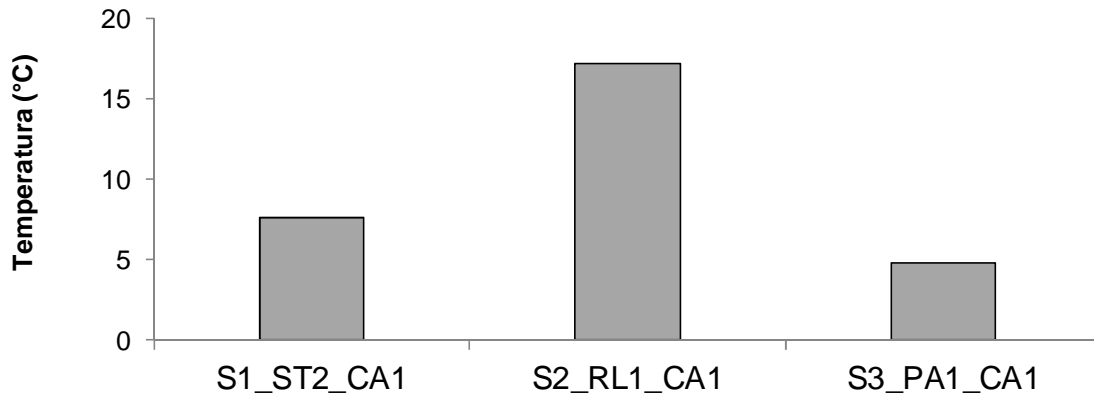
- Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones-Chile. Risacher *et al.*, 1999.
- Línea base hidrogeológica e hidrológica Lobo Marte y Modelo Hidrogeológico Ciénaga Redonda. Anexo II-1 Anexo E. Golder Associates, 2011.
- Datos estación calidad de aguas 03041005-k Río Lamas en El Salto.DGA, 2014.
- Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero Volcán. Capítulo 2 Línea Base. Anexo 2.10.5. Hidroquímica. GHD, 2012.

La revisión de estos estudios permite definir el rango de valores esperados para cada variable medida, y la correspondiente comparación de ellos con los valores medidos en terreno. Los rangos determinados son entregados en las Tablas I, II y III del Anexo F de este informe. Cada una de las tablas corresponde a la caracterización de un Sector particular.

Además, cabe señalar que no fueron graficados aquellos parámetros en que el 50% o más de los datos, se encontraron bajo el límite de detección de la técnica analítica. En particular para la campaña realizada, los parámetros que cumplieron este criterio son: **mercurio disuelto** y **sulfuro**. Además, tampoco se graficaron los puntos de muestreo que presentaron valores bajo el límite de detección o cuantificación.

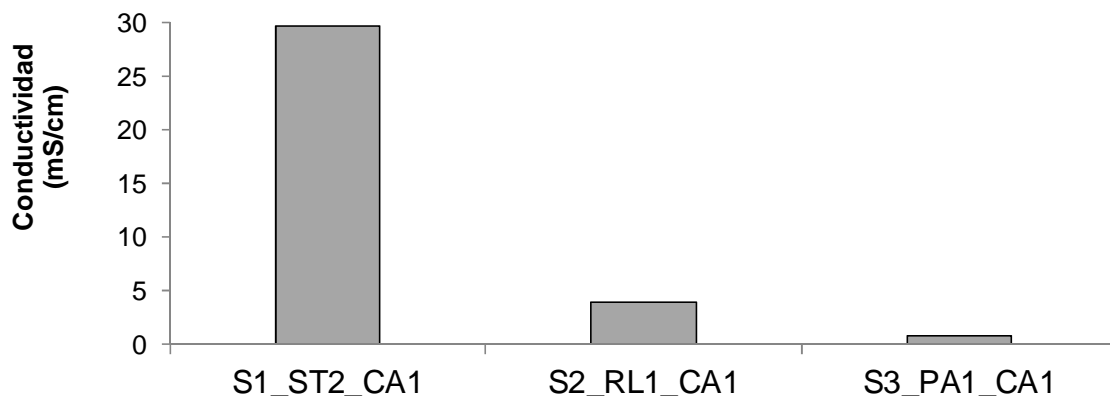
##### 3.1.1 Parámetros in-situ

**Temperatura (°C):** Durante abril de 2014, las temperaturas promedio fueron: en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 7,6°C, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 17,2°C, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 4,8°C (Figura 3.1). Respecto a los antecedentes previos la temperatura registrada en el sector 1, se encontró dentro de los valores observados en estudios anteriores, mientras que el sector 2 y sector 3 se encontraron sobre el máximo registrado (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.1: Temperatura (°C) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

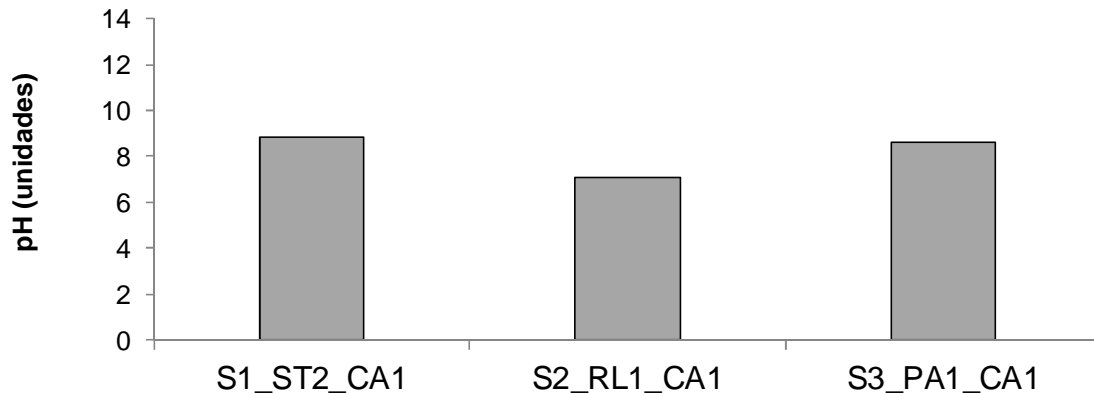
**Conductividad (mS/cm):** Durante abril de 2014, la conductividad en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 29,7 mS/cm, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 4 mS/cm, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,8 mS/cm (Figura 3.2). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.2: Conductividad (mS/cm) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

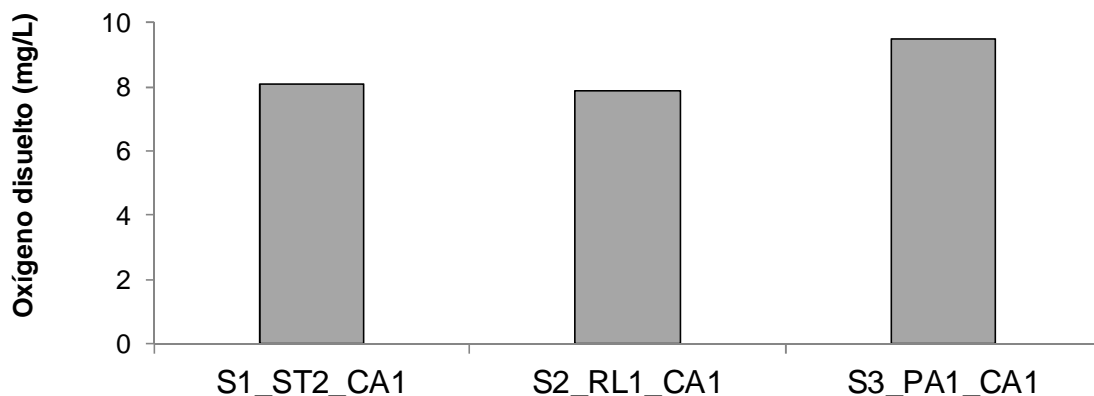
**pH (Unidad):** Durante abril de 2014, el pH en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 8,8 unidades, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 7,1 unidades, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 8,6 unidades (Figura 3.3). De acuerdo a Hounslow (1995), las aguas del sector 2 clasificaron como neutras, mientras que los sectores 1 y 3 fueron moderadamente alcalinos. Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).





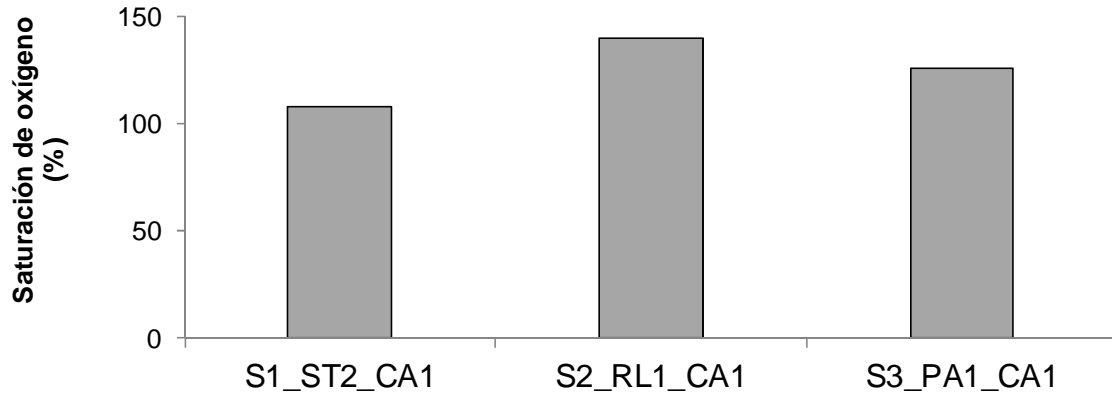
**Figura 3.3: pH (unidad) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Oxígeno disuelto (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de oxígeno disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 8,1 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 7,9 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 9,5 mg/L (Figura 3.4). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.4: Oxígeno disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

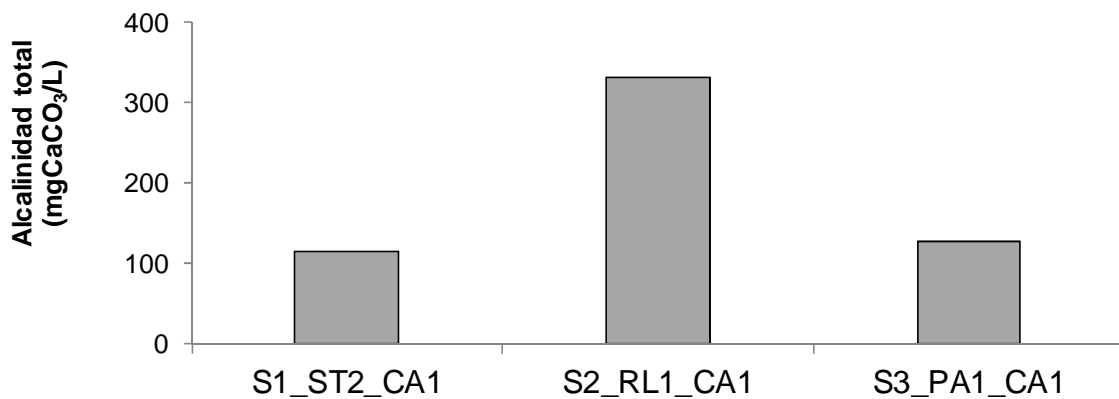
**Saturación de oxígeno (%):** Durante abril de 2014, la saturación de oxígeno en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 108 %, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 140%, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 126% (Figura 3.5). Los sectores 1 y 3 presentaron valores dentro de los antecedentes reportados en estudios previos, mientras que el sector 2 (río Lamas) registró concentraciones mayores al máximo registrado (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.5: Saturación de oxígeno (%) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

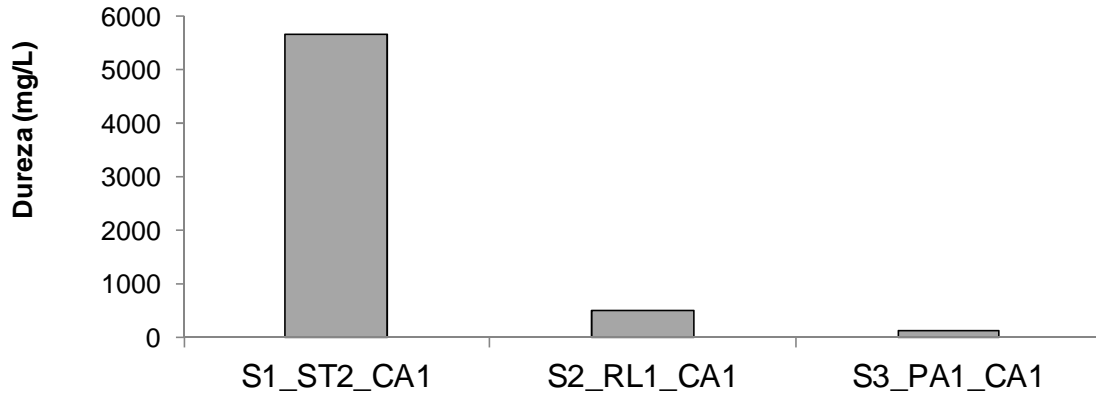
### 3.1.2 Parámetros físico-químicos

**Alcalinidad total (mgCaCO<sub>3</sub>/L):** Durante abril de 2014, la alcalinidad total en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 114 mgCaCO<sub>3</sub>/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 331 mgCaCO<sub>3</sub>/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 127 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Figura 3.6). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



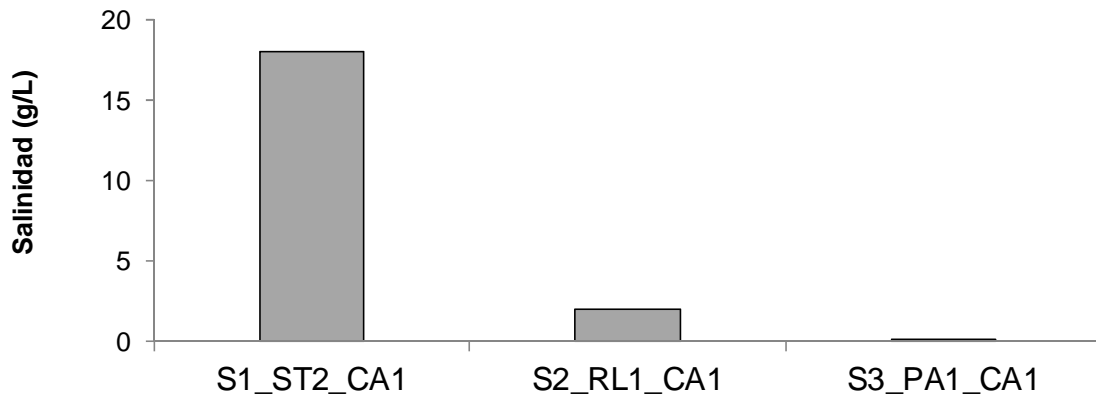
**Figura 3.6: Alcalinidad total (CaCO<sub>3</sub>/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Dureza (mg/L):** Durante abril de 2014, la dureza en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 5659,3 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 491,8 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 118,6 mg/L (Figura 3.7). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



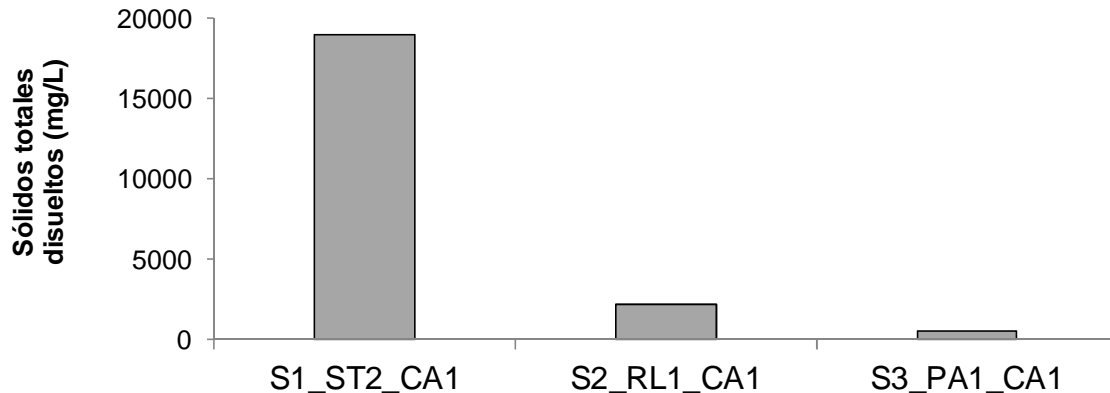
**Figura 3.7: Dureza (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Salinidad (g/L):** Durante abril de 2014, la salinidad en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 18,0 g/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 2,0 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,1 mg/L (Figura 3.8 y Tablas I, II y III del Anexo F). Este parámetro no cuenta con valores comparativos de estudios previos.



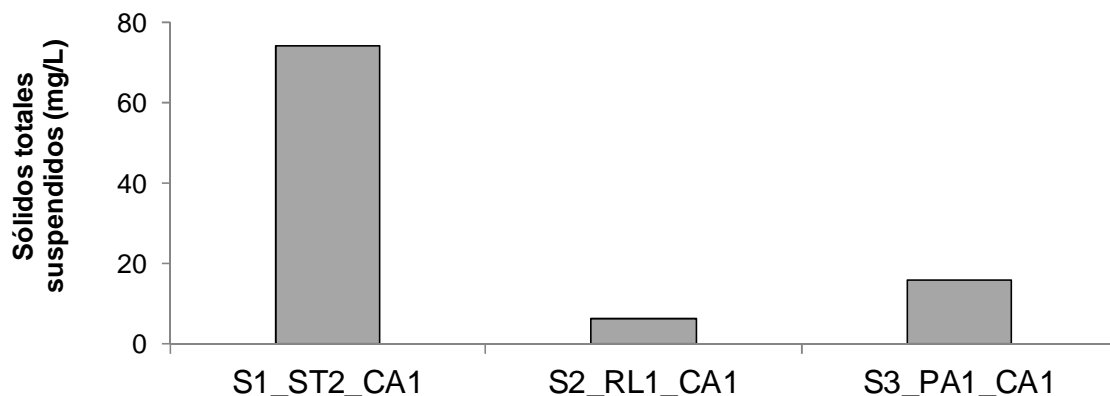
**Figura 3.8: Salinidad (g/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Sólidos totales disueltos (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sólidos totales disueltos en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 18942,2 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 2235,8 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 507,8 mg/L (Figura 3.9). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.9: Sólidos totales disueltos (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

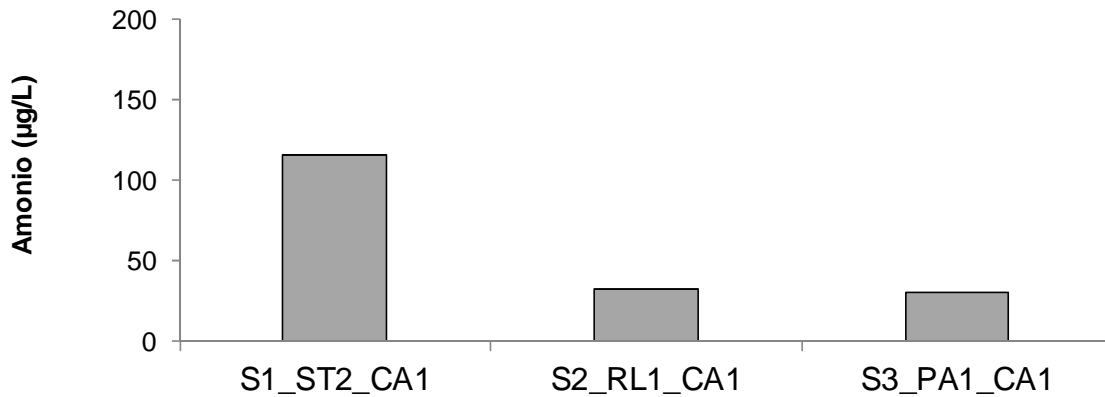
**Sólidos totales suspendidos (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sólidos totales suspendidos en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 74,3 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 6,3 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 16,0 mg/L (Figura 3.10 y Tabla I del anexo). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.10: Sólidos totales suspendidos (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

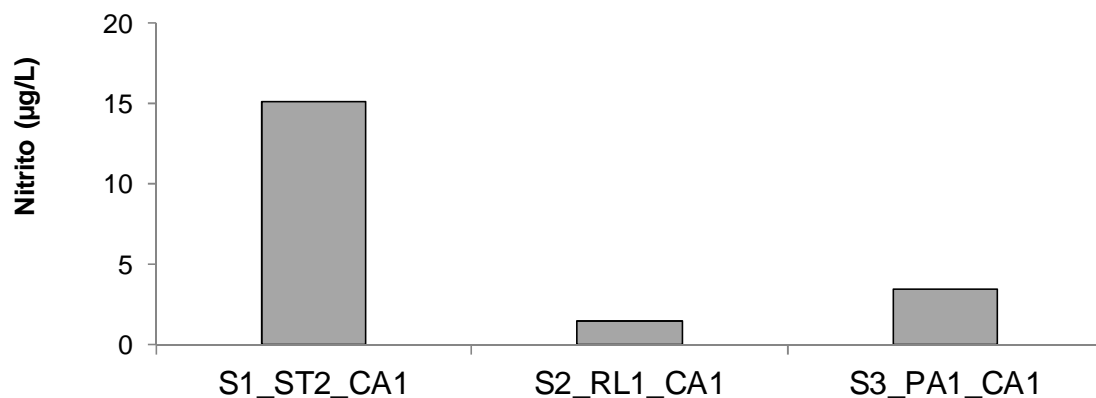
### 3.1.3 Nutrientes

**Amonio ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de amonio en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 116  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 33  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 30  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.11). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.11: Concentración de Amonio ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

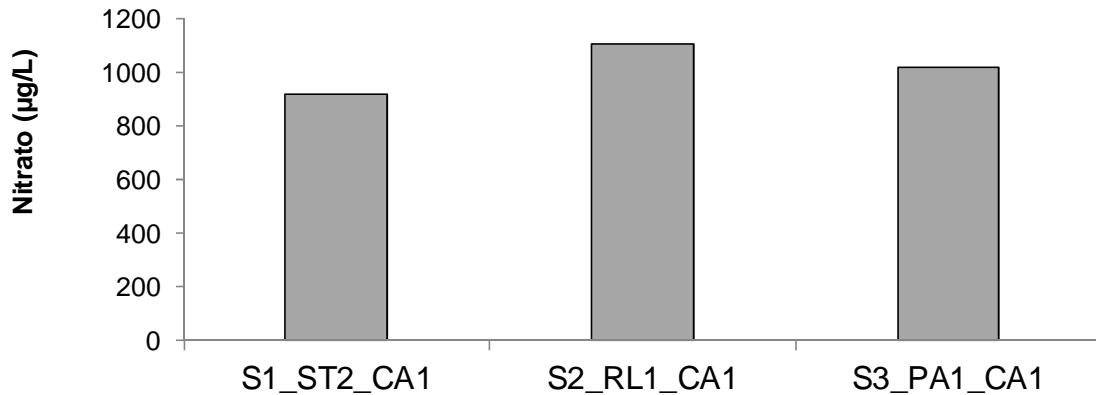
**Nitrito ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de nitrito en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 15,2  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 1,5  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 3,4  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.12). Los sectores 1 y 3 presentaron valores dentro de los antecedentes reportados en estudios previos, mientras que el sector 2 (río Lamas) registró concentraciones mayores al máximo registrado (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.12: Concentración de Nitrito ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

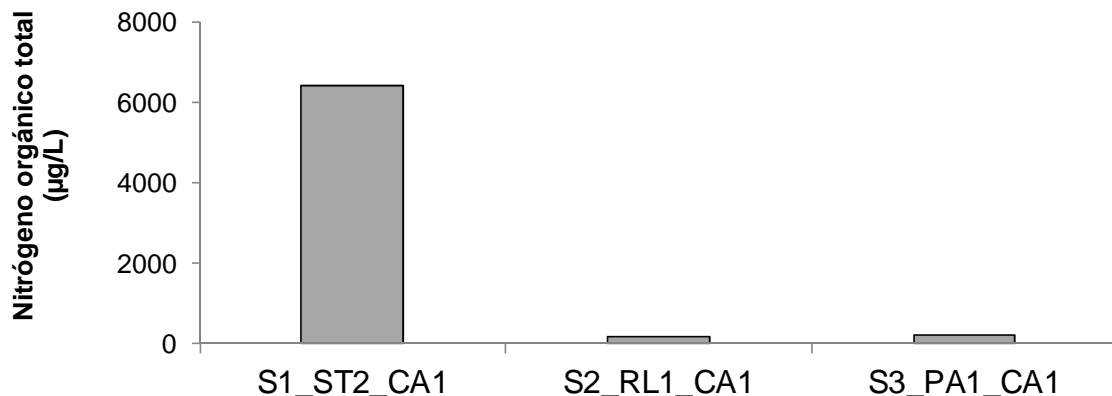


**Nitrato ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de nitrato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 921  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 1108  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 1020  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.13). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



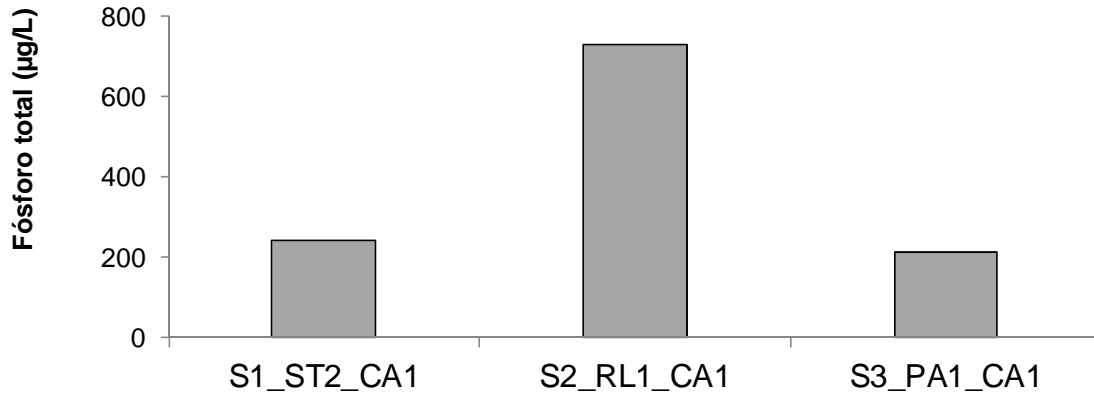
**Figura 3.13: Concentración de Nitrato ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Nitrógeno orgánico total ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de nitrógeno orgánico total en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 6425  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 183  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 226  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.14). Los sectores 2 y 3 registraron en la campaña de abril valores menores al límite de detección reportado en estudios anteriores. Mientras que la concentración del sector 1 (Laguna Santa Rosa) se encontró dentro de los antecedentes previos (Tablas I, II y III).



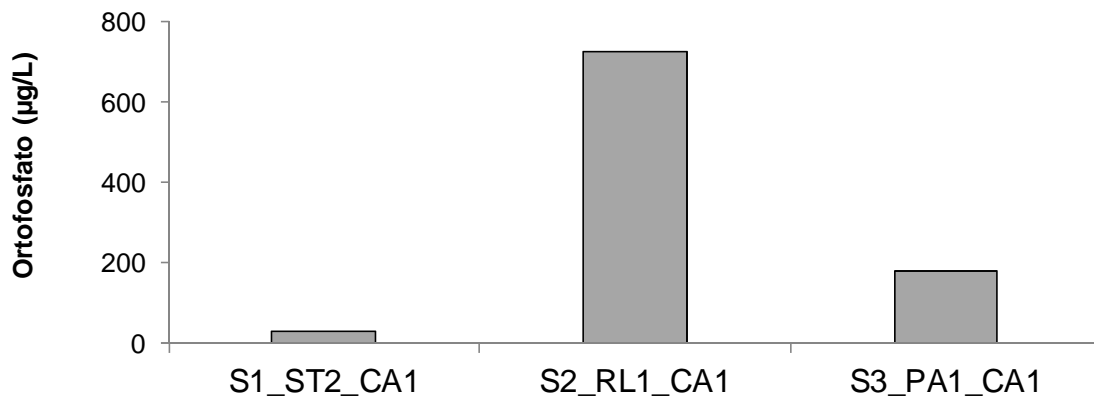
**Figura 3.14: Concentración de Nitrógeno orgánico total ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de fósforo total en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 242  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 728  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 212  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.15). En los sectores 1 y 2, los valores de la campaña fueron mayores al rango de antecedentes previos, mientras que el sector 3 (Vega Pantanillo) se encontró dentro de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F)



**Figura 3.15: Concentración de Fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

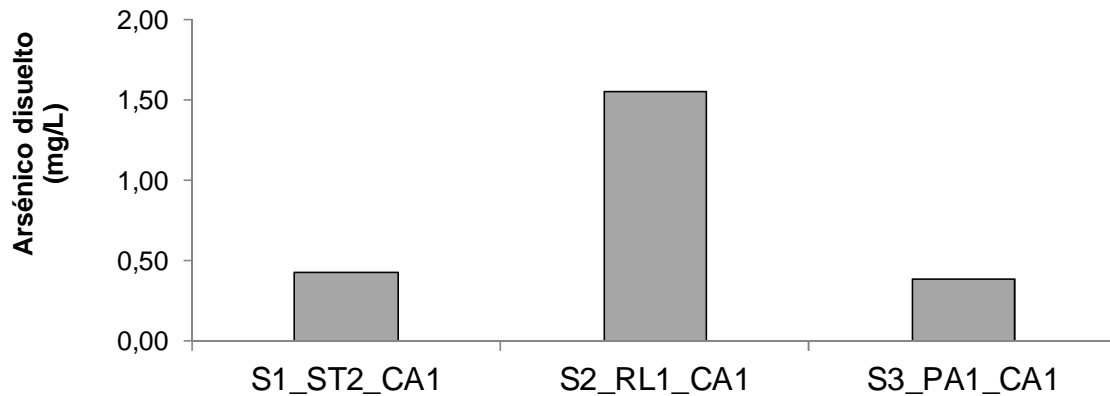
**Ortofosfato ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de ortofosfato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 32  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 728  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 180  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.16). En los sectores 1 y 2, los valores de la campaña se encontraron dentro del rango de antecedentes previos, mientras que el sector 3 (Vega Pantanillo) se encontró sobre de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F)



**Figura 3.16: Concentración de Ortofosfato ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

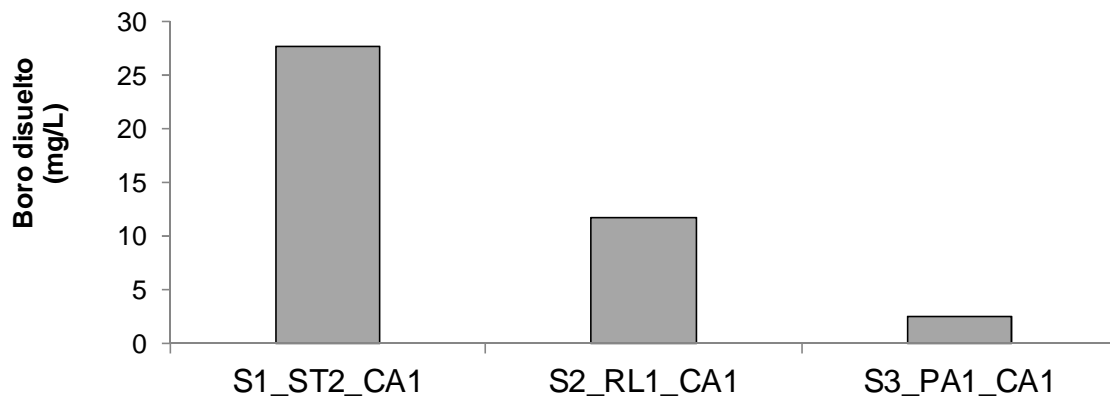
### 3.1.4 Metales disueltos

**Arsénico (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de arsénico disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 0,429 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 1,55 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 0,38 mg/L (Figura 3.17). Los valores de la campaña de abril en todos los sectores se encontraron dentro del rango observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



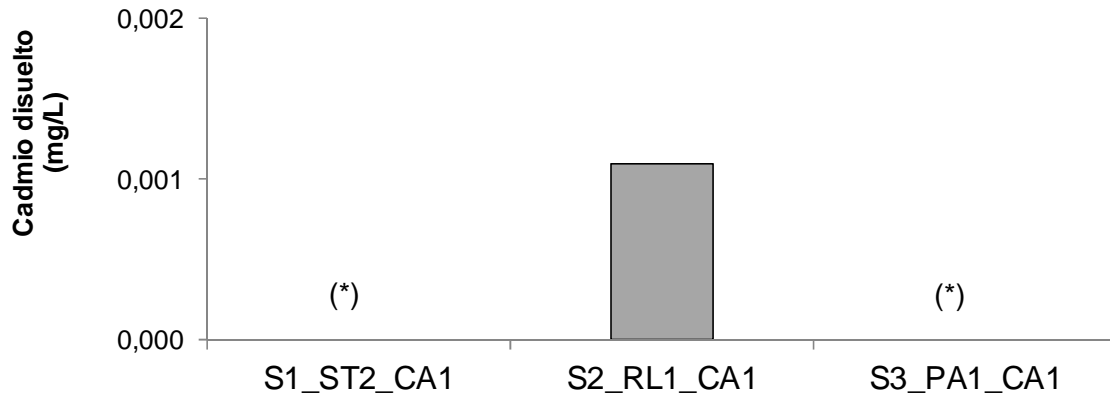
**Figura 3.17: Concentración de Arsénico disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Boro (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de boro disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 28 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 11,8 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 2,5 mg/L (Figura 3.18). En todos los sectores se registraron concentraciones dentro de lo esperado o reportados en estudios anteriores (Tablas I, II y III del Anexo F).



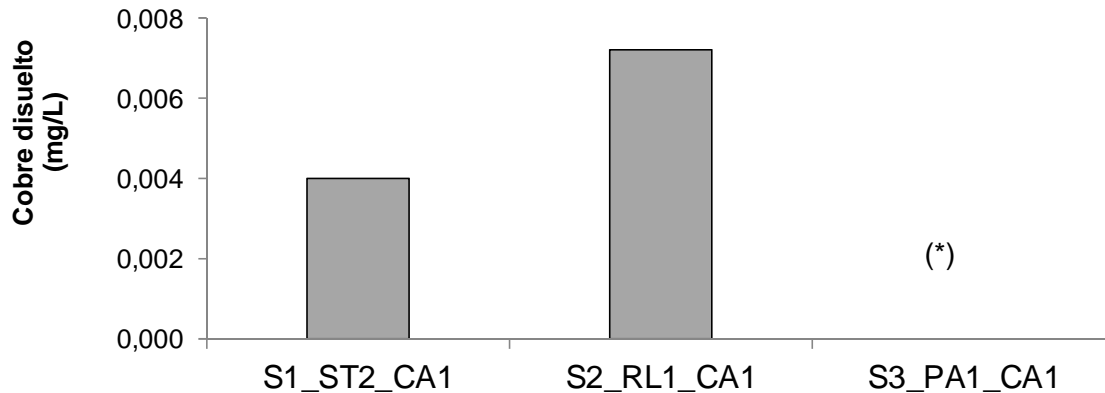
**Figura 3.18: Concentración de Boro disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Cadmio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de cadmio disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de  $<0,00005$  mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,001 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de  $<0,001$  mg/L (Figura 3.19 y Tablas I, II y III del Anexo F). Las diferencias de los límites de detección entre el sector 1 y el resto, se relacionan con el método analítico utilizado ya que corresponden a diferentes matrices de muestreo, el sector 1 corresponde a salar. Respecto a valores reportados en estudios anteriores, el sector 2 se encontró dentro de lo esperado, mientras que los sectores 1 y 3 no son comparables por presentar límites de detección distintos.



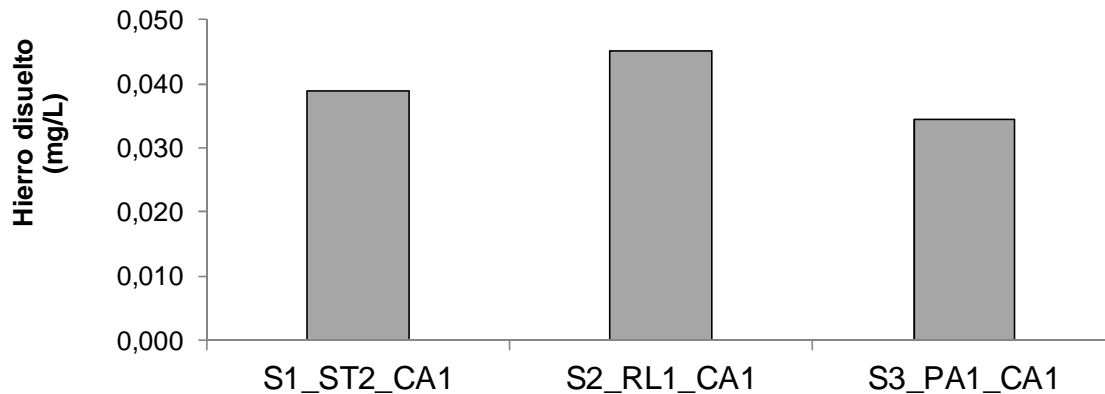
**Figura 3.19: Concentración de Cadmio disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de detección (S1= 0,0002 mg/L y S2 y S3 =0,003 mg/L)**

**Cobre (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de cobre disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 0,0040 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,007 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de  $<0,003$  mg/L (Figura 3.20 y Tabla I, II y III del Anexo F). Las diferencias en los límites de detección entre el sector 1 y los otros sectores, se relacionan con el método analítico utilizado ya que corresponden a diferentes matrices de muestreo, teniéndose que el sector 1 corresponde a salar. Respecto a la comparación con los rangos esperados, ella no se pudo realizar debido a que los máximos reportados en el estudio, no pueden ser menores al límite de detección utilizado y en ese sentido, por lo que se invalidó el dato.



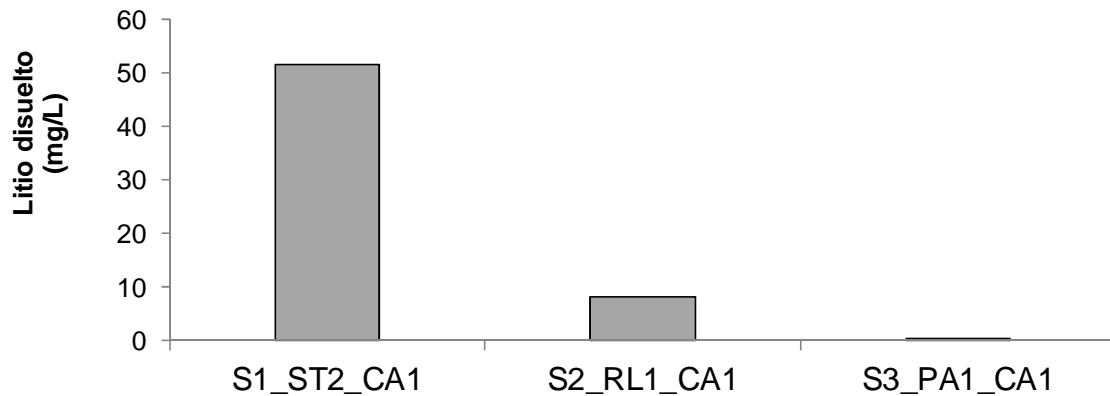
**Figura 3.20: Concentración de Cobre disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de detección (<0,003 mg/L)**

**Hierro (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de hierro disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 0,0388 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,045 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,035 mg/L (Figura 3.21). Las diferencias en los límites de detección entre el sector 1 y el resto, se relacionan con el método analítico utilizado ya que corresponden a diferentes matrices de muestreo, el sector 1 corresponde a salar. Los sectores 1 y 3 presentaron valores dentro de lo esperado, mientras que el sector 2 (río Lamas) registró una concentración mayor al máximo registrado (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.21: Concentración de Hierro disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

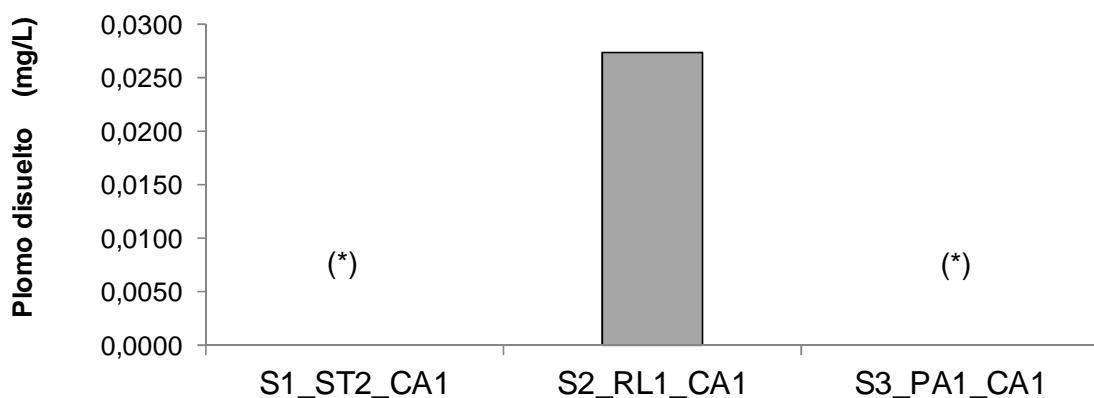
**Litio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de litio disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 51,60 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 8,03 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,43 mg/L (Figura 3.22). Los sectores 1 y 3 presentaron valores dentro de lo esperado, mientras que el sector 2 (río Lamas) registró una concentración mayor al máximo registrado (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.22: Concentración de Litio disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Mercurio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de mercurio disuelto en todos los sectores fue menor al límite de detección (<0,0005 mg/L) (Tabla I del anexo). Dado que el límite de detección de esta campaña fue mayor al observado en estudios anteriores, no se realizó la comparación con antecedentes previos (Tablas I, II y III del Anexo F).

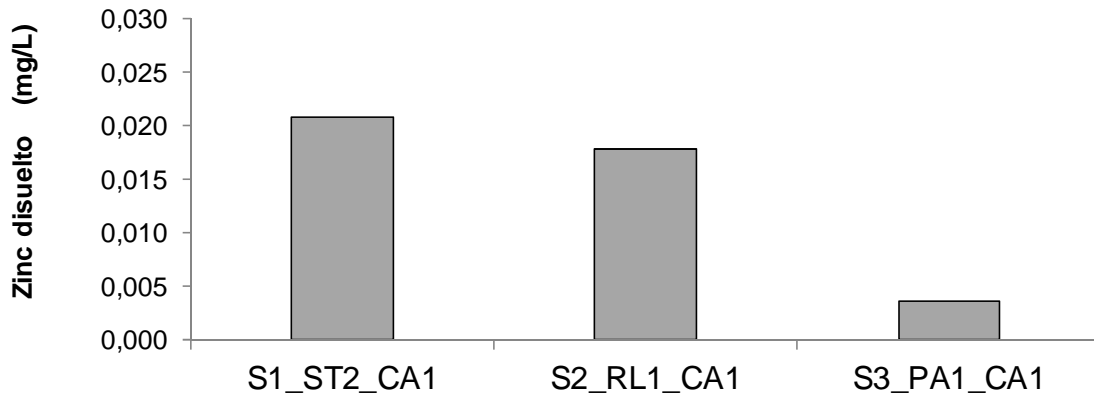
**Plomo (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de plomo disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de <0,0004 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,027 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de <0,008 mg/L (Figura 3.23). Las diferencias en los límites de detección entre el sector 1 y el resto, se relacionan con el método analítico utilizado ya que corresponden a diferentes matrices de muestreo, el sector 1 corresponde a salar. Las concentraciones de plomo en los sectores 1 y 3, se encontraron dentro de lo esperado, mientras que la concentración en el sector 2 (río Lamas) fue mayor al máximo registrado (Tablas I, II y III del Anexo F)



**Figura 3.23: Concentración de Plomo disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de detección (S1= 0,0004 mg/L y S2 y S3 =0,008 mg/L)**



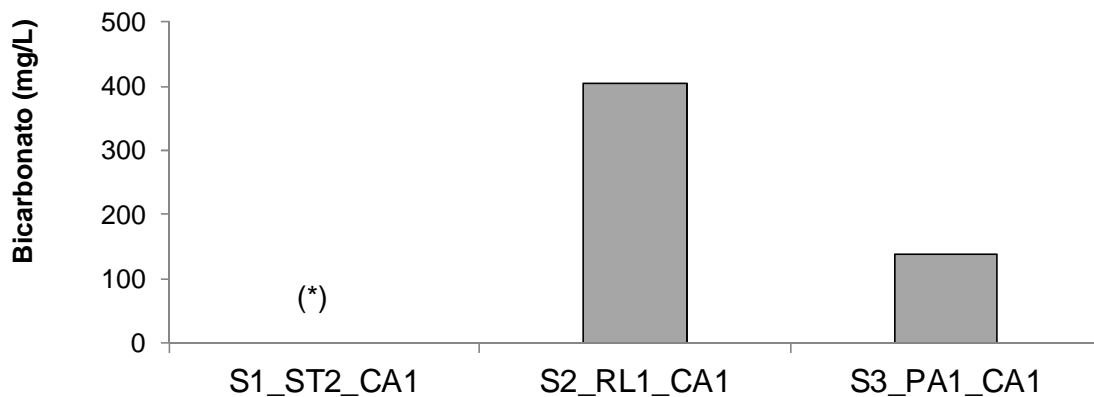
**Zinc (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de zinc disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 0,0208 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,018 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,004 mg/L (Figura 3.24). Las diferencias en los límites de detección entre el sector 1 y el resto, se relacionan con el método analítico utilizado ya que corresponden a diferentes matrices de muestreo, el sector 1 corresponde a salar. Las concentraciones de zinc en todos los sectores se encontraron dentro de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.24: Concentración de Zinc disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

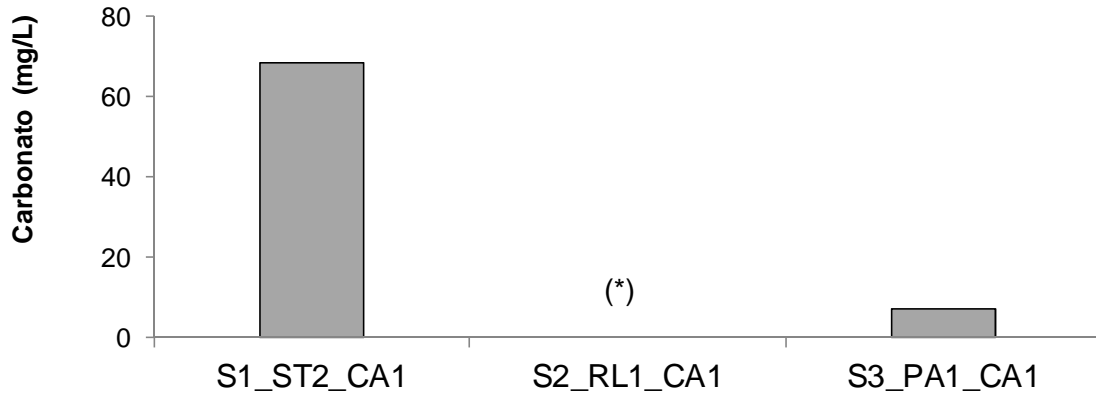
### 3.1.5 Macroelementos

**Bicarbonato (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de bicarbonato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de <5 mg/L y se encontró sobre el máximo registrado en el sector, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 403 mg/L, valor que se encontró dentro del rango esperado, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 139 mg/L, encontrándose bajo el mínimo esperado (Figura 3.25 y Tablas I, II y III del Anexo F).



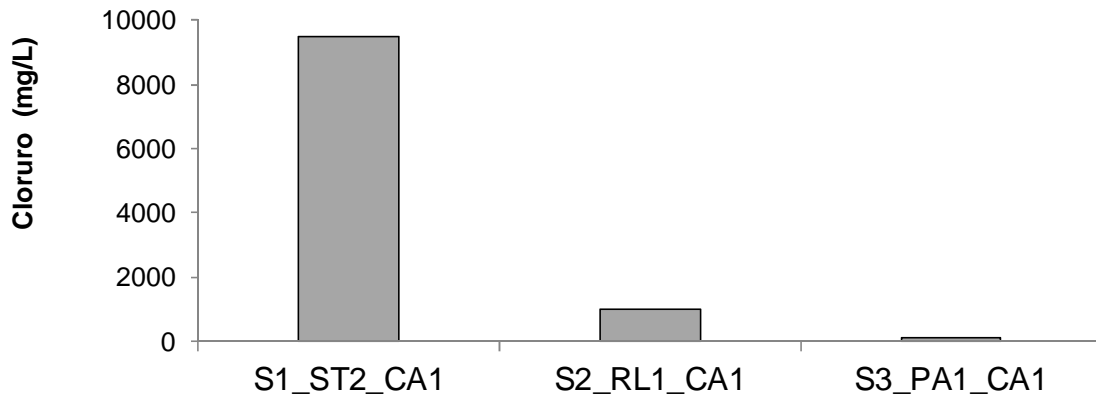
**Figura 3.25: Concentración de Bicarbonato (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de cuantificación (<5 mg/L)**

**Carbonato (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de carbonato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 69 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de <5 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 7,3 mg/L (Figura 3.26). Las concentraciones de los sectores 1 y 3, se encontraron dentro de lo esperado, mientras que el sector 2 no presenta valor referencial (Tablas I, II y III del Anexo F).



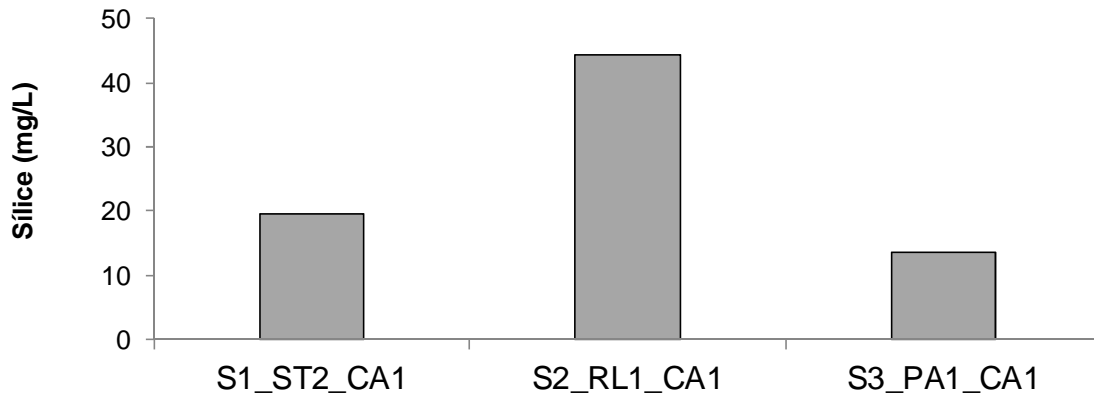
**Figura 3.26: Concentración de Carbonato (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de cuantificación (<5 mg/L).**

**Cloruro (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de cloruro en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 9492 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 1006 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 95 mg/L (Figura 3.27). Las concentraciones de cloruro en todos los sectores se encontraron dentro de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F).



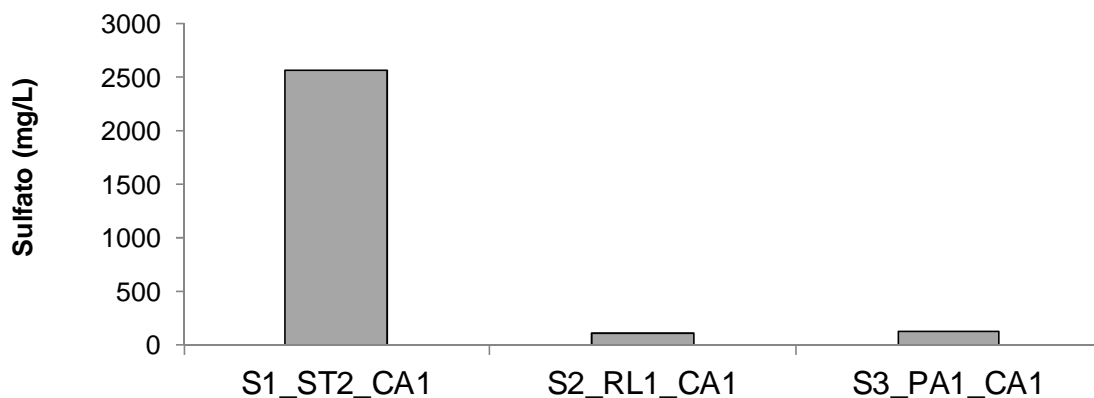
**Figura 3.27: Concentración de Cloruro (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Sílice (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sílice en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 19,6 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 44,3 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 13,6 mg/L (Figura 3.28). Las concentraciones de sílice en todos los sectores se encontraron dentro de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F).



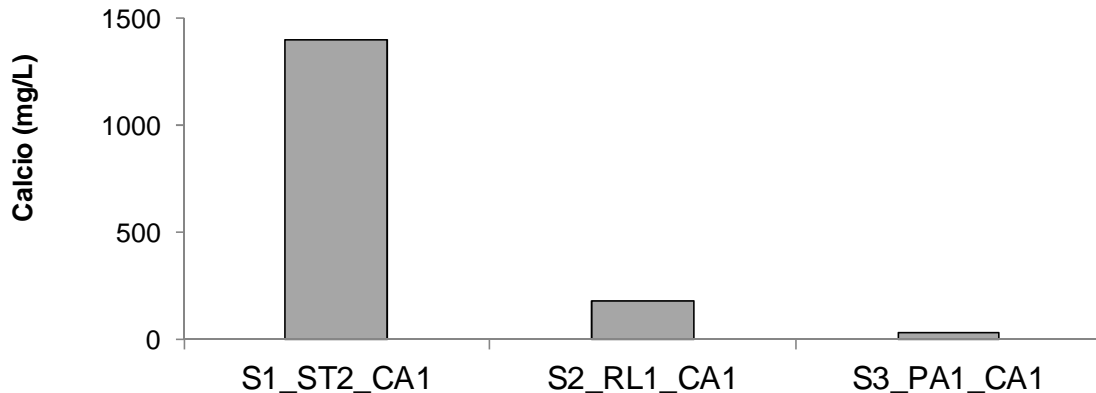
**Figura 3.28: Concentración de Sílice (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Sulfato (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sulfato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 2560 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 118 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 130 mg/L (Figura 3.29). Las concentraciones de sulfato en todos los sectores se encontraron dentro de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F).



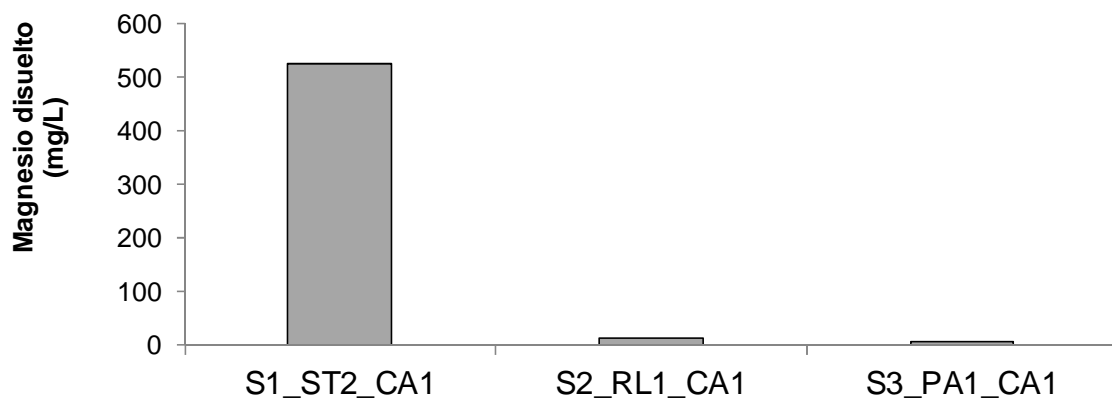
**Figura 3.29: Concentración de Sulfato (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Calcio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de calcio en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 1401 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 178 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 36 mg/L (Figura 3.30). Las concentraciones de calcio en todos los sectores se encontraron dentro de lo esperado (Tablas I, II y III del Anexo F).



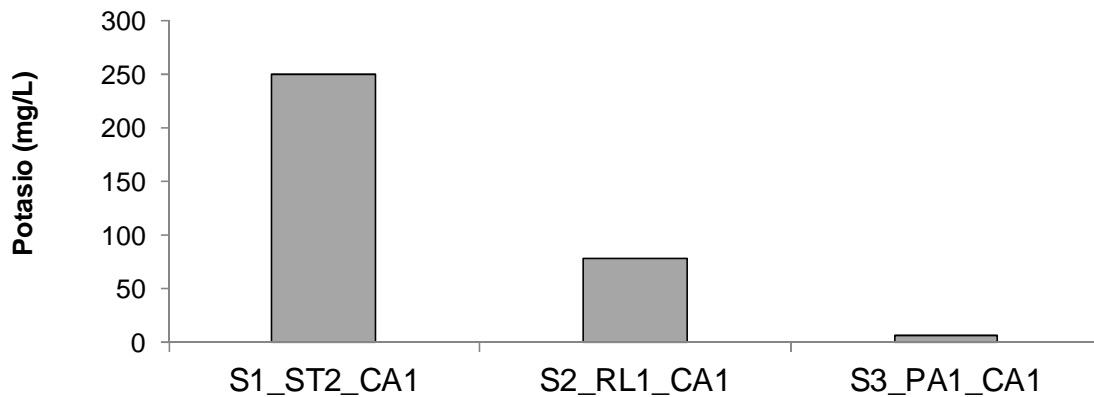
**Figura 3.30: Concentración de Calcio (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Magnesio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de magnesio en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 525 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 11,6 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 7,2 mg/L (Figura 3.31). Las concentraciones de magnesio en los sectores 1 y 3 se encontraron dentro de lo esperado, mientras que la concentración del sector 2 (río Lamas) fue menor al mínimo reportado en antecedentes previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



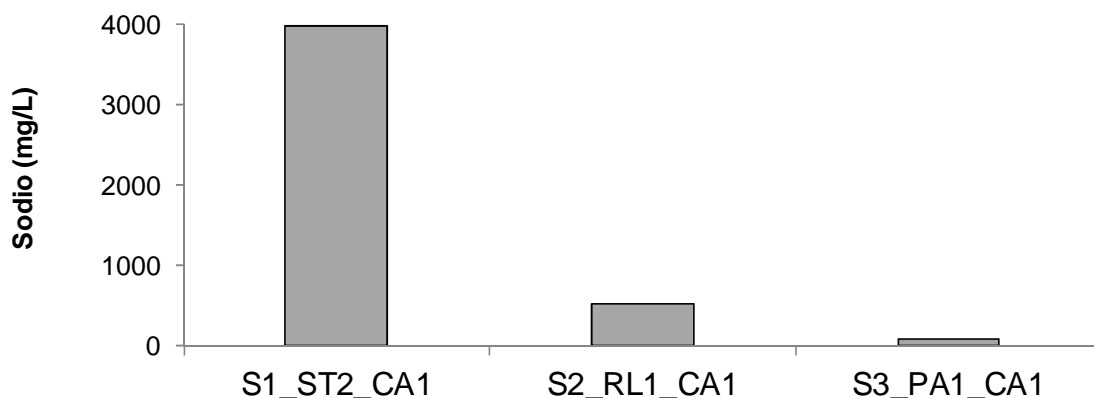
**Figura 3.31: Concentración de Magnesio (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**Potasio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de potasio en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 251 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 77,9 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 6,1 mg/L (Figura 3.32). Las concentraciones de potasio en los sectores 1 y 3 se encontraron dentro de lo esperado, mientras que la concentración del sector 2 (río Lamas) fue mayor al máximo reportado en antecedentes previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.32: Concentración de Potasio (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

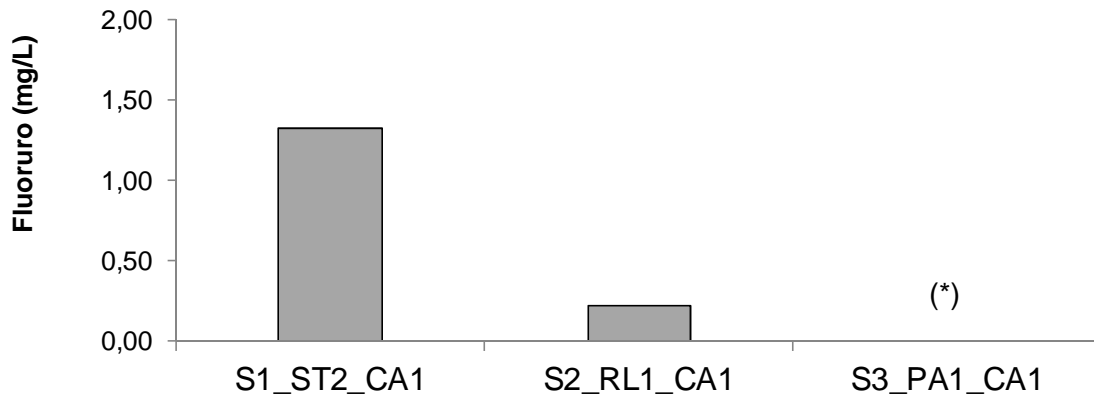
**Sodio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sodio en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 3985,0 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 523,3 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 82,7 mg/L (Figura 3.33). Las concentraciones de sodio en todos los sectores se encontraron dentro de lo observado en estudios previos (Tablas I, II y III del Anexo F).



**Figura 3.33: Concentración de Sodio (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

### 3.1.6 Otros parámetros

**Fluoruro (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de fluoruro en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 1,3 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,2 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de <0,1 mg/L (Figura 3.33). La concentración de fluoruro en el sector 1 se encontró dentro de lo esperado, mientras que en el sector 2 y 3 los valores fueron menores a lo observado en estudios anteriores (Tabla I, II y III del anexo).



**Figura 3.34: Concentración de Fluoruro mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de cuantificación (<0,1 mg/L).**

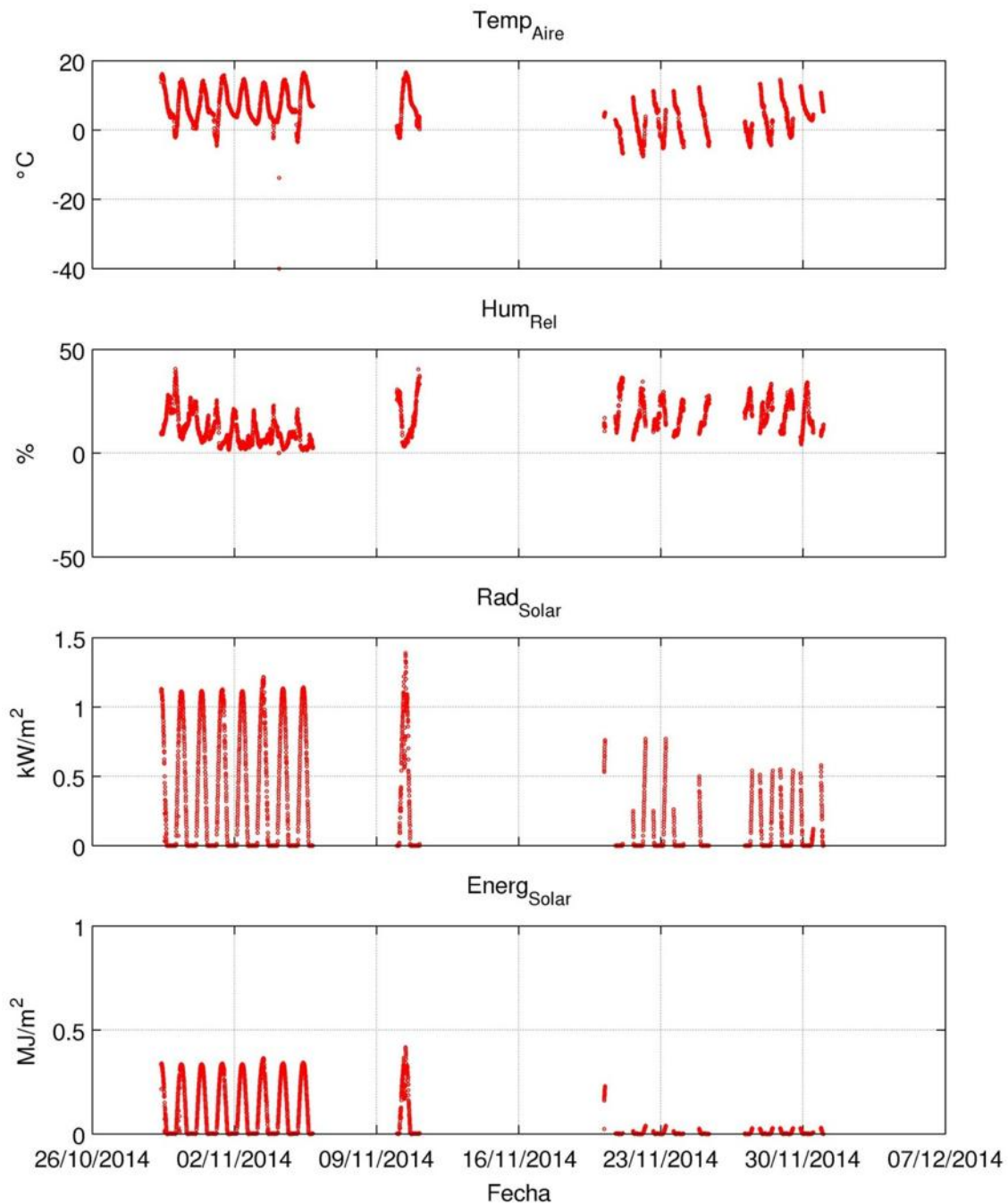
**Sulfuro (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sulfuro en todos los sectores se encontró bajo el límite de detección (<0,02 mg/L), los cuales son mayores a los límites reportados en estudios anteriores, por lo que no son comparativos (Tablas I, II y III del Anexo F).

### 3.2 Resultados del monitoreo atmosférico

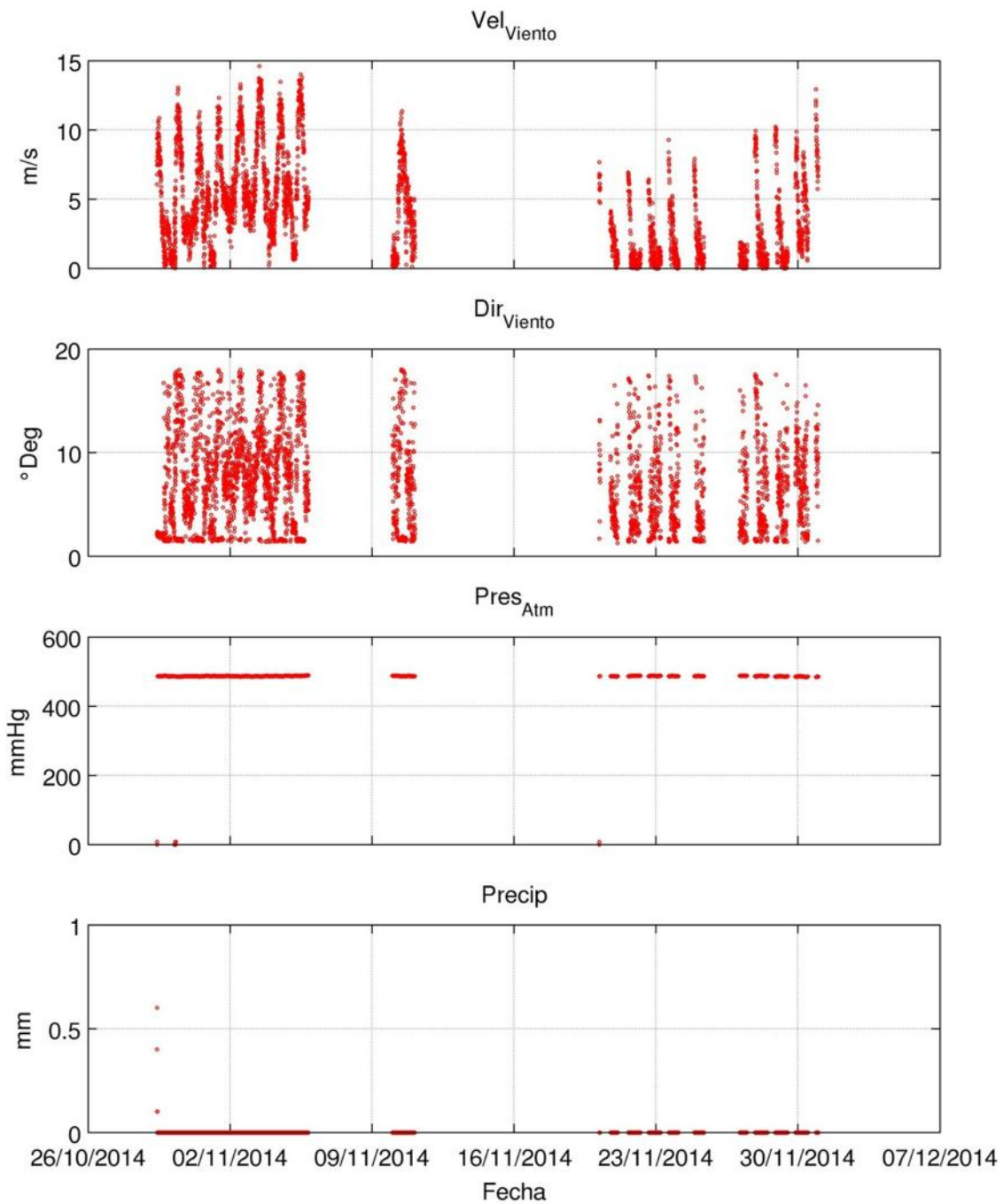
Los resultados del monitoreo atmosférico corresponden a la obtención de las series de tiempo registradas por la estación meteorológica instalada en el estudio. La información registrada por cada sensor de la estación es presentada en las Figura 3.35 y Figura 3.36. De las figuras es posible observar una intermitencia en los registros, la cual no está asociada a un mal funcionamiento de la estación ni de la transmisión de datos, sino que ellas se deben a problemas del proveedor del servicio de transmisión satelital durante la puesta en marcha del sistema. Este problema ya ha sido resuelto, por lo que se ha desarrollado una metodología que permita recuperar de forma ocasional, y sin interferir en la transmisión regular, todos los registros pasados que no han sido transferidos por la estación hacia el servidor FTP. Así, dentro del corto plazo se contará con el registro completo de medición.

En cuanto a la información disponible, ella muestra el correcto funcionamiento de la estación meteorológica, y en particular, de cada uno de los sensores montados en ella. Así, es posible observar los ciclos diarios de temperatura ambiente, humedad relativa y radiación solar. Además, según la información recopilada durante las actividades de terreno, el patrón de vientos se encuentra bien representado, mostrándose un viento predominantemente Norte y con altas velocidades (15 m/s o 54 km/hr).





**Figura 3.35. Registro obtenidos por la estación meteorológica instalada en este estudio. Se muestran 4 de las 8 variables medidas por la estación. De arriba hacia abajo ellas corresponden a: Temperatura del aire (°C), humedad relativa del aire (%), radiación solar (kW/m<sup>2</sup>) y energía solar equivalente (MJ/m<sup>2</sup>).**



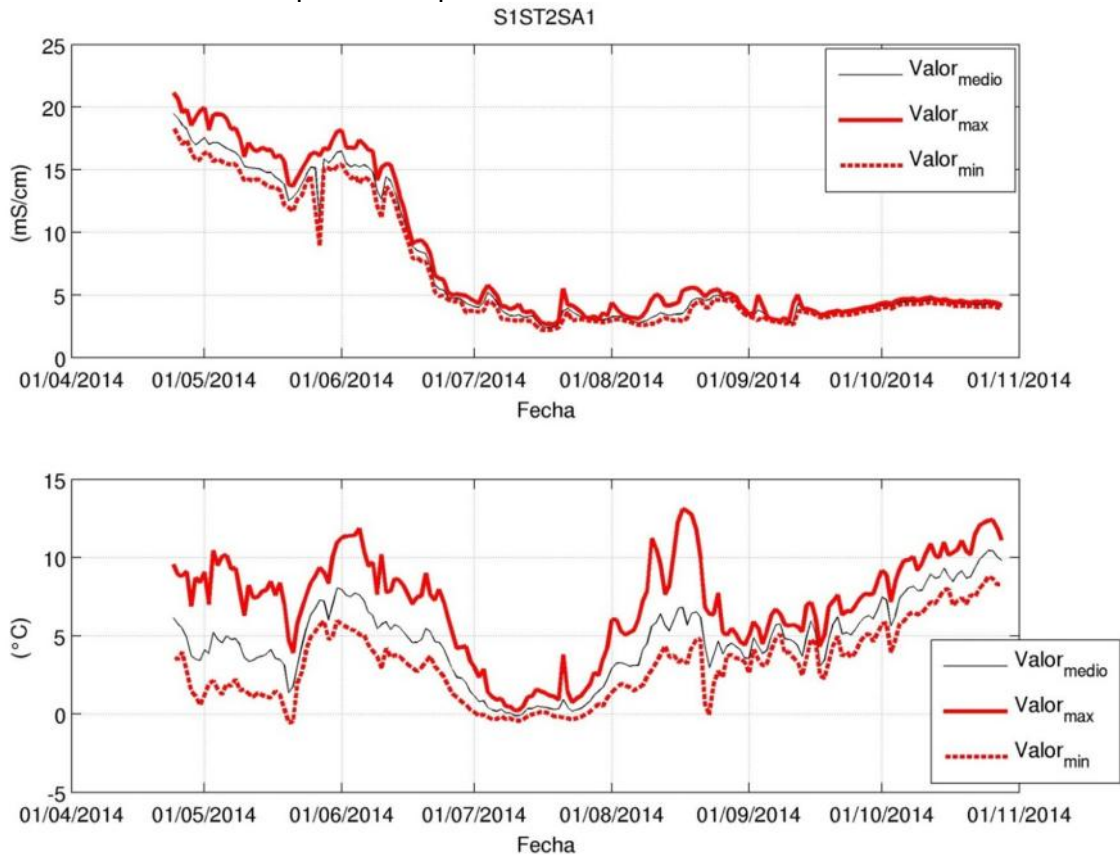
**Figura 3.36. Registro obtenidos por la estación meteorológica instalada en este estudio. Se muestran 4 de las 8 variables medidas por la estación. De arriba hacia abajo ellas corresponden a: Velocidad del viento (m/s), dirección del viento (°Deg), presión atmosférica (mmHg) y precipitación (mm).**

### 3.3 Resultados del monitoreo de conductividad y temperatura de aguas superficiales

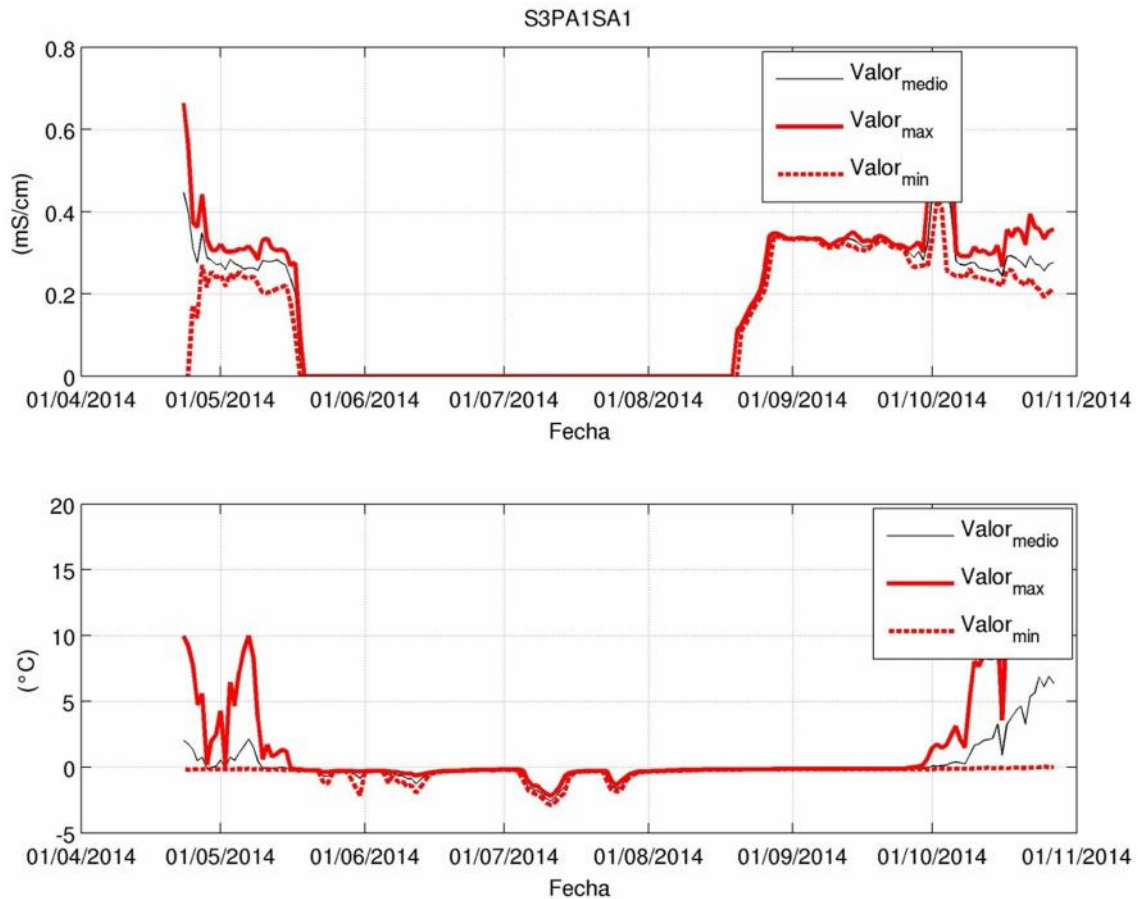
Cabe señalar que no se cuenta con la información para el Sector 2 de Río Lamas, debido a la pérdida del sensor junto con el sistema de sujeción. Este hecho fue explicado anteriormente en la Sección 2.

De los datos obtenidos en el monitoreo continuo de la conductividad eléctrica de las aguas superficiales, en el Sector 1 (Figura 3.37) es posible observar un cambio asociado a la estacionalidad, es decir, se presenta un cambio debido probablemente a la variación estacional del caudal. Este tipo de asociación puede ser verificada cuando se cuente con información de los caudales pasantes por el sitio de monitoreo. En cuanto a la temperatura registrada, ella muestra una variación que puede asociarse a la estacionalidad del caudal, aun cuando se observan otras variaciones y rápidas alzas de temperaturas en el mes de agosto.

En el caso del Sector 3, las mediciones muestran el completo congelamiento de las aguas en la zona de cercana al sensor, durante el período entre mediados de mayo hasta comienzo de octubre. Es por ello que los valores de temperatura se mantienen cercanos y bajo cero, y conjuntamente se tiene que las medidas de conductividad son nulas (esperado para una condición de congelamiento). Posteriormente, durante el período de deshielos se cuenta con registro de conductividad, aun cuando las aguas muestren temperaturas levemente superiores a cero grados. Así, se cuenta con mediciones de conductividad antes de que las temperaturas comiencen a elevarse



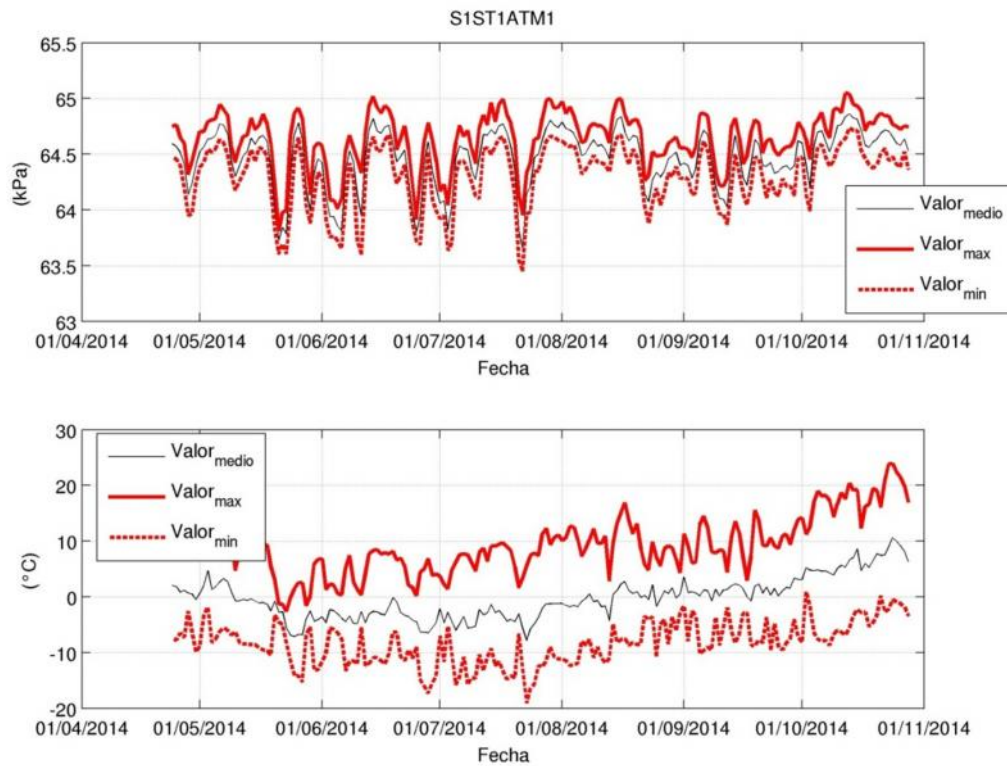
**Figura 3.37. Registro obtenidos por el sensor de conductividad y temperatura HOBO, instalado en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa.**



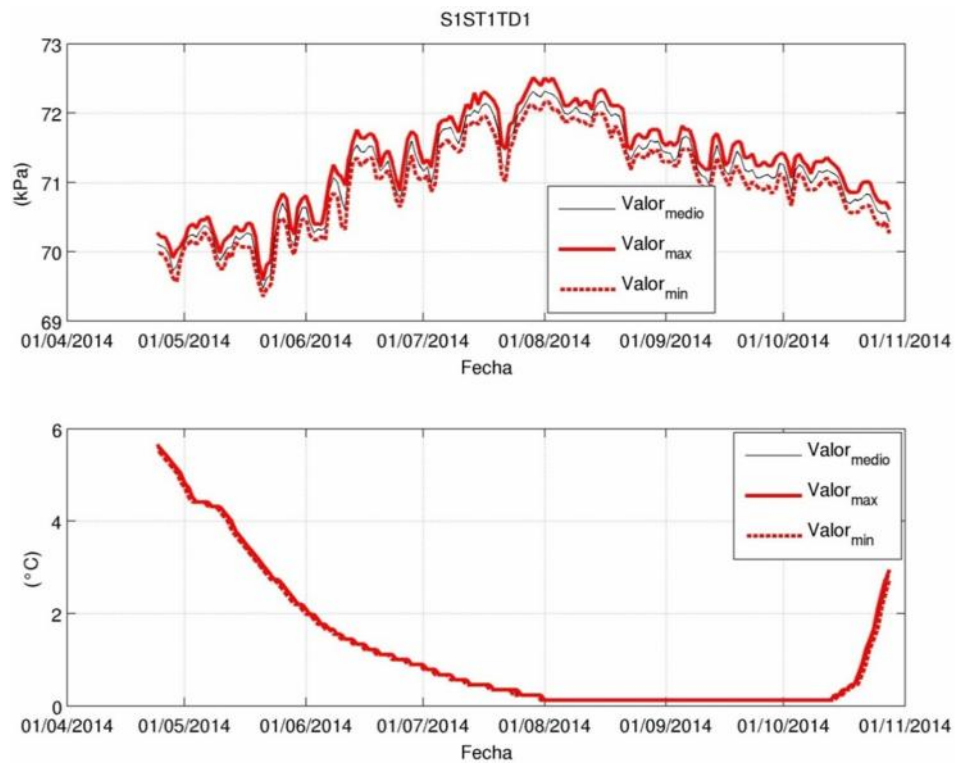
**Figura 3.38. Registro obtenidos por el sensor de conductividad y temperatura HOBO, instalado en Sector 3 – Vega Pantanillo y Río Astaburuaga.**

### 3.4 Resultados del monitoreo de nivel y temperatura de las aguas subterráneas

En el caso de las mediciones de presión, como base para la determinación del nivel freático en cada uno de los sectores de monitoreo, esta variable cuenta con valores de comparación similares a las variables de calidad de agua. Es por ello que no se presentará una caracterización en esta sección. Aun así, en la sección siguiente se presentará una breve revisión conjunta de todas las variables por cada sector, con el fin de poder caracterizar algunas de las tendencias y dinámica de los sectores. Los resultados obtenidos se muestran en las Figura 3.39 a Figura 3.44.

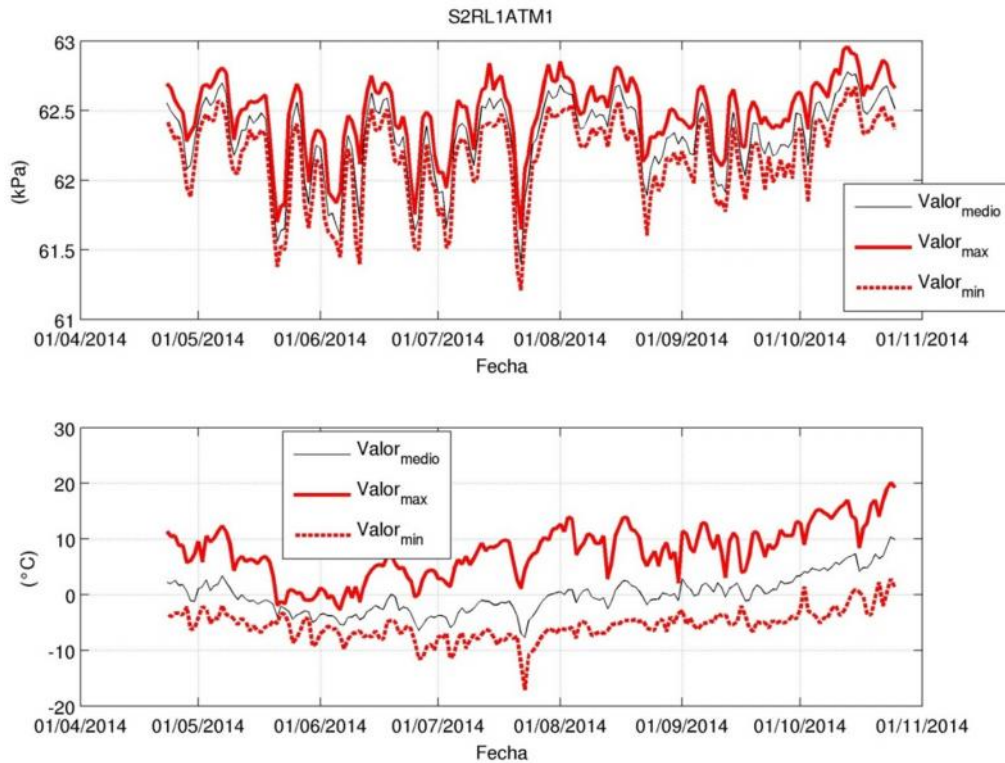


**Figura 3.39. Registro obtenidos por el sensor de presión atmosférica HOBO, instalado en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa.**

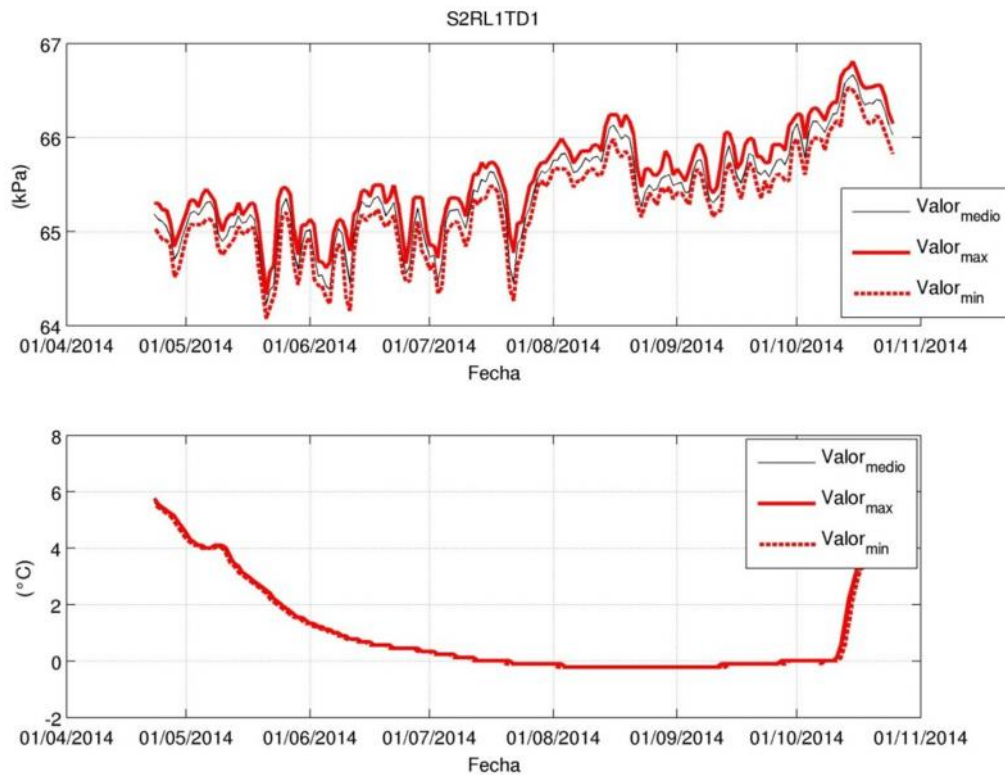


**Figura 3.40. Registro obtenidos por el sensor presión de agua HOBO, instalado en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa.**



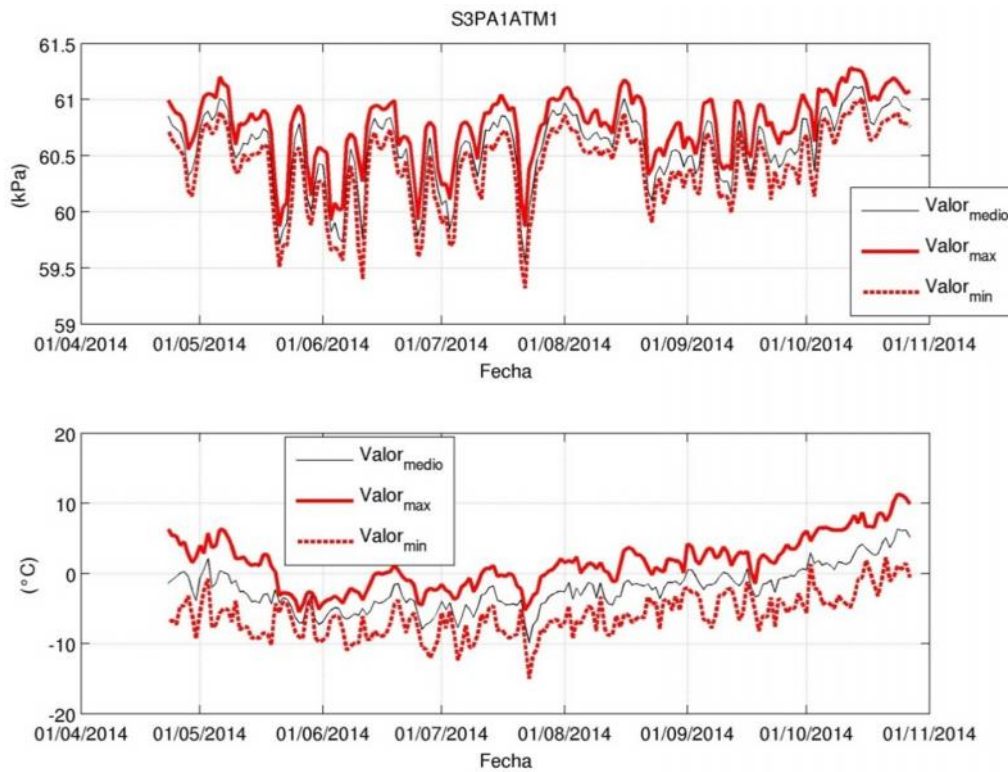


**Figura 3.41. Registro obtenidos por el sensor de presión atmosférica HOBO, instalado en Sector 2 – Río Lamas.**

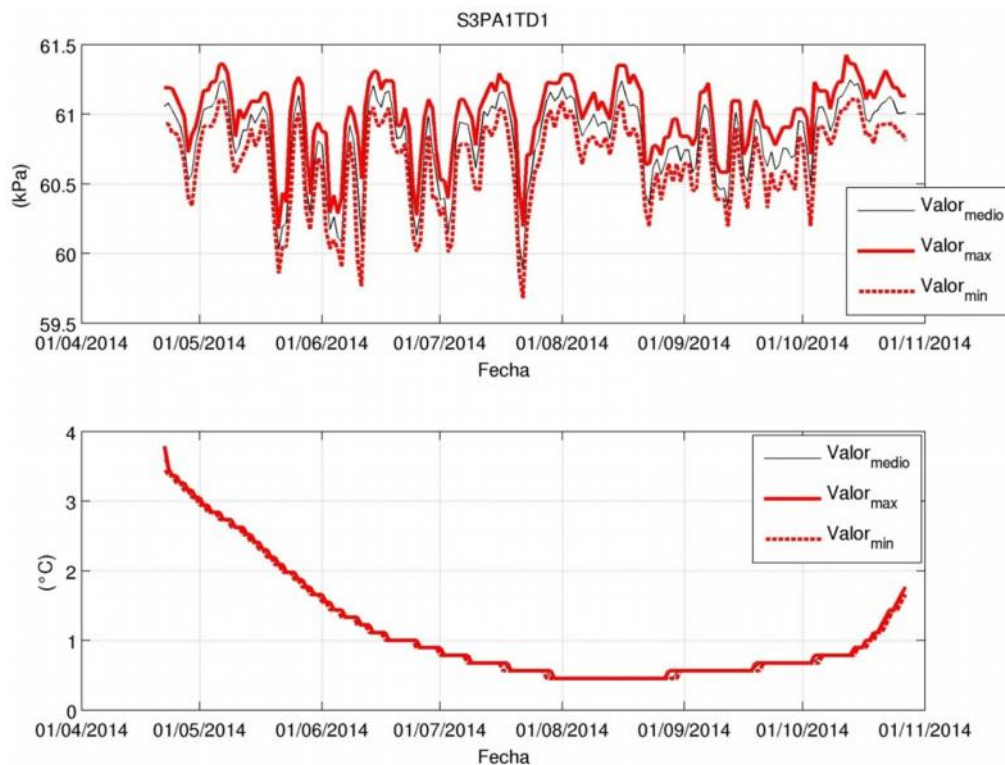


**Figura 3.42. Registro obtenidos por el sensor presión de agua HOBO, instalado en Sector 2 – Río Lamas.**





**Figura 3.43. Registro obtenidos por el sensor de presión atmosférica HOBO, instalado en Sector 3 – Vega Pantanillo y Río Astaburuaga.**



**Figura 3.44. Registro obtenidos por el sensor presión de agua HOBO, instalado en Sector 3 – Vega Pantanillo y Río Astaburuaga.**

### **3.5 Resumen de resultados del monitoreo de nivel, conductividad y temperaturas por sectores de estudio**

En esta sección se entregan figuras con la compilación de las diferentes variables medidas por sector. Con ellas es posible revisar el comportamiento conjunto de las variables en el tiempo, permitiendo identificar cambios generales en el sector de monitoreo. Además de las imágenes, previamente se entregan tablas resumen para cada sector, con los valores recopilados para las variables que correspondan y el rango de esperado para cada una de ellas. Lo anterior permite revisar el comportamiento de cada variable, para el período de registro existente. Cabe señalar que las variables presentadas en las tablas corresponden a variables de calidad de aguas, por lo que los rangos deben ser aplicados a las variables que correspondan.

A continuación, en la Tabla 3.1, Tabla 3.2 y Tabla 3.3, se entregan un resumen de la información recopilada para cada variable y el rango de valores esperado.

**Tabla 3.1. Resumen de variable relevantes del Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa. Muestran los valores recopilados y el rango esperado para cada variable.**

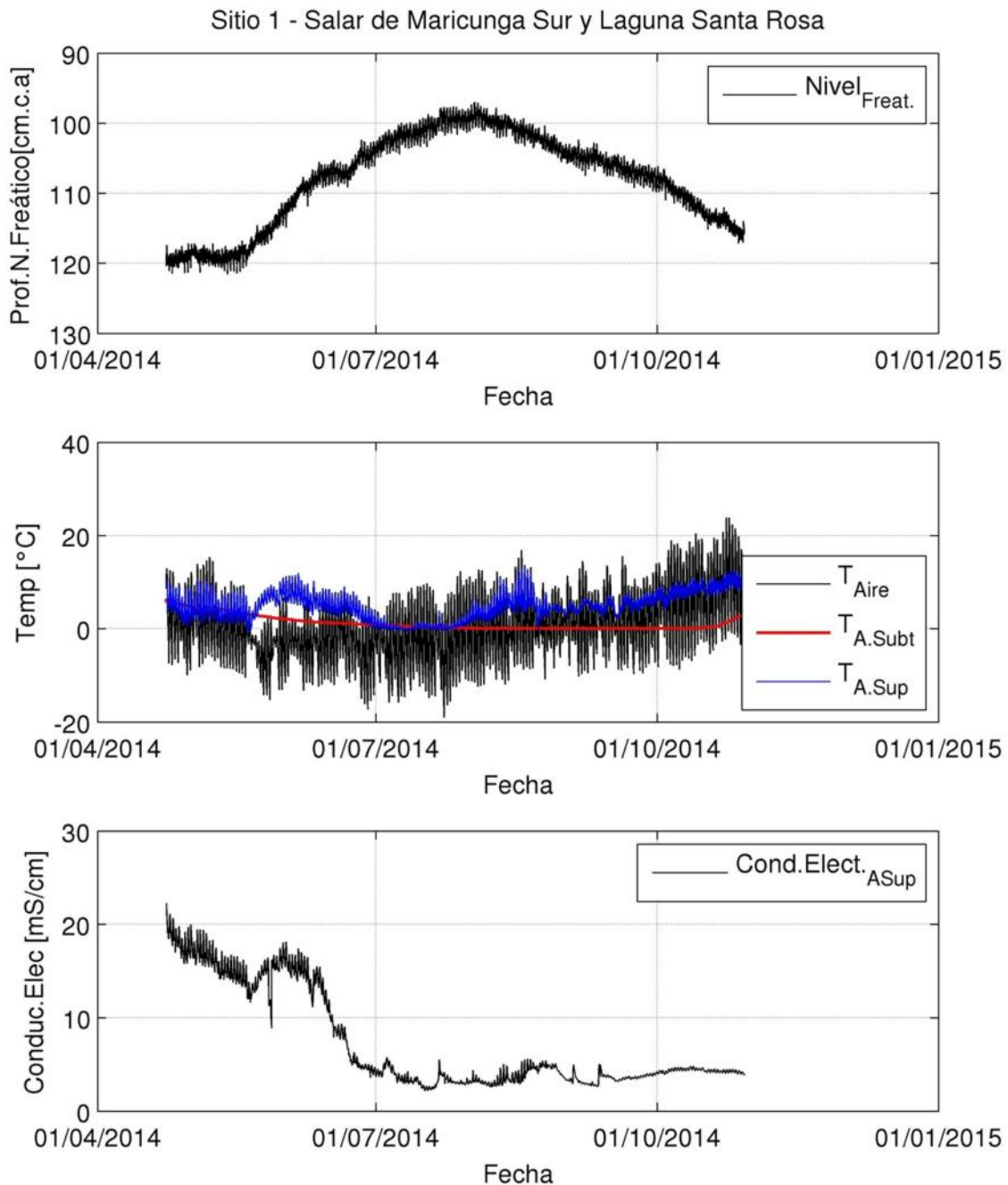
Parámetro	Unidad	Sector 1	Risacher et al., 1999				Línea Base Lobo-Marte				Rango esperado
		24-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				
		12:15	Mín.	Máx.	Promedio	DE	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	
Conductividad	mS/cm	29,7	1,49	15	8,3175	5,56	3,82	85,6	25,97	-	1,49–85,6
Oxígeno disuelto	mg/L	8,1	3,5	7,5	6,125	1,80	3,65	10,06	6,52	-	3,5–10,06
pH	-	8,8	7,48	8,62	8,1075	0,54	7,76	9,94	8,81	-	7,48–9,94
Temperatura	°C	7,6	0	10,5	5,825	4,34	0,9	25,2	12,45	-	0–25,2

**Tabla 3.2. Resumen de variable relevantes del Sector 2 – Río Lamas. Muestran los valores recopilados y el rango esperado para cada variable.**

Parámetro	Unidad	Sector 2	Risacher et al., 1999				Proyecto Lobo-Marte				Rango esperado
		23-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				
		12:15	Mín.	Máx.	Promedio	DE	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	
Conductividad	mS/cm	4	0,406	4,32	3,76	0,92	3,6	4,20	3,97	-	0,406–4,32
Oxígeno disuelto	mg/L	7,9	1,02	17,44	8,17	2,69	4,17	8,75	5,34	-	1,02–17,44
pH	-	7,1	4,83	8,25	7,32	0,67	6,82	8,27	7,39	-	4,83–8,27
Temperatura	°C	17,2	7,3	22,04	17,77	3,27	10	16,9	13,60	-	7,3–22,04

**Tabla 3.3. Resumen de variable relevantes del Sector 3 – Vega Pantanillo y río Astaburuaga. Muestran los valores recopilados y el rango esperado para cada variable.**

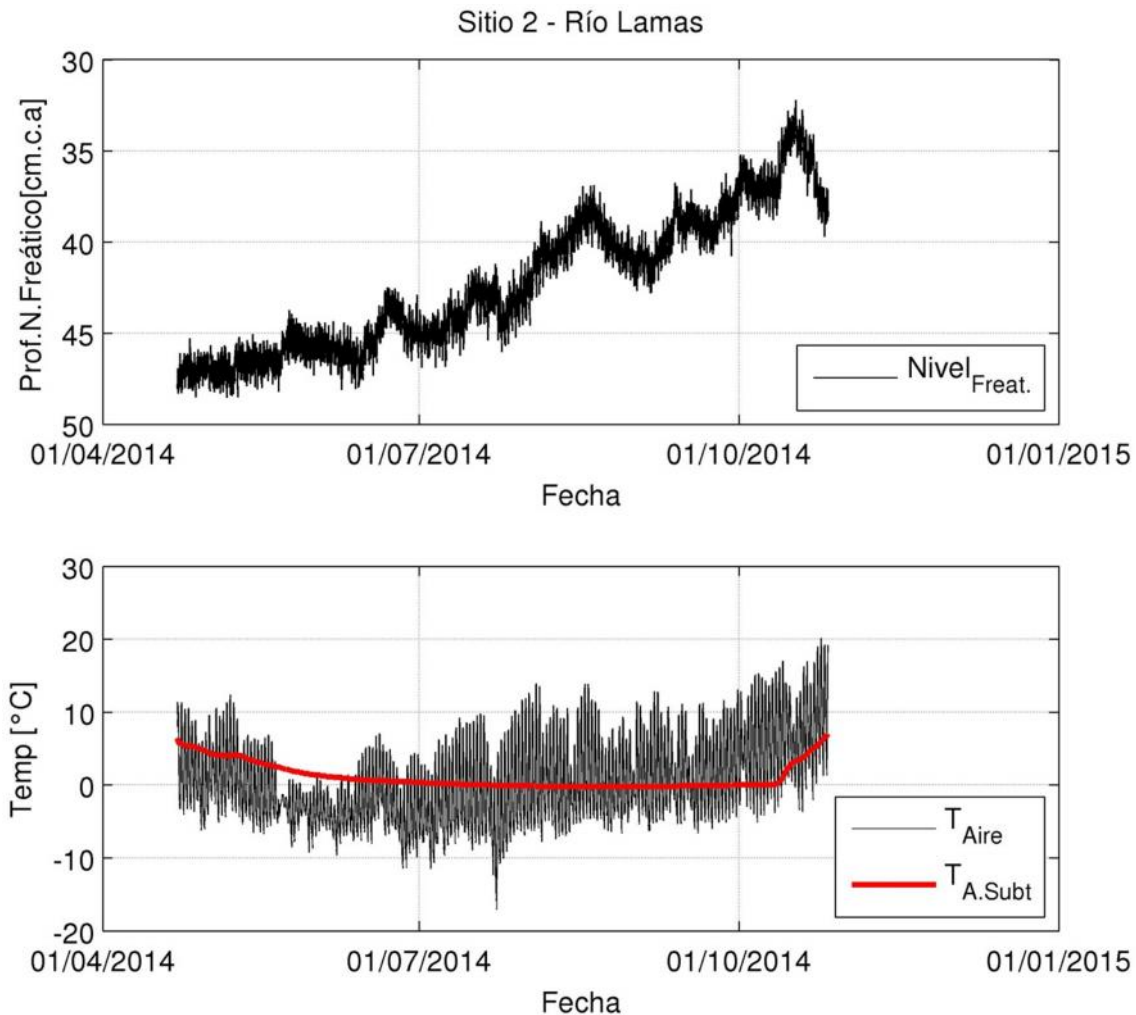
Parámetro	Unidad	Sector 3	Risacher et al., 1999				Proyecto Lobo-Marte				Proyecto El Volcán				Rango esperado
		22-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				2011 - 2012				
		14:36	Mín.	Máx.	Promedio	DE	Mín.	Máx.	Promedio	DE	Mín.	Máx	Promedio	DE	
Conductividad	mS/cm	0,8	0,337	0,819	0,578	0,34	0,68	1,06	0,85	-	0,094	2,18	0,8	1,1	<b>0,094–2,18</b>
Oxígeno disuelto	mg/L	9,5	8,7	9,2	8,95	0,35	4,66	15,89	8,26	-	-	-	-	-	<b>4,66–15,89</b>
pH	-	8,6	8,19	9,21	8,7	0,72	8,59	9,53	8,99	-	6,3	7,93	7,4	0,6	<b>6,3–9,53</b>
Temperatura	°C	4,8	0,2	1	0,6	0,57	0,2	21,8	9,04	-	-	-	-	-	<b>0,2–21,8</b>



**Figura 3.45. Resumen del monitoreo continuo en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga y Laguna Santa Rosa.**

En el Sector 1 se observa un claro ascenso del nivel freático que inicia a mediados de junio, y alcanza su máximo nivel a comienzos de agosto, para luego comenzar a descender. Este ascenso es aproximadamente de 20 cm, mostrándose una profundidad base del nivel freático de 120 cm respecto al nivel del suelo del sitio. De forma no tan clara, es posible observar un leve ascenso de la temperatura ambiente durante este mismo intervalo de tiempo. En cuanto a la conductividad, ella muestra una fuerte baja en una fecha similar al inicio del ascenso del nivel freático, lo cual hace pensar en un

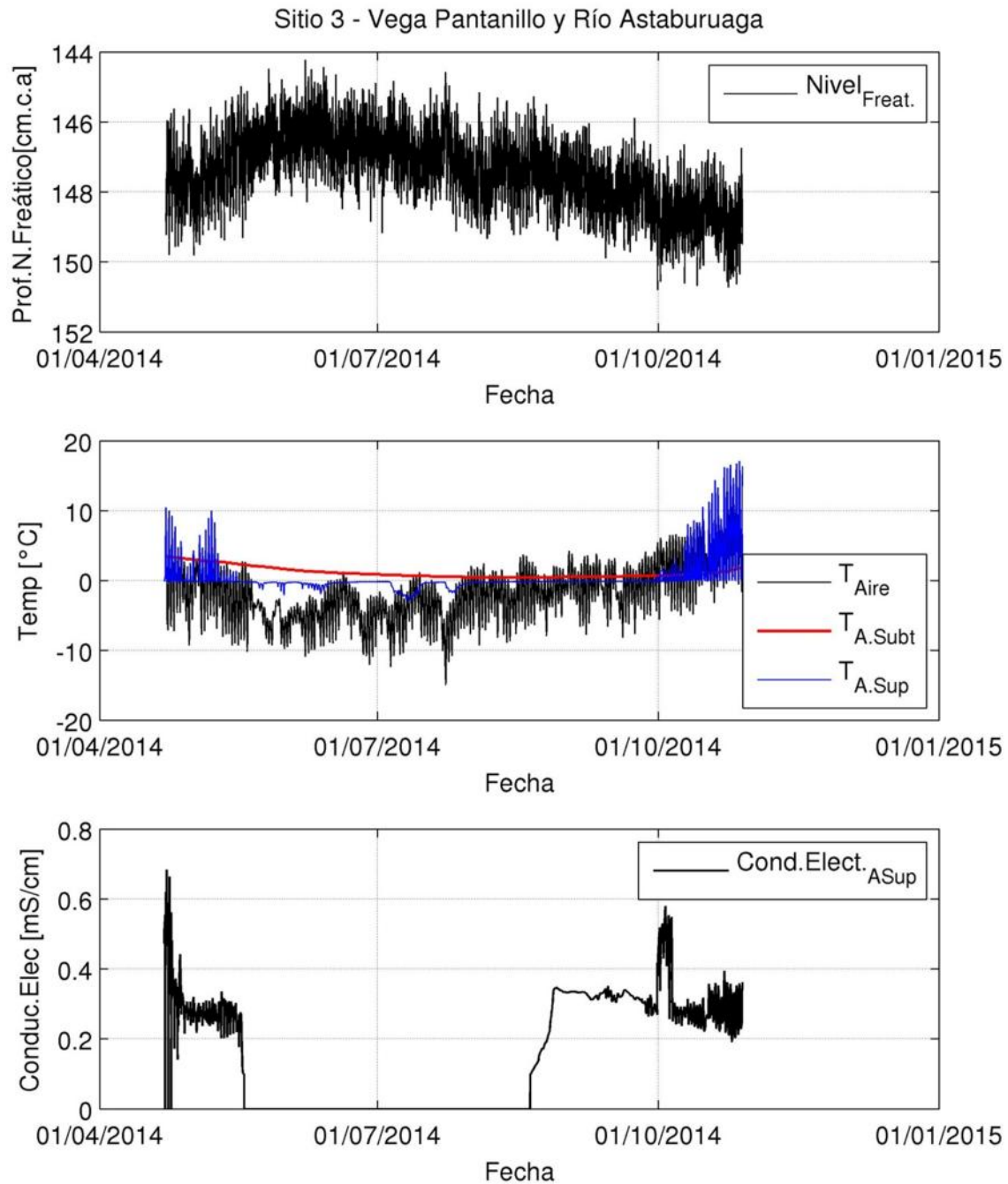
aumento del caudal pasante superficialmente conjuntamente con el ascenso de la napa. Así, la simultaneidad de ambas variaciones indican la existencia de un proceso general de recarga del sistema, pero que sin una información de caudales para el mismo período y con resolución temporal semejante, no es posible de verificar la fuente de las aguas. Finalmente, tanto la temperatura del agua superficial como la subterránea, se muestran con temperatura consideradas dentro de los rangos normales.



**Figura 3.46. Resumen del monitoreo continuo en Sector 2 – Río Lamas.**

El Sector 2 muestra un ascenso del nivel freático inferior al del Sector 1, alcanzando como máximo los 15 cm de ascenso durante el período de registro. Aun así, el este sector muestra una ascenso constante a la fecha de descarga de la información, por lo que tras una nueva captura de datos, será posible realizar una comparación de esta diferencia en la dinámica del nivel freático. En cuanto a la temperatura ambiente, ella se muestra normal y similar al Sector 1. Finalmente, la temperatura del agua subterránea pareciera ser levemente superior a la registrada en el Sector 1, lo cual puede estar dado por la menor profundidad de la napa respecto de la superficie.





**Figura 3.47. Resumen del monitoreo continuo en Sector 3 – Vega Pantanillo y Río Astaburuaga.**

El Sector 3 muestra un leve ascenso del nivel freático, y en un período anterior al registrado por los otros 2 sectores de monitoreo, lo cual no muestra una conexión entre las variaciones entre sectores. La temperatura ambiente muestra ser bastante inferior a la de los otros sectores, registrándose temperatura inferiores a los 0°C la mayoría del tiempo. Ello refuerza la hipótesis antes entregada, sobre el congelamiento de las aguas superficiales en el río Astaburuaga, dada las bajas temperaturas registradas en el agua

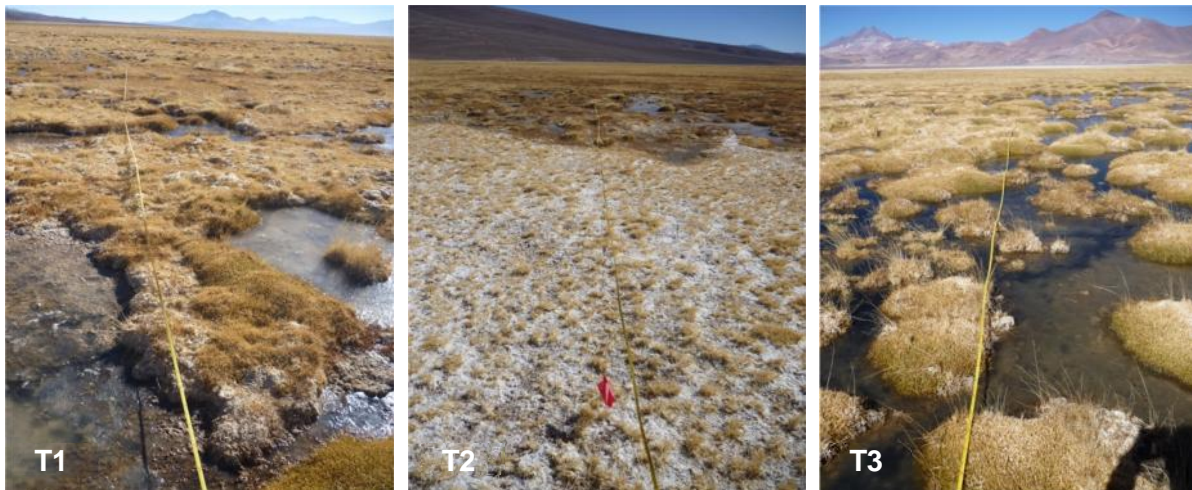
superficial y la medición de conductividades eléctrica nulas. Es por lo anterior que se considera que este sector es el que presenta las condiciones más extremas entre todos los sectores de monitoreo.

### 3.6 Resultados del monitoreo de flora y vegetación azonal

A continuación se desarrollan los análisis de la información obtenida en terreno durante el monitoreo de flora y vegetación. Las bases de datos de la información levantada en terreno se entregan en los Anexos Digitales de este informe.

#### 3.6.1 Sector 1: Salar de Maricunga

En el Salar de Maricunga se establecieron tres transectos para el monitoreo de vegetación asociada al humedal (Figura 3.48). Las coordenadas de inicio y fin de cada uno de los tres transectos están señaladas previamente en la Tabla 2.9.



**Figura 3.48: Transectos para el monitoreo de la vegetación del sector Salar de Maricunga.**

La flora identificada durante el establecimiento de los transectos de monitoreo abarcó cuatro especies, pertenecientes a tres familias botánicas. La familia más representada es Poaceae, con dos especies. Todas las especies identificadas son nativas, con forma de crecimiento de hierba perenne y ninguna ha sido clasificada en categorías de conservación oficial a nivel nacional. En el contexto regional, de acuerdo al Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama (Squeo, Arancio y Gutiérrez, 2008), todas las especies están en la categoría Fuera de Peligro (Figura 3.48).

La vegetación se caracterizó por ser del tipo pulvinada, con plantas de crecimiento compacto, semigloboso. Las especies dominantes son *Zameioscirpus atacamensis*, con porcentajes de participación sobre el 30% en los transectos 1 y 3; y *Puccinellia frigida*, con porcentajes de participación entre el 14 y el 24% (Figura 3.48). Acompañan también *Deyeuxia eminens* y *Triglochin palustris*; ésta última con una participación sobre el 14% del transecto 2 ubicado en el ecotono de transición vegetación zonal-azonal (Tabla 3.4). El porcentaje de sustrato salino estuvo entre el 11,26% en el transecto 3 y 32,45% en el transecto 2 (promedio: 23,18%), mientras que el agua cubría entre el 13,25%, en el transecto 1 y el 35,10% en el transecto 3 (promedio: 23,40%).

De acuerdo a la clasificación de Ahumada y Faúndez (2009), el sector monitoreado en el Salar de Maricunga corresponde a un “**Bofedal Salino** de *Zameioscirpus atacamensis*”.

**Tabla 3.4: Porcentaje de participación de las especies dominantes de la vegetación azonal en el sector Salar de Maricunga. Monitoreo abril de 2014.**

Especie	Familia	Origen	Forma de crecimiento	Estado de conservación	T1	T2	T3
<i>Deyeuxia eminens</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	FP*	0,66	5,30	2,65
<i>Puccinellia frigida</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	FP	15,23	23,84	14,57
<i>Triglochin palustris</i>	Juncaginaceae	Nativa	Hierba perenne	FP	7,95	14,57	5,96
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne	FP	37,09	1,99	30,46
Agua					13,25	21,85	35,10
Sal					25,83	32,45	11,26
Riqueza de especies					4	4	4
Cobertura de vegetación					60,93	45,70	53,64

\* En Squeo *et al.* 2008 como *Calamagrostis eminens* (J.Presl) Steud.

### 3.6.2 Sector 2: Río Lamas

En el sector del río Lamas se establecieron tres transectos para el monitoreo de vegetación asociada al humedal (Figura 3.49). Las coordenadas de inicio y fin de cada uno de los tres transectos están señaladas previamente en la Tabla 2.10.



**Figura 3.49: Transectos establecidos para monitoreo de vegetación del sector Río Lamas.**

La flora identificada durante el establecimiento de los transectos de monitoreo abarcó seis especies, pertenecientes a cuatro familias botánicas. La familia más representada fue Poaceae, con tres especies. Todas las especies identificadas son nativas, con forma de crecimiento de hierba perenne (incluyendo una acuática perenne) y ninguna ha sido clasificada en categorías de conservación oficial a nivel nacional. En el contexto regional, de acuerdo al Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama (Squeo, Arancio y Gutiérrez 2008), tres especies están en la categoría Fuera de Peligro, dos en la de Insuficientemente Conocida y una no fue evaluada (Tabla 3.5).

**Tabla 3.5: Porcentaje de participación de las especies dominantes de la vegetación azonal en el sector Río Lamas. Monitoreo abril de 2014.**

Especie	Familia	Origen	Forma de crecimiento	Estado de conservación	T1	T2	T3
<i>Arenaria rivularis</i>	Caryophyllaceae	Nativa	Hierba perenne	FP	1,99		
<i>Deyeuxia curvula</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	FP*	2,65		31,13
<i>Deyeuxia eminens</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	FP*	50,33	41,06	29,80
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophitum</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	IC (posible FP)		0,66	
<i>Ruppia maritima</i>	Ruppiaceae	Nativa	Hierba acuática perenne	No evaluada	4,64	2,65	0,66
<i>Triglochin striata</i>	Juncaginaceae	Nativa	Hierba perenne	IC (posible EX)	7,28		0,66
Rastrojo de <i>Deyeuxia curvula</i>							3,97
Rastrojo de <i>Deyeuxia eminens</i>					7,28	22,52	11,26
Mantillo							1,32
sal					11,92		21,19
suelo					13,91	33,11	
Riqueza de especies					5	3	4
Cobertura de vegetación					66,89	44,37	62,25

\* En Squeo et al. 2008 como *Calamagrostis curvula* (Wedd.) Pilg. y *Calamagrostis eminens* (J.Presl) Steud. / Nomenclatura: IC – Insuficientemente conocida, FP – Fuera de peligro, y EX – Extinta.

La vegetación se caracterizó por ser del tipo cespitosa, con plantas de crecimiento e forma de champas. La especie dominantes es *Deyeuxia eminens*, con porcentajes de participación entre el 29,8% y 50,33%. Se observó además un cubrimiento no menor de rastrojos de *D. eminens* (7,28 a 22,52%) y de *D. curvula* (3,97% sólo en el transecto 3), y una porción de mantillo en el transecto 3 (1,32%). El porcentaje de sustrato salino estuvo



entre el 11,92% en el transecto 1 y 21,19% en el transecto 3, mientras que el suelo desnudo cubría entre el 13,91%, en el transecto 1 y 33,11% en el transecto 2 (Tabla 3.5)

De acuerdo a la clasificación de Ahumada y Faúndez 2009, el sector monitoreado en el Río Lamas corresponde a un “**Pajonal Hídrico no salino** de *Deyeuxia eminens*”.

### 3.6.3 Sector 3: Vega Pantanillo

En el sector de la Vega Pantanillo se establecieron tres transectos para el monitoreo de vegetación asociada al humedal (Figura 3.50). Las coordenadas de inicio y fin de cada uno de los tres transectos están señaladas previamente en la Tabla 3.6.



**Figura 3.50: Transectos establecidos para monitoreo de vegetación sector vega Pantanillo.**

En este sector sólo fue posible identificar un taxa de planta viva en el extremo de la vega: *Festuca* sp. No fue posible determinarla a nivel de especie por la escasez de individuos disponibles para coleccionar y la falta de organismos reproductivos. La vegetación en general se observó muerta, en estado de rastrojos (2,65% en el transecto 1) y mantillo (29,14 – 76,16%), siendo imposible identificar las especies que alguna vez dominaron la vega. El suelo desnudo (substrato orgánico) presentó cobertura del 23,84 – 70,86% (Tabla 3.6).

**Tabla 3.6: Porcentaje de participación de las especies dominantes de la vegetación azonal en el sector Vega Pantanillo. Monitoreo abril de 2014.**

Especie	T1	T2	T3
Poaceae no identificada	0,66		
Rastrojo de Poaceae	2,65		
Mantillo	57,62	29,14	76,16
Suelo	39,07	70,86	23,84
Riqueza de especies	1,00	0,00	0,00
Cobertura de vegetación	0,66	0,00	0,00

### 3.7 Resultados del monitoreo de la componente terrestre

A continuación, se desarrollan los análisis de la información obtenida en terreno para la caracterización de los suelos. Las bases de datos de la información levantada en terreno se entregan en los Anexos Digitales de este informe.

#### 3.7.1 Caracterización de variables hídricas-salinas del suelo

El suelo de los transectos lineales de 15 m de vegetación fueron evaluados en el perfil superior (5 cm) en cuanto al contenido volumétrico de agua o humedad, temperatura y conductividad eléctrica (salinidad), utilizando un sensor portátil “GS3+ProCheck” para mediciones instantáneas de Humedad, Temperatura y Salinidad del suelo (Tabla 3.7).

**Tabla 3.7: Contenido Volumétrico del Agua, Temperatura y Conductividad Eléctrica para suelos en transectos de vegetación azonal de sectores de estudio.**

Sector	Transecto Punto (n)	Contenido Vol. H <sub>2</sub> O (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Desviación Estándar		
					C.V. H <sub>2</sub> O	T (°C)	C.E.
Vega Pantanillo	1A (7)	0,00	21,2	0,00	0,21	0,01	1,21
	1B (5)	0,00	19,1	0,00	0,19	0,00	0,19
	2A (6)	0,00	20,0	0,00	0,19	0,00	0,19
	2B (8)	0,00	20,7	0,00	0,12	0,00	0,12
	3A (5)	0,00	21,4	0,00	0,04	0,00	0,04
	3B (5)	0,00	22,8	0,00	0,18	0,00	0,18
Rio Lamas	1A (12)	0,716	13,0	3,32	0,99	0,05	0,99
	1B (12)	0,420	18,7	2,41	0,37	0,32	0,37
	1C (11)	0,557	17,9	2,94	0,25	0,25	0,25
	3A (11)	0,757	17,0	3,73	0,35	0,14	0,35
	3B (10)	0,578	19,0	2,84	1,16	0,26	1,16
	3C (11)	0,312	21,2	1,88	0,26	0,32	0,26
Salar Maricunga	1A (10)	0,392	11,7	1,07	1,19	0,18	1,19
	1C (12)	0,364	14,3	0,91	0,35	0,17	0,35
	2A (11)	0,644	12,6	2,08	0,67	0,12	0,67
	2B (10)	0,625	13,3	2,45	0,28	0,17	0,28
	2C (11)	0,567	14,0	1,55	0,33	0,05	0,33

Los resultados en Vega Pantanillo muestra un contenido de agua o humedad de cero (0). Dada la falta de humedad, la conductividad registrada por el sensor fue de 0 mS/cm. Respecto a las temperaturas, en general son varios grados superiores a los valores que se registran en los otros sectores (a pesar que fueron determinados en horarios comparables y las condiciones climáticas de todos los días son similares).

En Río Lamas se determinó la humedad de suelo más alta, especialmente en el punto A donde se encontraban las plantas al borde del curso del agua (entre 0,716 y 0,757 para los Transectos 1 y 3, respectivamente). Este último transecto (3) presenta más claro los gradientes de contenido hídrico entre los puntos A (0,757), B (0,578) y C (0,312) así como en salinidad en los puntos A (3,73), B (2,84) y C (1,88 mS/cm). Este patrón también fue

observado en el transecto 1, con la mayor y menor conductividad (salinidad) correspondiente a mayor (A con 3,323) y menor (B 2,41 mS/cm) contenidos de agua (A).

En Salar Maricunga, tanto el contenido de humedad como la salinidad presenta resultados más homogéneos entre los puntos A y B (Transecto 1) así como en A, B y C (Transecto 2) con las temperaturas del suelo en este sector más bajas entre todos los sectores (Tabla 3.7).

### 3.7.2 Caracterización de suelos

Los resultados de la caracterización de la granulometría y textura de los suelos, muestra similitudes en composición porcentual de Arena (81-92%), Arcilla (7-10%) y Limo (1-11%) en las muestras superficial (S) y profunda (F) para los tres sectores de estudio (Tabla 3.8).

Todas las muestras de Salar Maricunga, tanto superficial (S1-ST1-1S y S1-ST1-2S) como profundas (S1-ST1-1F y S1-ST1-2F) presentan textura Arenoso-Franca. Esta textura es la misma encontrada en las muestras tanto superficial como profunda de la Vega Pantanillo.

La única muestra de suelo que presentó una textura diferente (Arenoso) fue la profunda de Río Lamas, con un 92% de Arena (más alto determinado). Esto contrasta con el 81% de Arena en suelo superficial (el más bajo, similar a los encontrados en Vega Pantanillo).

Esta muestra, similar al valor determinado en la segunda muestra profunda de Maricunga, presenta contenido de Limo bajo, un 1% de la composición total de la muestra (Tabla 3.8).

**Tabla 3.8: Textura (% de Arena, Arcilla y Limo) de los suelos donde está presente la vegetación azonal de los sectores de estudio.**

Muestra de Suelo	Textura	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)
S1- Salar Maricunga- Superficie 1	Arenoso-Franca	85	10	5
S1- Salar Maricunga- Fondo 1	Arenoso-Franca	87	8	5
S1- Salar Maricunga- Superficie 2	Arenoso-Franca	87	8	5
S1- Salar Maricunga- Fondo 2	Arenoso-Franca	89	10	1
S2- Río Lamas- Superficie 1	Arenoso-Franca	81	8	11
S2- Río Lamas- Fondo 1	Arenoso	92	7	1
S3- Vega Pantanillo - Superficie 1	Arenoso-Franca	81	10	9
S3- Vega Pantanillo - Fondo 1	Arenoso-Franca	81	10	9

Concentraciones más altas de Nitrógeno, Fósforo, Zinc, Manganeso y Hierro disponibles fueron las determinadas en Vega Pantanillo, siendo unos excesivamente elevados en valores-rangos determinados en suelos de Maricunga y Lamas (Tabla 3.9). Contrasta esto que el Potasio es el único nutriente que está más concentrado en suelos de ambos sectores que en Pantanillo. Sin embargo, la mayoría de los valores determinados en estas muestras de suelos estarían por sobre o bajo el “rango medio” de otro(s) tipo(s) de suelos.



**Tabla 3.9: Concentraciones de Nitrógeno, Fósforo, Zinc, Manganeso, Hierro y Cobre disponible (mg/kg) y Potasio intercambiable (mg/kg y cmol+/kg) de los suelos.**

Muestra Suelo	Nitrógeno disponible (mg/Kg)	Fósforo disponible (mg/Kg)	Zinc disponible (mg/Kg)	Manganeso disponible (mg/Kg)	Hierro disponible (mg/Kg)	Potasio intercambiable (mg/Kg)	Potasio intercambiable (cmol+/Kg)
S1-SM-S1	12,7	2,86	0,84	0,85	1,46	603	1,54
S1-SM-F1	8,05	1,87	0,67	0,59	1,56	401	1,02
S1-SM-S2	4,27	1,94	1,07	0,79	1,84	459	1,17
S1-SM-F2	7,35	1,29	0,73	0,63	1,80	363	0,93
S2-RL- S1	7,35	8,47	1,00	9,59	14,4	422	1,08
S2-RL- F1	6,09	3,45	0,85	12,5	20,0	247	0,63
S3-VP- S1	11,6	15,9	2,23	15,9	129	151	0,39
S3-VP- F1	19,0	15,4	3,05	20,6	101	162	0,41

**S1-SM** (S. Maricunga), **S2-RL** (R. Lamas) y **S3-VP** (V. Pantanillo) son Sectores 1, 2 y 3, respectivamente. Muestras superficiales (S) y profundas (F).

Respecto a las concentraciones totales del Nitrógeno y Fósforo, así como el Hierro están más altos en ambas muestras -superficial y profunda- en vega Pantanillo. Particularmente, el Nitrógeno y el Hierro se destacan de la concentración en otro sector-perfil. En Maricunga, el Nitrógeno es más bajo, aunque Fósforo presenta concentraciones similares (Tabla 3.10).

**Tabla 3.10: Concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Zinc, Manganeso, Hierro y Cobre total (mg/kg) de los suelos.**

Muestra Suelo	Nitrógeno total (mg/Kg)	Fósforo total (mg/Kg)	Zinc total (mg/Kg)	Manganeso total (mg/Kg)	Hierro total (mg/Kg)	Potasio total (mg/Kg)	Cobre total (cmol+/Kg)
S1-SM-S1	127	461	19,7	145	2895	1366	8,50
S1-SM-F1	28,1	548	15,4	147	2399	968	6,48
S1-SM-S2	35,2	467	18,3	136	2843	1366	7,92
S1-SM-F2	77,4	504	17,4	153	3107	1366	7,35
S2-RL- S1	1357	436	11,3	394	1754	719	8,50
S2-RL- F1	281	479	10,7	382	1765	539	5,33
S3-VP- S1	1013	866	21,5	112	3244	994	5,91
S3-VP- F1	1189	806	21,7	125	5875	1260	4,47

**S1-SM** (S. Maricunga), **S2-RL** (R. Lamas) y **S3-VP** (V. Pantanillo) son Sectores 1, 2 y 3, respectivamente. Muestras superficiales (S) y profundas (F).

No se encontró un patrón de variación común en los perfiles de suelos en los diferentes parámetros analizados. Es decir, en las muestras superficiales es posible determinar concentraciones más altas (p.ej. Nitrógeno Total) que en las profundas como es el caso

de las del Salar de Maricunga, pero que contrastan total y absolutamente, en relación al mismo nutriente total, en las muestras, superficial y profunda provenientes del Río Lamas.

### 3.8 Resultados del monitoreo de variables ecofisiológicas en plantas

A continuación, se desarrollan los análisis de la información obtenida en terreno para la caracterización de variables ecofisiológicas. Las bases de datos de la información levantada en terreno se entregan en los Anexos Digitales de este informe.

#### 3.8.1 Fotosíntesis (A), Conductancia ( $g_s$ ) y Transpiración (E).

La caracterización en tres sitios A (al inicio), B (medio) y C (al final) de los transectos en los parámetros de Fotosíntesis, Conductancia y Transpiración se muestra en la Tabla 3.11.

En Río Lamas se evaluó un transecto completo de vegetación (sitio A, B y C) con *Deyeuxia eminens* y en el Salar de Maricunga con dos especies adicionales: *Zameioscirpus atacamensis* y *Puccinellia frígida*. Estas especies no estaban presentes en los tres sitios (A, B y C) de los transectos, por lo que se muestran únicamente los resultados de los sitios en los que se encontraron plantas de cada especie: S1-T1A y S1-T2C para *Z. atacamensis* y S1-T2A y S1T1C para *P. frígida*.

**Tabla 3.11: Fotosíntesis, Conductancia y Transpiración en puntos A, B y C en transectos de vegetación en los sectores de Salar Maricunga (S1) y Río Lamas (S2).**

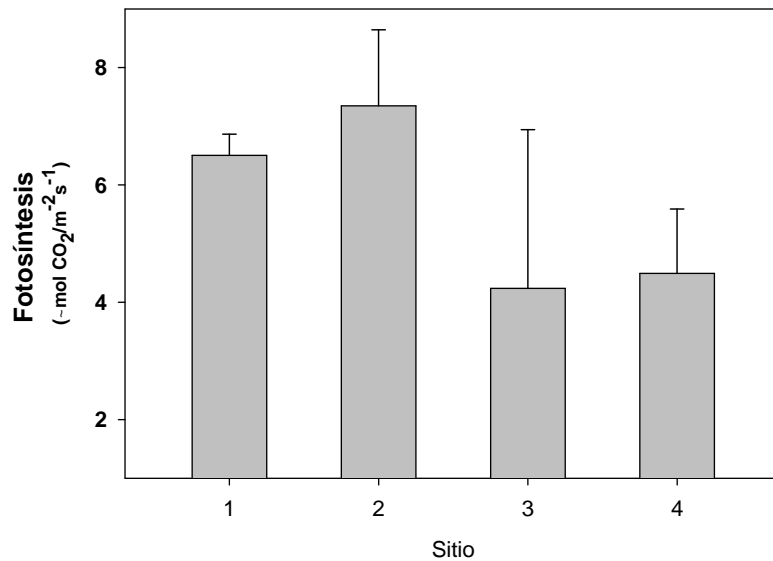
Sector-Transecto	Especie	Fotosíntesis (A)	Conductancia de Estomas ( $g_s$ )	Transpiración (E)
Punto (n)		$\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$
S2-T1 A (30)	<i>Deyeuxia</i>	6,44	80	2,10
S2-T1 B (40)	<i>Deyeuxia</i>	7,56	100	2,70
S2-T1 C (46)	<i>Deyeuxia</i>	4,24	60	1,75
S1-T1 A (38)	<i>Zameioscirpus</i>	4,45	50	0,94
S1-T1 A (36)	<i>Deyeuxia</i>	4,49	90	1,44
S1-T2 C (30)	<i>Zameioscirpus</i>	2,79	30	0,62
S1-T2 A (20)	<i>Puccinellia</i>	1,63	30	0,61
S1-T1 C (5)	<i>Puccinellia</i>	1,84	30	0,40

Promedios de (n) en paréntesis

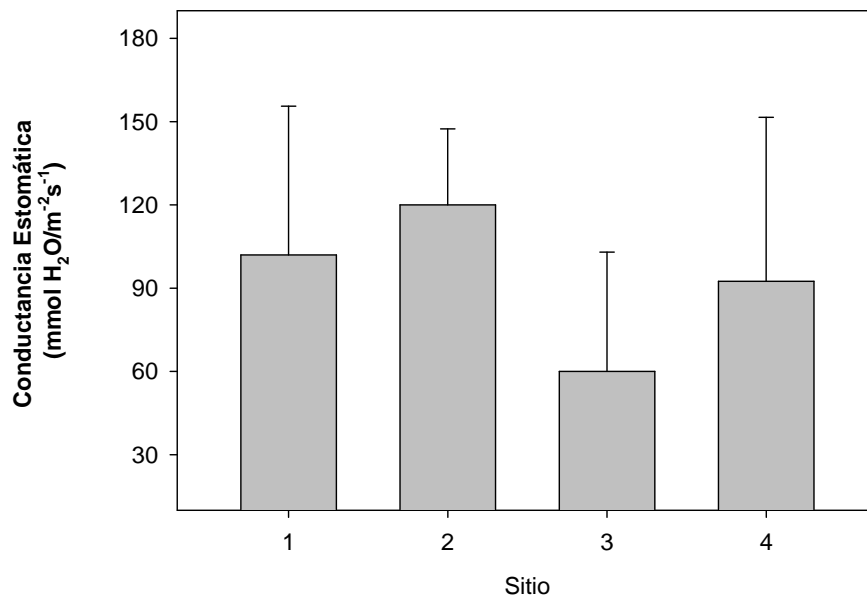
Los resultados fueron heterogéneos, pero presenta un patrón-tendencia que reflejan las condiciones particularmente más secas en los sitios B y C en el transecto 1 del Río Lamas y Salar de Maricunga (Figura 3.51).

Es decir, las tasas de fotosíntesis y conductancia son en general, más altas en los puntos A (fotosíntesis  $6.44 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}^{-1}$  y conductancia  $80 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) y B (fotosíntesis de  $7.56 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}^{-1}$  y conductancia  $100 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) en el transecto 1 caracterizado, determinado para *D. eminens* en Río Lamas.

Esto también fue encontrado en *Zameioscirpus atacamensis*, al compararse los valores de Fotosíntesis en el punto A ( $4.45 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) y C ( $2.79 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) y C comparando entre transectos 1 y 2 en Salar de Maricunga, respectivamente (Tabla 3.11).



**Figura 3.51: Fotosíntesis (A) en *D. eminens* en sitio 1 (A), 2 (B) y 3 (C) en el transecto 1 de Río Lamas y en el sitio 4 (punto A) en el transecto 1 de Salar Maricunga.**



**Figura 3.52: Conductancia (B) en *D. eminens* en sitios 1 (A), 2 (B) y 3 (C) en el transecto 1 de Río Lamas y comparación con sitio 4 (A) del transecto 1 (Salar Maricunga).**

Otro parámetro que presentó el mismo comportamiento o patrón fue la transpiración (E). A lo largo de los sitios A y B del mismo transecto (T1) y especie (*D. eminens*) en Río Lamas, los valores fueron 2,10 y 2,70 mol H<sub>2</sub>O/ m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>, respectivamente. Esto es consistente con los resultados determinados en este transecto y especie para ambos sitios en los

parámetros de fotosíntesis (A) y conductancia estomática ( $g_s$ ). Los valores más bajos de transpiración se encontraron en *Zameioscirpus* y *Puccinellia* (similar a lo encontrado en fotosíntesis y conductancias, con los más bajos determinados en ambas especies).

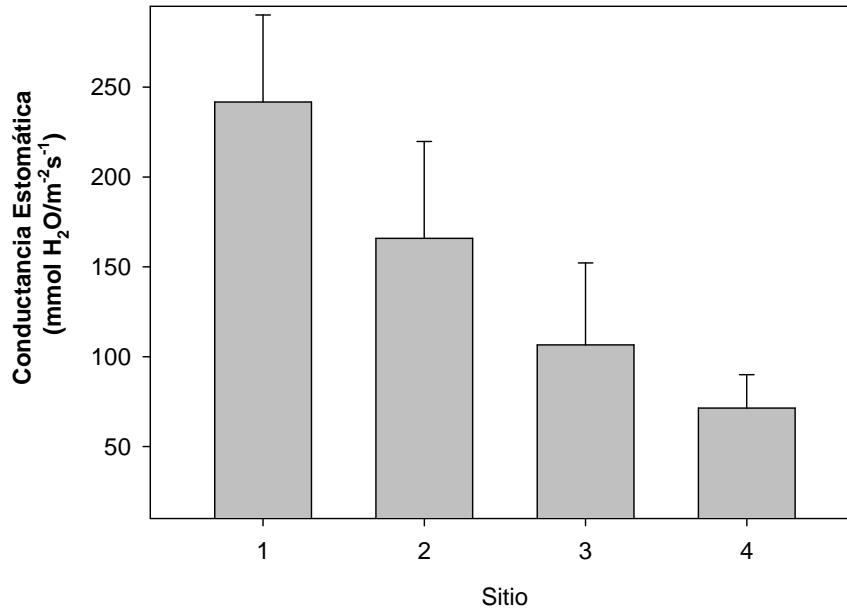
### 3.8.2 Conductancia Estomática ( $g_s$ )

Con el propósito de investigar más directa y específicamente la conductancia estomática, como indicador del comportamiento fisiológico de las plantas, así como para evaluar su implementación potencial como una variable de alerta temprana en la respuesta de la vegetación al ambiente, se realizó el muestreo con Porómetros de hoja (Tabla 3.12).

**Tabla 3.12: Conductancia estomática ( $\text{mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}^{-1}$ ) en puntos A, B y C de Transecto 1 de vegetación en Rio Lamas con *Deyeuxia eminens* y Transectos 1 (*Zameioscirpus atacamensis* y *D. eminens*) y 2 (*Z. atacamensis* y *Puccinellia frigida*) en Salar Maricunga.**

	Rio Lamas			Salar de Maricunga			
	Punto A	Punto B	Punto C	T1 <i>Z. atacamensis</i>	T1 <i>D. eminens</i>	T2 <i>Z. atacamensis</i>	T2 <i>P. frigida</i>
<b>T1</b> <i>D. eminens</i> (n=8)	282,6	136,4	113,2	72,5	105,1	107,8	156,5
	156,4	248,4	88,1	156,4	56,7	103,8	71,2
	240,2	115,3	47,6	108,9	58,1	95,2	60,9
	178,4	241,1	111,0	105,4	46,2	148,6	142,4
	287,0	114,5	186,5	102,7	87,1	151,0	122,9
	263,0	126,1	87,3	106,7	74,2	124,1	68,0
	265,4	181,4	153,6	143,5	73,5	116,3	<b>103,7</b>
	260,7	163,6	65,2	128,4	70,4	133,9	
<b>Promedio</b>	<b>241,7</b>	<b>165,9</b>	<b>106,6</b>	<b>115,6</b>	<b>71,4</b>	<b>122,6</b>	

Las conductancias determinadas a lo largo del transecto 1 en *D. eminens* en los tres puntos A ( $242 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}^{-1}$ ), B ( $166 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}^{-1}$ ) y C ( $107 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2\text{s}^{-1}$ ) son diferentes y estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Estas diferencias son importantes a lo largo de sitios que como se muestra anteriormente en las secciones anteriores de los parámetros caracterizados en los suelos, presentan diferencias tanto en el % de humedad y salinidad del suelo en el transecto de Rio Lamas, con conductancia del sitio C similar a la de sitio A de transecto 1 en S. Maricunga (Figura 3.52). En *Z. atacamensis*, al comparar los resultados en los transectos T1 y T2, las conductancias no fueron diferentes ( $p > 0,05$ ).

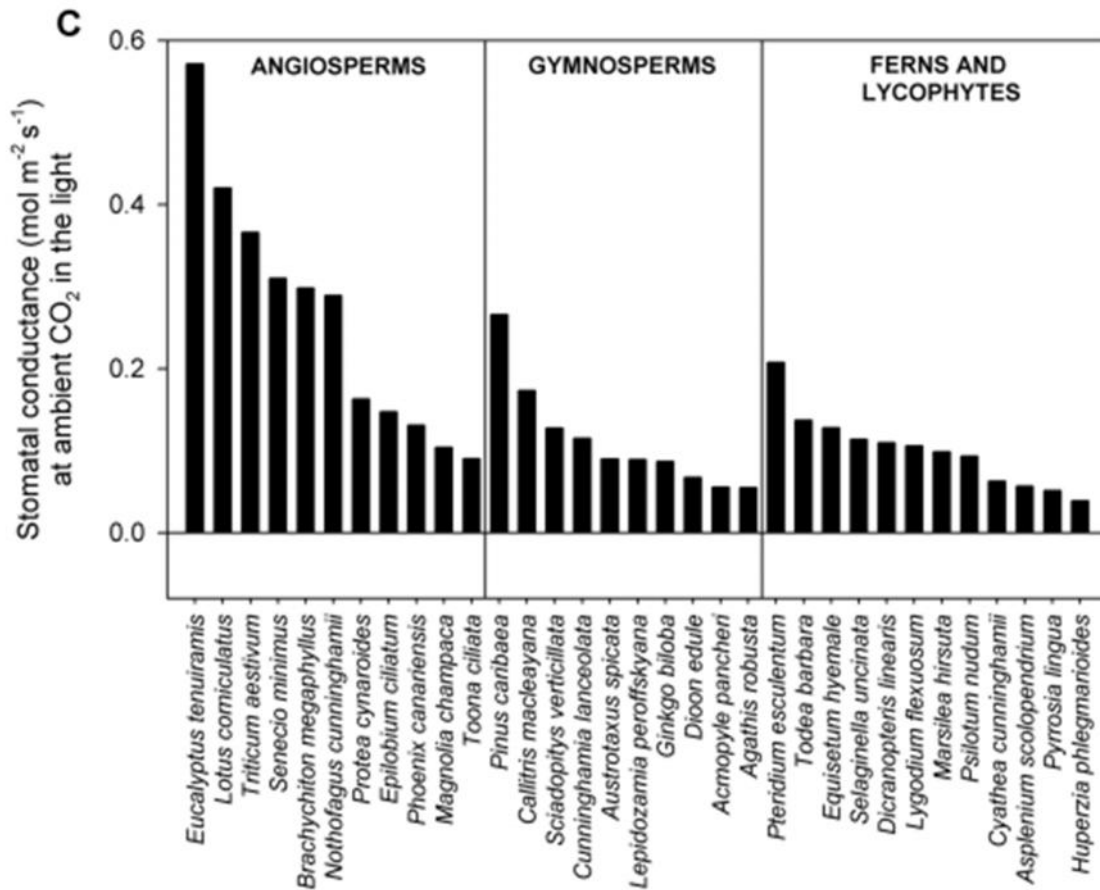


**Figura 3.9. Conductancia estomática en *D. eminens* en los sitios 1 (A), 2 (B) y 3 (C) a lo largo del transecto 1 en Río Lamas y sitio 4 (A) del transecto 1 en Salar Maricunga.**

### 3.8.3 Discusión sobre la medición de variables ecofisiológicas en plantas

Respecto de los resultados obtenidos en terreno, cabe señalar que no existen “Valores Tabulados Estándar” en la literatura para los tipos de vegetación del estudio, los que puedan orientar sobre la interpretación de los resultados obtenidos. Así, los parámetros eco-fisiológicos determinados de la Fotosíntesis (A) y Conductancias Estomáticas (gs) podrían ser utilizados como indicadores de la respuesta al ambiente en plantas.

Así, es posible revisar una comparación respecto de los rangos de valores mostrados en la Figura 3.53, en donde se evidencia que las tasas de conductancia estomáticas no son iguales entre especies de diferentes grupos, como lo son: Angiospermas, Gimnospermas (o Helechos) y Licofitas. Inclusive, dentro de cada grupo existe una importante variabilidad (rangos de valores), encontrándose diferencias mayores en las Angiospermas, con conductancias estomáticas que van desde 0,1 hasta 0,6 mol/ (m<sup>2</sup>s).



**Figura 3.53. Caracterización de la conductancia estomática de especies encontrada en la literatura.**

Por otra parte, grupos evolutivos de plantas menos modernos, como las Gimnospermas o más primitivos como los Inferiores (Helechos y Licofitos), tienen rangos de conductancias estomáticas más pequeños y variaciones menores dentro del grupo. Por lo tanto, el análisis debe ser realizado de forma comparativa, y en plantas que representen determinados grupo de especies o especies de un determinado ecosistema de estudio.

En las comparaciones de la Conductancia Estomática en plantas de los transectos, y entre las especies estudiadas en la III Región, cumplirían con estos propósitos. En donde, a pesar de diferencias evolutivas y morfológicas entre ellas, todas hacen parte de sistemas de Humedales, compartiendo condiciones climáticas y edáficas. Además, uno de los propósitos que deben considerarse en la determinación de estos parámetros, radicaría fundamentalmente en la realización de comparaciones “estacionales”, debido a las oscilaciones y/o cambios intra e interanuales del agua disponible.



## **DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN**



#### 4 DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN

En el marco del desarrollo de este estudio se realizaron actividades de capacitación, tanto del personal a cargo de la red, pertenecientes al Ministerio del Medio Ambiente de Copiapó, como al personal de otros organismos gubernamentales. Estas actividades se desarrollaron como parte de la actividad de Terreno N°2, de la cual fue entregado anteriormente, el plan de trabajo y actividades desarrolladas (Sección 2 - Tabla 2.3).

Además de las capacitaciones indicadas, se desarrolló una charla de difusión final de resultados, llevada a cabo el día 1 de Diciembre del 2014. En esta actividad se realizó la muestra y difusión de los resultados del estudio. Las presentaciones correspondientes a esta actividad son incluidas en el Anexo G – 2 Charla Difusión Final.

En la Figura 4.1 se muestran las portadas de las 3 partes de la capacitación realizada en las oficinas del Ministerio de Medio Ambiente de Copiapó, las que desarrollaron como temas centrales: “*Bases del monitoreo de variables físicas*”, “*Muestra de la red de monitoreo continuo implementadas*”, “*Metodologías ecológicas y ecofisiológicas*”, y “*Métodos de Monitoreo florístico, ambientales y ecofisiológicos*”.



Figura 4.1. Portadas de las 3 capacitaciones realizadas en la oficinas del MMA, durante el desarrollo del terreno N°2.



**Figura 4.2. Fotografías tomadas durante el desarrollo de las capacitaciones realizadas en la oficinas del MMA, durante el desarrollo del terreno N°2.**

En la Figura 4.2 se muestran fotografías tomadas durante el desarrollo de las actividades antes indicadas. Todo el material requerido para la capacitación, es incluido en el Anexo G – 1 Taller de capacitación. Cabe señalar que junto con las presentaciones, se incluye una serie de manuales y guías, las que entregan información respecto de las diferentes componentes de la estación meteorológica instalada.

Tras la realización de las capacitaciones en los diferentes temas antes indicados, se realizó en el mismo contexto, una serie de capacitaciones prácticas en terreno. Estas capacitaciones se detallan a continuación, indicándose la zona o lugar de realización.

- Capacitación en uso y funcionamiento de la estación meteorológica. Realizada en el punto de instalación de la estación meteorológica, en la zona cercana al Paso Fronterizo San Francisco (Figura 4.3 – A y B).
- Capacitación en el rescate de datos desde sensores de presión y temperatura (similares a los de conductividad) en el Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga y Laguna Santa Rosa.
- Capacitación en técnica de monitoreo de vegetación y medición de variables ecofisiológicas en el Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga y Laguna Santa Rosa.



**Figura 4.3. Fotografías tomadas tras la instalación de la estación meteorológica (C) y durante el desarrollo de las capacitaciones en terreno sobre el uso y operación de la estación meteorológica (A y B). Ambas actividades fueron desarrolladas en el terreno N°2.**



## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**



## 5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente informe corresponde al informe final del estudio titulado **“Implementación del plan de seguimiento y monitoreo ambiental de los humedales del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, sitio Ramsar, incluyendo los sitios prioritarios, como sistema de alerta temprana en un espacio natural frágil”**, encargado por el Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile al Centro de Ecología Aplicada Ltda.

El estudio implementó un sistema de monitoreo continuo de variables físicas, con las cuales poder caracterizar las forzantes ambientales de los humedales y sistemas de vegetación azonal de la zona de estudio, utilizando una alta resolución temporal y registros continua en el tiempo. Dentro de las forzantes ambientales se tendrá el conjunto de variables (o forzantes) atmosféricas, junto con otras forzantes ambientales locales, asociadas principalmente a las condiciones del suelo y las aguas que abastecen al humedal. Como parte de estas últimas se tiene a la humedad del suelo, el nivel del agua subterránea, y la temperatura y salinidad de los cuerpos de agua superficial. Así, para poder realizar una caracterización de los diferentes sectores, se realizó el levantamiento de información específica en terreno, mediante campañas de monitoreo de la calidad de aguas y monitoreos de vegetación. Esta última, con el objeto de identificar la distribución y abundancia de la vegetación y flora, junto con la obtención de algunas medidas de su comportamiento funcional.

Es importante recalcar el de hecho de que, la red de monitoreo implementada en este estudio corresponde a la primera red de monitoreo integrado de propiedad de una institución pública, con lo que se sienta un precedente sobre la factibilidad y capacidades de los organismos públicos de desarrollar y manejar sus propias redes para el monitoreo, seguimiento, investigación, estudio y fiscalización, de cualquier sistema natural de interés o con necesidad de seguimiento. Los datos y la información que esta red está levantando serán de gran importancia para utilizarlos y contrastarlos con los de los proponentes de proyectos con intervención en la misma área. De la misma forma, desde el punto de vista de la evaluación del estado de los humedales, su análisis de tendencia y el contraste con otras variables ambientales, permitirá discriminar efectos, hasta hoy, ocultos. Cabe recalcar que toda red de este tipo, es completamente escalable, permitiendo la fácil adición de nuevas componentes de monitoreo, puntos de medición, sensores, etc.

A continuación se detallan las principales conclusiones asociadas a las diferentes componentes del estudio, y que fueron desarrollados en las secciones anteriores.

### 5.1 Implementación de la red de monitoreo continuo

Uno de los principales objetivos del estudio, que fue logrado de forma correcta, corresponde a la implementación de la red de monitoreo, autónomo y continuo, de variables físicas (abióticas) en los 3 sectores de monitoreo definidos como sistemas de humedales a monitorear. Este objetivo se cumplió mediante la instalación, configuración y puesta en marcha de todos los sensores considerados como parte de la red. Esta red se encuentra completamente funcional a la fecha, y ha mostrado un buen desempeño en la obtención de los registros.

En cuanto al sistema de transmisión satelital instalado en la estación meteorológica, este ha mostrado un buen desempeño, permitiendo generar conexiones de acceso remoto al

equipo. Esto último ha sido desarrollado con fin de contar con un sistema de seguridad y respaldo remoto, para lo cual se generan ventanas de tiempo para la conexión remota a la estación. Esta técnica permite, entre otras funciones, el rescate de información no reportada por la estación, reconfiguración del Datalogger, realización de verificaciones y modificaciones periódicas del código (upgrades), entre otros. Además, los reportes generados por la estación meteorológica han mostrado un correcto funcionamiento del sistema de carga y almacenamiento de energía, reportándose el nivel máximo de carga constantemente (por sobre los 12,0 volts). Ello asegura la continuidad del monitoreo y la factibilidad de la incorporación de nuevos sensores en el futuro, además de contar con sistema no exigido que presentará un menor desgaste del sistema de carga.

En el caso de los sensores autónomos HOBO (presión y conductividad), ellos mostraron ser un excelente recurso, dada su durabilidad y resistencia a condiciones extremas. Así, los sensores fueron encontrados en perfectas condiciones y en funcionamiento, requiriéndose una rápida limpieza para su conexión al computador de descarga. Cabe señalar el extravío del sensor de conductividad del sector de Río Lamas, desconociéndose el origen de su pérdida. Es por ello que se recomienda realizar su reposición, utilizando las coordenadas originalmente definidas para él. Finalmente, se debe destacar la alta resistencia y alto estándar de los sensores utilizados, los cuales fueron sometidos a condiciones extremas, sin presentar problemas o interrumpir los registros. En el caso particular del sensor de conductividad del Sector 3 (Vega Pantanillo y Río Astaburuaga), el sensor registró de forma continua aun cuando se encontrara inmerso completamente en aguas congeladas.

## 5.2 Monitoreo de parámetros físicos atmosféricos y de aguas

Los registros realizados por la estación meteorológica muestran una buena caracterización de las condiciones de la zona, mostrando de forma clara el patrón de vientos (dirección dominante norte y una gran velocidad) y el ciclo diario, con altos valores, para la radiación solar. Dada lo reciente de la fecha de instalación, los registros disponibles son escasos como para realizar mayores análisis de los datos, pero aun así, la estación permitirá realizar el registro del período de verano 2014-2015. Esto último, permitirá realizar análisis en el futuro respecto de las condiciones más extremas (de condición seca) a la cual es sometida la vegetación de la zona.

Al analizar de forma conjunta con los datos reportados por la estación meteorológica y por los sensores HOBO (instalados en los 3 sectores), será posible realizar el seguimiento de los ciclos del agua de la zona, en términos de la determinación de las fuentes de los aportes a los escurrimientos superficiales y a la napa freática.

Por otra parte, las mediciones realizadas con los sensores autónomos HOBO en cada uno de los sitios, permitió caracterizar el funcionamiento de cada uno de ellos durante la temporada de invierno. Así, se puede observar cómo, aun cuando los sistemas se encuentran al interior de mismo parque y bajo condiciones atmosféricas medianamente similares, las aguas subterráneas y, principalmente, los escurrimientos superficiales, respondieron de forma diferente. En el caso de las aguas subterráneas se observa como los 3 sitios presentan variaciones diferentes de nivel, en términos de las fechas de inicio del ascenso y descenso, y de la altura de cambio. Esto hace pensar en la existencia de

diferencias en las fuentes de las aguas de los sistemas, y en la necesidad de elaborar planes futuros para mejorar la caracterización de la dinámica de las aguas subterráneas.

### 5.3 Calidad de Aguas

La calidad del agua de los tres sectores monitoreados, presentó diferencias. El Sector 1 de la laguna Santa Rosa en el salar de Maricunga, por una parte, presentó altos valores de las medidas de conductividad, salinidad, dureza, calcio, magnesio, potasio, sodio, fluoruro, cloruro, carbonato, boro, litio, nitrógeno orgánico total, amonio, nitrito, sólidos totales disueltos y suspendidos, y pH moderadamente alcalino; y por otra parte, registró los menores valores de alcalinidad total, bicarbonato, cadmio disuelto, mercurio, nitrato, ortofosfato, saturación de oxígeno y sulfuro.

El sector 2, del río Lamas, registró mayores valores de temperatura, alcalinidad total, saturación de oxígeno, nitrato, fósforo total y ortofosfato. En metales, el arsénico, cadmio, cobre y plomo disueltos fueron mayores que en los otros sectores.

El sector 3 de vega Pantanillo, fue el que registró los valores más bajos respecto al resto de los sectores en términos de concentración de amonio, arsénico, boro, calcio, cloruro, cobre, conductividad, dureza, fluoruro, fósforo total, hierro, litio, magnesio, mercurio, potasio, salinidad, sílice, sodio, sólidos suspendidos disueltos, sulfato, sulfuro, temperatura y zinc; el único máximo se encontró para el oxígeno disuelto.

En los tres sectores los valores de mercurio y sulfuro se encontraron bajo los límites de detección.

Respecto a la comparación de los valores de la campaña con antecedentes previos, se observó que el Sector 1 (Laguna Santa Rosa) y el sector 3, presentaron en general concentraciones dentro de los rangos esperados. Al contrario, el río Lamas (Sector 2) presentó una mayor cantidad de parámetros que se encontraron por sobre el rango esperado, específicamente la temperatura, saturación de oxígeno, nitrito, fósforo total, cobre, hierro, litio y plomo, mientras que las concentraciones de magnesio y fluoruro se encontraron bajo el mínimo esperado.

### 5.4 Flora y Vegetación

La vegetación del Salar de Maricunga, incluyendo la Laguna Santa Rosa, se ha descrito como del tipo de vegas y bofedales, dominados por cojines cespitosos de *Scirpus* sp.<sup>1</sup> y gramíneas. Esta vegetación azonal rodea las lagunas asociadas al salar. Otras especies que destacan son *Deschampsia caespitosa*, *Deyeuxia velutina* y *Triglochin palustris* (Grimberg, 2009). La línea de base del EIA del reinicio y expansión del proyecto Lobo-Marte describe a la vegetación azonal como de los tipos vega, pajonal hídrico y bofedal (AMEC 2011). La vegetación observada en terreno concuerda con la descrita en la literatura, particularmente en estudios de línea base en los sistemas del Río Lamas y el Salar de Maricunga (Casale, 2010). Finalmente, tomando como referencia el análisis de

---

<sup>1</sup> Probablemente es la especie *Zameioscirpus atacamensis* (= *Scirpus atacamensis*)



recurrencia de la cobertura vegetal durante los últimos 25 años, la tendencia ha sido a la estabilidad y/o aumentos leves de la cobertura de esta vegetación (CEA, 2013).

Para la vegetación asociada al Rio Lamas, estudios previos con transectos realizados permitieron confeccionar un listado de las especies dominantes que se encontraron durante campañas de otoño e invierno, a partir de las cuales se estimó el porcentaje de cobertura en los puntos de muestreo (Casale, 2010). En ese estudio, la riqueza presentó valores bajos debido a que la fecha en que se efectuó el monitoreo (mayo) y no permitió registrar especies que tendrían crecimiento anual. Por esta razón, la cobertura de los transectos fue uniforme, registrándose solo aquellas plantas que presentan una cubierta vegetal persistente. Este pareciera ser el caso con nuestros resultados, en que la flora y vegetación encontrada a fines de Abril en el sector de muestreo en Rio Lamas estaría asociada –preferentemente- a la disponibilidad permanente del agua en el curso del rio. Esto explicaría que, para el sector de muestreo, podamos describir el sistema como “Pajonal Hídrico” no salino de *Deyeuxia eminens* y es precisamente, una de las razones para que los transectos de la vegetación cespitosa (forma de champas) es representada preferentemente con un % de participación entre el 30 y 50% por *D. eminens*.

Finalmente, uno de los sectores que no presentaba vegetación pudo caracterizarse únicamente por algunas características del suelo. El estado actual de deterioro de la Vega Pantanillo ha sido detectado y documentado en estudios anteriores (Orellana et al 2013; MINAGRI-SAG 2013). En el pasado, ésta habría sido una vega dominada por especies de gramíneas como *Deyeuxia eminens*, *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia rigescens* y *Puccinellia orsignea*, acompañadas de *Senecio rosmarinus*, *Senecio rahmeri* y en las partes inundadas con algas y hierbas acuáticas como *Potamogeton strictus* y *Myriophyllum acuaticum* (EIA proyecto Refugio año 1991; en MINAGRI-SAG 2013).

En noviembre de 2013, esta vega presentaba sólo una ha de vegetación viva de las 12,4 ha que se describieron como densas y activas para el año 1986. Esta disminución se atribuye a la disminución de agua debido a la extracción mediante pozos del Proyecto Minero Refugio (Castro y Altamirano 2013). En un estudio recientemente de CEA Ltda. analizando imágenes satelitales con Landsat 7 RTM+ y de las variaciones de cobertura de vegetación en vegas del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, estima una disminución de más de 10 ha para esta vega entre 1985 y 2012 (MMA 2013).

## 5.5 Suelos

Los ecosistemas en regiones semiáridas y áridas se caracterizan por aportes esporádicos de lluvias e índices de alta evapotranspiración. El total de lluvias estacionales puede ser suficiente para mantener herbáceas, pero la distribución y frecuencia de periodos de escasez, tanto en la estación como entre estaciones, afectan la vegetación.

La humedad del suelo, entre otras variables (salinidad, metales, etc.) afecta el desarrollo de la flora y vegetación en ecosistemas altoandinos (Anic et al, 2010) que se encuentran en sequía, temperaturas extremas y/o una combinación de distintos factores de estrés. Debido a que características morfológicas-fisicoquímicas del suelo afectan su capacidad de retener agua, aire y nutrientes para el desarrollo y mantención de las plantas, era de interés determinar su textura y la composición de algunos micro y macronutrientes.

Particularmente, las similitudes en la textura de todos los suelos de los 3 sectores analizados (arenoso-franca) e independientemente si las muestras pertenecían al perfil superficial o profundo, sugiere que posibles diferencias edáficas entre los sectores podrían ir relacionadas a la composición salina y disponibilidad de nutrientes, más que por diferencias en sus capacidades de retención de agua en el suelo. Se desconoce el efecto de este patrón, particularmente para las especies altoandinas en la III región, porque además de la salinidad y la disponibilidad de nutrientes del suelo, otros factores abióticos (contenido de materia orgánica, radiación, viento, cobertura de nieve y estabilidad del sustrato) han sido sugeridos como factores que influyen en la distribución espacial de las especies de plantas en los ecosistemas de alta montaña (Bliss, 1985; Squeo et al, 1993; Körner, 2003).

El único perfil de suelo que se diferenció fue el profundo del Rio Lamas (Arenoso), siendo esto explicado en parte por la proximidad del sector del muestreo al curso de agua del Rio.

El efecto de esta característica, así como la influencia de las variables químicas en la distribución de plantas y vegetación se desconocen para especies de estos humedales altoandinos de la III región (Salar de Maricunga y Rio Lamas). Sin embargo, parte de esta importancia de caracterizar el suelo, no solo en la capacidad de retención-aporte de agua, podría estar reflejándose en la composición de la flora y determinación de la vegetación estudiada como Bofedal Salino (Salar Maricunga) y Pajonal Hídrico no salino (Rio Lamas).

El porcentaje de afloramiento salino que diferencia en ambos sistemas vegetacionales hídricos terrestres es el límite bajo 5% (Bofedal no salino) y sobre 5% (Bofedal salino), bajo 30% (Pajonal hídrico no salino) y sobre 30% (Pajonal hídrico salino). A futuro, se sugiere –para estudios a corto y mediano plazo- en los humedales de la III región, profundizar en estudiar la composición de sales, nutrientes y características de los suelos, para comprender mejor los patrones de distribución en las respuestas de la vegetación. A pesar de que los resultados encontrados en los suelos muestra lo heterogéneos que son en su composición en el Salar de Maricunga y Rio Lamas, es importante determinar si las propiedades químicas de estos suelos afectarían o no la distribución espacial de la flora y la vegetación en los Humedales de la III región. Esto ha sido evaluado en otros sistemas de alta montaña en Chile, particularmente en los Andes de Chile central (Anic et al 2010).

## 5.6 Eco-fisiología

Pocos estudios han caracterizado respuestas funcionales en los sistemas vegetaciones azonales hídricos terrestres (SVAHT) y en plantas de estos ecosistemas, en donde la disponibilidad de agua en el suelo podría afectar las características de su intercambio de gases (fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática), la productividad, las interacciones entre las especies y la estructura de la comunidad. Un estudio pionero en eco-fisiología en humedales altoandinos fue el de biosensores para la conservación (Contreras et al 2006), en donde se sugería una relación directa entre disponibilidad de agua y condición fisiológica e hídrica de la especie *Festuca* sp., planteando que cambios en la disponibilidad del agua podrían modificar la dinámica de poblaciones y producción global de humedales.

En ambientes, como los incluidos en este estudio, una aproximación eco-fisiológica que permita estudiar el intercambio de gases (fotosíntesis, transpiración) y la conductancia

estomática de la vegetación, permite evaluar si las respuestas de la vegetación son reguladas o moduladas por el ambiente (humedad-salinidad en suelos). Esto se desprende de las respuestas observadas en transectos con *Deyeuxia eminens* (género dominante, representativo y característico de estos sistemas altoandinos de la III Región). Otras especies también dominantes, como *Zameioscirpus atacamensis*, es una especie potencial a ser seleccionada como indicadora en el análisis de los efectos del ambiente y del suelo en las respuestas de las plantas y la vegetación.

El caracterizar las respuestas fotosintéticas (intercambio de gases en plantas) en transectos de vegetación, que se desarrollan en suelos con cambios espaciales en humedad, salinidad y composición, podría permitir una evaluación y caracterización de la respuesta de la vegetación ante las variaciones de los factores ambientales abióticos. La evaluación del intercambio de gases en los transectos de vegetación con *D. eminens* realizada en el presente estudio, sugiere que a pesar de implementar esta metodología, los patrones o respuestas encontrados en la vegetación no son simples de asociar con las variaciones en la composición y alta variabilidad en los suelos. Para esta especie por ejemplo, los resultados con el IRGA no muestran una relación lineal de disminución en fotosíntesis, respecto a contenidos de agua y salinidad (progresivamente menores) del suelo. Esto mismo fue determinado para las mediciones de conductancia estomática.

Lo anterior podría explicarse, debido a que los niveles de “estrés hídrico o salino” al que se encuentran los transectos de vegetación con *D. eminens*, no serían lo suficientemente críticos para provocar disminución de las tasas de fotosíntesis y de la conductancia estomática. Esto puede deberse en que a pesar de los cambios determinados en el contenido volumétrico de agua y en conductividad eléctrica entre los puntos A, B y C de un transecto (1), las especies muestran una adaptabilidad a condiciones de suelos con diferentes niveles de humedad y conductividad eléctrica.

Los resultados en este monitoreo para las especies vegetales encontradas en el Salar de Maricunga (sector 1) y en la zona de Rio Lamas (sector 2), mostraron que las variaciones en las mediciones realizadas para el intercambio de gases a lo largo de transectos, sugieren que existen requerimientos técnicos complejos en su implementación.

## 5.7 Síntesis y recomendaciones para trabajos futuros

La recopilación y contraste de los registros obtenidos por las diferentes partes de la red de monitoreo mostraron que las variables escogidas para el seguimiento, logran caracterizar de forma correcta las variaciones y la dinámica temporal de las variables físico-químicas forzantes de los 3 sistemas seleccionados. Ellas permiten estimar la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas para los sistemas vegetacionales, junto con la estimación de la calidad de la misma. Con ello, en el mediano plazo será posible realizar una caracterización más acabada de la respuesta de la vegetación antes cambios en las condiciones físicas del sitio, en particular, ante la disponibilidad del recurso hídrico. Además, si se consideran los futuros monitoreos de vegetación en el área de estudio, una caracterización estacional de las variables ambientales (físicas y químicas) unida a un seguimiento en la respuesta de algún parámetro biológico de los sistemas (p.ej. variables fisiológicas como la conductancia estomática), ayudaría fuertemente en comprender los efectos que pueden tener y provocar cambios en el ambiente en las plantas y en la vegetación.

Por otra parte, como fue indicado anteriormente, esta red corresponde al primer desarrollo realizado por una institución pública, por lo que es fundamental la mantención de esta iniciativa como primera aproximación al desarrollo de seguimientos y control de los sistemas naturales con una mirada pública. Así, este tipo de herramientas se convierten en pilar para la evaluación ambiental, entregando información de alta calidad, relevante y propia a la autoridad.

Es por lo anterior que este tipo de iniciativas y desarrollos deben ser protegidos, asegurando su permanencia en el tiempo. Junto con ello, debe ser instaurada una visión integradora a este tipo de innovaciones, en donde la suma de los recursos provenientes desde los diferentes servicios públicos, puedan impulsar el crecimiento y fortalecimiento de la red. Con lo anterior, será posible asegurar un desarrollo y crecimiento de la red en el tiempo, además de aumentar la capacidad y los recursos para la mantención y eventuales reparaciones de sus componentes. Con ello, será posible “asegurar” la obtención de la información (o datos), que corresponde al producto de mayor importancia a la hora de realizar estudios y/o evaluaciones del estado de un sistema de humedal.

Ante cualquier decisión de ampliación espacial de la red, la selección de los sitios es una actividad estratégica. Su selección debe estar basada en un análisis exhaustivo del eventual impacto ante eventuales cambios en el sistema, de forma tal de que sean representativos y den la señal correcta y anticipada de los cambios que se quieren detectar y prevenir.

Dada la estructura de la red implementada, y de las características de los sistemas estudiados, se reconocen como mejoras al sistema las siguientes componentes o metodologías a desarrollar:

- Realizar la implementación de un sistema de monitoreo de niveles en los cursos naturales, junto con el levantamiento de las curvas de descarga de los mismos. Esto con el fin de contar con un registro de caudales pasantes a una misma resolución que el resto de la red, permitiendo construir correlaciones directas entre las diferentes variables.
- Implementar un plan de monitoreo estacional de la vegetación, con el fin de poder establecer las dependencias de estas últimas respecto de las variaciones estacionales, e identificar la respuesta a otros cambios inducidos en el medio en que se desarrollan los sistemas vegetacionales.
- Ampliación de la red de monitoreo mediante la inclusión de nuevos puntos de control, tanto para la medición meteorológica como para las mediciones de las otras variables físicas (nivel freático, conductividad, etc.).
- Creación de instancia de cooperación entre los servicios públicos ligados a la conservación y estudio del medio ambiente, mediante la cual sea posible canalizar y unir los esfuerzos futuros en estos temas.

## 6 REFERENCIAS

AHUMADA, M. & FAÚNDEZ, L., 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p.

AHUMADA, M., AGUIRRE F., CONTRERAS, M. & FIGUEROA, A., 2011, Guía para la conservación y seguimiento ambiental de Humedales Andinos. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Unidad Gestión Ambiental, Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA).

AMEC 2011. *Capítulo 2 – Descripción Línea Base Ambiental*. Estudio de Impacto Ambiental Reinicio y Expansión Proyecto Lobo-Marte. Minera Lobo Marte S.A.

ANIC, V., HINOJOSA L.F., DÍAZ-FORESTER J., BUSTAMANTE E., FUENTE L.M., CASALE J.F., HARPE J.P., MONTENEGRO G. & R GINOCCHIO 2010. Influence of soil chemical variables and altitude on the distribution of high-alpine plants: the case of the Andes of Central Chile. *Artic, Antarctic, Alpine Research* 42 (2) 152-163

APHA. AWWA, WEF. (2005). *Standard Methods: for the examination of water and wastewater*. 21 Edition.

BELOMONTE, E., FAÚNDEZ L., FLORES, J., HOFFMANN A., MUÑOZ, M. & TEILLIER, S., 1998, «Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile», *Boletín del Museo Nacional Historia Natural* 47: 69-89.

BENOIT, I., ed., 1989. *Libro Rojo de la Flora Terrestre en Chile (Primera Parte)*. Santiago, Chile. CONAF.

BLISS, L.C. 1985. Alpine. In Billings, W.D. & Mooney, H.A. (eds.), *Physiological Ecology of North American Plant Terrestrial Communities*. New York: Chapman and Hall, 41–65.

CIREN 2013. Flora y Vegetación III Región de Atacama. Caracterización de Humedales Altoandinos para gestión sustentable de actividades productivas del sector norte del país.

COMPAÑÍA MINERA CASALE 2010 Línea base de biota acuática y calidad de agua, demanda hídrica, vegetación, modelo conceptual funcionamiento ecosistémico y valor ambiental de los sistemas del río Lama, laguna Verde y salar de Maricunga. CEA Informe Final.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), MINISTERIO DE AGRICULTURA. Unidad de Gestión de Patrimonio silvestre. 1997. PLAN DE MANEJO PARQUE NACIONAL NEVADO DE TRES CRUCES. Documento de trabajo N°255. Resolución N°147.

CONTRERAS M, CABRERA M, RIOSECO T & F NOVOA 2006. Uso de biosensores para la conservación de humedales altoandinos. Minería y Biodiversidad. Editores: Camaño A. Castilla JC y JA Simonetti. SONAMI.

GOLDER ASSOCIATES (EN SEIA - <http://seia.sea.gob.cl/archivos/Anexo-II-1.pdf>), 2011. *Línea base hidrogeológica e hidrológica Lobo Marte y Modelo Hidrogeológico Ciénega Redonda. Anexo II-1 Anexo E.*

GHD (EN SEIA - <http://seia.sea.gob.cl/Expediente=7146593>) , 2012. *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero Volcán.* Capítulo 2 Línea Base. Anexo 2.10.5. Hidroquímica.

HOUNSLOW, A. W. (1995). *Water Quality Data: analysis and interpretation.* Lewis Publishers, Boca Raton.

KÖRNER, C., 2003. *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems.* Second edition. Berlín: Springer, 344 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI), SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2013. *Análisis de la tendencia histórica de vegetación azonal hídrica sector Pantanillo y Ciénega Redonda, Altiplano Región de Atacama.* División de Protección de Recursos Naturales.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), 2012-2013. *Formulación de un plan de monitoreo y seguimiento para el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y sitio RAMSAR como mecanismo de adaptación al cambio climático, a partir de un modelo conceptual integrado para las cuencas hidrográficas del salar de Maricunga y el Negro Francisco.*

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG), DIRECCION GENERAL DE AGUAS (DGA). 2011. *Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.*

MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI), SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2010. *Guía de Evaluación Ambiental. Vegetación y Flora Silvestre.*

MEDRANO, H., BOTA, J., CIFRE, J., FLEXAS, J., RIBAS-CARBÓ, M. & J. GULIAS 2007. *Eficiencia en el uso del agua por las plantas.* Investigaciones geográficas 43: 63-84

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H., 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology.* John Wiley & Sons, NY, USA.

NICOTRA, A.B., ATKIN, O.K., BONSER, S.P., DAVIDSON, A.M., FINNEGAN, E.J., MATHESIUS, U., POOT, P., PURUGGANAN, M.D., RICHARDS, C.L., VALLADARES, F. & M VAN KLEUNEN, 2010. *Plant phenotypic plasticity in a changing climate.* Trends in Plant Science 15 (12) 684-692

ORELLANA, L., ALTAMIRANO, T., ORTIZ, G., HENRÍQUEZ, G., ESPINOZA, M. & V. POBLETE, 2013. *Condición ambiental y vulnerabilidad de humedales muestra III Región Atacama.* Caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país. Centro de Información de Recursos Naturales.

RISACHER, F.; ALONSO, H.; SALAZAR, C., 1999. *Geoquímica de aguas en cuencas cerradas I, II y III regiones-Chile.* Convenio de cooperación DGA-UCN-ORSTOM (Síntesis). 89 pp.



SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2009. Guía descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ahumada M & Faúndez L (editores). División de Recursos Naturales Renovables. 1ra. Ed. 118 p. Santiago, Chile.

SQUEO, F., VEIT, H., ARANCIO, G., GUTIERREZ, J. R., ARROYO, M. T. K., & OLIVARES, N., 1993. Spatial heterogeneity of high mountains vegetation in the Andean desert zone of Chile. *Mountain Research and Development* 13: 1–10.

SQUEO, F. A., CAVIERES, L. A., ARANCIO, G., NOVOA, J. E., MATTHEI, O., MARTICORENA, C., RODRIGUEZ, R., ARROYO, M. T. K., & MUÑOZ, M., 1998. Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71: 571–591.

SQUEO, F. A., WARNER, G. G., ARAVENA, R., & ESPINOZA, D., 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79: 245–255.

SQUEO, F.A., ARANCIO, G. & J.R. GUTIÉRREZ 2008. *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama*. Primera. La Serena. Ediciones Universidad de La Serena

ZULOAGA, F., MORRONE, O., & BELGRANO, M. eds., 2009. «Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)», *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: 1-3348.





## **ANEXOS**



**ANEXO A: Base de datos del monitoreo de vegetación (Anexo Digital)**



**ANEXO B: Base de datos de la caracterización de suelos (Anexo Digital)**



**ANEXO C: Base de datos de la medición de conductancia estomática – Porómetros  
(Anexo Digital)**



**ANEXO D: Base de datos de mediciones de sensores de conductividad HOBO  
(Anexo Digital)**



**ANEXO E: Base de datos de mediciones de sensores de presión HOBO (Anexo Digital)**





## **ANEXO F: Calidad de Aguas - Tablas de Datos**

**Tabla I: Resultados parámetros de calidad de agua, límites de detección Sector 1, Santa Rosa. Campaña Abril 2014 y comparación con antecedentes previos.**

Parámetro	Unidad	LD (S1_ST2_CA1)	S1_ST2_CA1	Risacher et al., 1999				Línea Base Lobo Marte				Rango esperado
			24-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				
			12:15	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	
Alcalinidad total	mgCaCO3/L	2,7	114	24,9	1010	302,025	472,91	11	213	73,8	-	11-1010
Amonio (N-NH4)	ug/L	10*	116	-	-	-	-	<10	840	0,31	-	<10-840
Arsénico disuelto	mg/L	0,005	0,429	0,056	0,29	0,1765	0,11	0,0329	1,44	0,42	-	0,0329-1,44
Bicarbonato	mg/L	5*	<5	14,4	608	174,175	289,42	-	-	-	-	14,4-608
Boro disuelto	mg/L	0,007	28	2,59	8,67	6,385	2,86	2,27	51,6	17,85	-	2,27-51,6
Cadmio disuelto	mg/L	0,00005	<0,00005	-	-	-	-	<0,00025	0,005	0,0012	-	<0,00025-0,005
Calcio	mg/L	0,013	1401	154	622	431,5	204,77	219	7290	2226	-	154-7290
Carbonato	mg/L	5*	69	0,12	3,6	2,43	1,61	-	-	-	-	0,12-3,6
Cloruro	mg/L	1*	9492	124	4620	2321	1838,24	630	37500	10381	-	124-37500
Cobre disuelto	mg/L	0,0002	0,004	-	-	-	-	<0,0005	0	0,0038	-	<0,0005-(*)
Conductividad	mS/cm	-	29,7	1,49	15	8,3175	5,56	3,82	85,6	25,97	-	1,49-85,6
Dureza	mg/L	-	5659	-	-	-	-	1000	26327,9	6527,3	-	1000-26327,9
Fluoruro	mg/L	0,1*	1,325	-	-	-	-	<0,02	0,16	<0,02	-	<0,02-0,16
Fósforo total	ug/L	3	242	-	-	-	-	<200	<200	<200	-	<200-<200
Hierro disuelto	mg/L	0,0001	0,0388	-	-	-	-	<0,03	0,075	<0,03	-	<0,03-0,075
Litio disuelto	mg/L	0,004	51,6	1,16	11,9	7,55	4,56	2,54	82,5	24,7	-	1,16-82,5
Magnesio	mg/L	0,004	525	30,9	250	144,225	91,34	47,7	2070	635	-	30,9-2070
Mercurio disuelto	mg/L	0,0005	< 0,0005	-	-	-	-	<0,00005	0,00151	0,000118	-	<0,00005-0,00151
Nitrato (N-NO3)	ug/L	46	921	118	13500	7107	6500,98	<5	2800	400	-	118-13500
Nitrito (N-NO2)	ug/L	0,2	15,2	-	-	-	-	<1	80	8,2	-	<1-80
Nitrógeno orgánico total	ug/L	10*	6425	-	-	-	-	<500	8000	1950	-	<500-8000
Ortofósforo (P-PO4)	ug/L	10*	32	-	-	-	-	10	140	50	-	10-140
Oxígeno disuelto	mg/L	-	8,1	3,5	7,5	6,125	1,80	3,65	10,06	6,52	-	3,5-10,06

Parámetro	Unidad	LD (S1_ST2_CA1)	S1_ST2_CA1	Risacher et al., 1999				Línea Base Lobo Marte				Rango esperado
			24-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				
			12:15	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	
pH	-	-	8,8	7,48	8,62	8,1075	0,54	7,76	9,94	8,81	-	7,48-9,94
Plomo disuelto	mg/L	0,0004	<0,0004	-	-	-	-	<0,00025	0,025	0,0032	-	<0,00025-0,025
Potasio	mg/L	0,093	251	14,4	312	116,3	133,08	18,4	553	185,1	-	14,4-553
Salinidad	g/L	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saturación de oxígeno	%	-	108	-	-	-	-	50,4	160	99	-	50,4-160
Sílice	mg/L	0,006	19,6	10,2	23,1	17,125	6,18	15,1	44,3	24,38	-	10,2-44,3
Sodio	mg/L	0,04	3985	141	2200	1175,25	842,03	358	12600	3794	-	141-12600
Sólidos totales disueltos	mg/L	1	18942	1168	9032	5303	3264,08	4164	41302	15520	-	1168-41302
Sólidos totales suspendidos	mg/L	0,1	74,3	-	-	-	-	11	1008	202,82	-	11-1008
Sulfato	mg/L	5*	2560	410	1780	864,25	619,57	532	3770	1860,8	-	410-3770
Sulfuro	mg/L	0,02	<0,02	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01-<0,01
Temperatura	°C	-	7,6	0	10,5	5,825	4,34	0,9	25,2	12,45	-	0-25,2
Zinc disuelto	mg/L	0,0001	0,021	-	-	-	-	<0,005	0,050	0,021	-	<0,005-0,05

(-) No informa

(\*) Dato invalidado porque el valor no puede ser menor al límite de detección

**Tabla II: Resultados parámetros de calidad de agua, límites de detección Sector 2, Río Lamas. Campaña Abril 2014 y comparación con antecedentes previos.**

Parámetro	Unidad	LD (S2_RL_CA1)	S2_RL1_CA1	Risacher et al., 1999				Proyecto Lobo-Marte				Rango esperado
			23-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				
			12:15	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	
Alcalinidad total	mgCaCO3/L	2,7	331	-	-	-	-	201	340	294,0	-	201-340
Amonio (N-NH4)	ug/L	10*	33	-	-	-	-	<10	60	20	-	<10-60
Arsénico disuelto	mg/L	0,005	1,55	-	-	-	-	1,39	1,65	1,51	-	1,39-1,65
Bicarbonato	mg/L	5*	403	92,1	479,6	315,17	123,73	-	-	-	-	92,1-479,6
Boro disuelto	mg/L	0,007	11,8	-	-	-	-	10,2	12,1	10,83	-	10,2-12,1
Cadmio disuelto	mg/L	0,001	0,001	-	-	-	-	0,00041	0,0010	0,0005	-	0,00041-0,001
Calcio	mg/L	0,013	178	130,419	230,557	187,37	29,70	176	219	187,75	-	130,419-230,557
Carbonato	mg/L	5*	<5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloruro	mg/L	1*	1006	1,012	1298,96	984,88	273,06	956	1080	1025	-	1,012-1298,96
Cobre disuelto	mg/L	0,003	0,007	-	-	-	-	<0,0005	0,0005	0,0018	-	<0,0005-0,0005
Conductividad	mS/cm	-	4	0,406	4,32	3,76	0,92	3,6	4,20	3,97	-	0,406-4,32
Dureza	mg/L	-	491,8	-	-	-	-	461,3	507,8	486,4	-	461,3-507,8
Fluoruro	mg/L	0,1*	0,2	-	-	-	-	0,4	0,64	0,53	-	0,4-0,64
Fósforo total	ug/L	3	728	-	-	-	-	<200	400	300	-	<200-400
Hierro disuelto	mg/L	0,002	0,05	-	-	-	-	<0,03	<0,03	<0,03	-	<0,03-<0,03
Litio disuelto	mg/L	0,004	8,03	-	-	-	-	4,01	5,18	4,41	-	4,01-5,18
Magnesio	mg/L	0,004	11,6	16,175	23,14	18,84	2,20	16,1	19,7	17,1	-	16,1-23,14
Mercurio disuelto	mg/L	0,0005	< 0,0005	-	-	-	-	<0,00005	<0,00005	<0,00005	-	<0,00005-<0,00005
Nitrato (N-NO3)	ug/L	46	1108	264	2051	884,57	309,07	600	950	740	-	264-2051
Nitrito (N-NO2)	ug/L	0,2	1,5	-	-	-	-	<1	<1	<1	-	<1-<1
Nitrógeno orgánico total	ug/L	10*	183	-	-	-	-	<500	1185	530	-	<500-1185
Ortofosfato (P-PO4)	ug/L	10*	728	153	872	628,10	187,57	<10	400	270	-	<10-872

Parámetro	Unidad	LD (S2_RL_CA1)	S2_RL1_CA1	Risacher et al., 1999				Proyecto Lobo-Marte				Rango esperado
			23-04-2014	1995				NOV 2009- OCT 2010				
			12:15	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	Mínimo	Máximo	Promedio	DE	
Oxígeno disuelto	mg/L	-	7,9	1,02	17,44	8,17	2,69	4,17	8,75	5,34	-	1,02-17,44
pH	-	-	7,1	4,83	8,25	7,32	0,67	6,82	8,27	7,39	-	4,83-8,27
Plomo disuelto	mg/L	0,008	0,027	-	-	-	-	<0,00025	0,0015	0,0004	-	<0,00025-0,00151
Potasio	mg/L	0,093	77,9	68,418	76,1	71,60	3,17	56,1	72,4	61,53	-	56,1-76,1
Salinidad	g/L	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saturación de oxígeno	%	-	140	100,7	100,7	100,7	-	71,3	101,2	85,2	-	71,3-101,2
Sílice	mg/L	0,006	44,3	-	-	-	-	43,1	52,7	46,03	-	43,1-52,7
Sodio	mg/L	0,04	523,3	542,856	695,592	632,74	52,74	450	548	493,25	-	450-695,592
Sólidos totales disueltos	mg/L	1	2236	-	-	-	-	2324	2388	2351	-	2324-2388
Sólidos totales suspendidos	mg/L	0,1	6,3	-	-	-	-	<10	22	<10	-	<10-22
Sulfato	mg/L	5*	118	46,227	395	131,69	51,39	111	206	128	-	46,227-395
Sulfuro	mg/L	0,02	<0,02	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01-<0,01
Temperatura	°C	-	17,2	7,3	22,04	17,77	3,27	10	16,9	13,60	-	7,3-22,04
Zinc disuelto	mg/L	0,002	0,018	-	-	-	-	<0,005	0,0179	0,011	-	<0,005-0,0179

(-) No informa

(\*) Dato invalidado porque el valor no puede ser menor al límite de detección

**Tabla III: Resultados parámetros de calidad de agua, límites de detección Sector 3, Vega Pantanillo. Campaña Abril 2014 y comparación con antecedentes previos.**

Parámetro	Unidad	LD S3_PA1_CA1	S3_PA1_CA1 22-04-2014	Risacher et al., 1999				Proyecto Lobo-Marte				Proyecto El Volcán				Rango esperado
				1995				NOV 2009- OCT 2010				2011 - 2012				
				14:36	Min.	Máx.	Promedio	DE	Min.	Máx.	Promedio	DE	Min.	Máx.	Promedio	
Alcalinidad total	mgCaCO3/L	2,7	127	163	175	169	8,49	37	166	120,6	-	17	126	57,2	47,5	17-175
Amonio (N-NH4)	ug/L	10*	30	-	-	-	-	<10	210	30	-	-	-	-	-	<10-210
Arsénico disuelto	mg/L	0,005	0,38	0,28	0,65	0,465	0,26	0,278	0,761	0,45	-	-	-	-	-	0,278-0,761
Bicarbonato	mg/L	5*	139	85,4	104	94,7	13,15	-	-	-	-	-	-	-	-	85,4-104
Boro disuelto	mg/L	0,007	2,5	0,796	2,13	1,463	0,94	2,01	4,4	2,8	-	-	-	-	-	0,796-4,4
Cadmio disuelto	mg/L	0,001	<0,001	-	-	-	-	<0,00025	<0,00025	<0,00025	-	-	-	-	-	<0,00025-<0,00025
Calcio	mg/L	0,013	36	18,4	55,3	36,85	26,09	28,6	56	40,58	-	6,1	160	56,6	72,7	6,1-160
Carbonato	mg/L	5*	7,3	0,96	5,46	3,21	3,18	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96-5,46
Cloruro	mg/L	1*	95	11,4	108	59,7	68,31	73,2	146	106	-	3,4	464,9	154,9	230,6	3,4-464,9
Cobre disuelto	mg/L	0,003	<0,003	-	-	-	-	<0,0005	0,0000	0,0005	-	-	-	-	-	<0,0005-(* )
Conductividad	mS/cm	-	0,8	0,337	0,819	0,578	0,34	0,68	1,06	0,85	-	0,094	2,18	0,8	1,1	0,094-2,18
Dureza	mg/L	-	118,6	-	-	-	-	93,3	194,7	133,4	-	-	-	-	-	93,3-194,7
Fluoruro	mg/L	0,1*	<0,1	-	-	-	-	0,2	0,4	0,30	-	-	-	-	-	0,2-0,4
Fósforo total	ug/L	3	212	-	-	-	-	<200	400	<200	-	-	-	-	-	<200-400
Hierro disuelto	mg/L	0,002	0,03	-	-	-	-	<0,03	0,043	<0,03	-	-	-	-	-	<0,03-0,043
Litio disuelto	mg/L	0,004	0,43	0,117	0,325	0,221	0,15	0,28	0,577	0,37	-	-	-	-	-	0,117-0,577
Magnesio	mg/L	0,004	7,2	6,46	9,84	8,15	2,39	7,63	13,1	10,2	-	0,66	17	6,1	8,0	0,66-17,1
Mercurio disuelto	mg/L	0,0005	< 0,0005	-	-	-	-	<0,00005	<0,00005	<0,00005	-	-	-	-	-	<0,00005-<0,00005
Nitrato (N-NO3)	ug/L	46	1020	942	4100	2521	2233,04	14,0	1280	430	-	<10	1150	531,7	454,2	14-4100
Nitrito (N-NO2)	ug/L	0,2	3,4	-	-	-	-	<1	40,00	2,9000	-	<10	10	10,0	0,0	<1-40



Parámetro	Unidad	LD S3_PA1_CA1	S3_PA1_CA1 22-04-2014	Risacher et al., 1999				Proyecto Lobo-Marte				Proyecto El Volcán				Rango esperado
				1995				NOV 2009- OCT 2010				2011 - 2012				
				14:36	Min.	Máx.	Promedio	DE	Min.	Máx.	Promedio	DE	Min.	Máx.	Promedio	
Nitrógeno orgánico total	ug/L	10*	226	-	-	-	-	<500	2170	620	-	-	-	-	-	<500-2170
Ortofosfato (P-PO4)	ug/L	10*	180	-	-	-	-	10	120	60	-	-	-	-	-	10-120
Oxígeno disuelto	mg/L	-	9,5	8,7	9,2	8,95	0,35	4,66	15,89	8,26	-	-	-	-	-	4,66-15,89
pH	-	-	8,6	8,19	9,21	8,7	0,72	8,59	9,53	8,99	-	6,3	7,93	7,4	0,6	6,3-9,53
Plomo disuelto	mg/L	0,008	<0,008	-	-	-	-	<0,00025	0,00097	<0,00025	-	-	-	-	-	<0,00025-0,00097
Potasio	mg/L	0,093	6,1	3,32	6,76	5,04	2,43	5,1	7,7	6,45	-	<2	15,1	6,5	6,4	3,32-15,1
Salinidad	g/L	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saturación de oxígeno	%	-	126	-	-	-	-	68,8	146,6	101,0	-	-	-	-	-	68,8-146,6
Sílice	mg/L	0,006	13,6	7,64	12	9,82	3,08	12,4	27,9	15,73	-	18,3	24,1	20,0	2,1	7,64-27,9
Sodio	mg/L	0,04	82,7	40,3	89,2	64,75	34,58	84,9	165	110,1	-	9,7	261	91,9	121,6	9,7-261
Sólidos totales disueltos	mg/L	1	508	260,8	535,5	398,15	194,24	422,0	618	524	-	55	1777	602,5	806,2	55-1777
Sólidos totales suspendidos	mg/L	0,1	16	-	-	-	-	<10	61	25,52	-	<3	14	6,2	5,0	<10-61
Sulfato	mg/L	5*	130	64,3	126	95,15	43,63	87,4	178	125	-	<10	242	91,2	104,4	64,3-242
Sulfuro	mg/L	0,02	<0,02	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	-	-	<0,01-<0,01
Temperatura	°C	-	4,8	0,2	1	0,6	0,57	0,2	21,8	9,04	-	-	-	-	-	0,2-21,8
Zinc disuelto	mg/L	0,002	0,004	-	-	-	-	<0,005	0,030	0,010	-	-	-	-	-	<0,005-0,03

(-) No informa

(\*) Dato invalidado porque el valor no puede ser menor al límite de detección