

Santiago, 07 de septiembre de 2020

**Sr. Rubén Verdugo Castillo**  
**Superintendente del Medio Ambiente**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**Presente**

**Ref.:** "ENTREGA INFORMACION MEDIDA PROVISIONAL LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA". Resolución Exenta N° 1319 de fecha 03 de agosto de 2020, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

De nuestra consideración,

Por medio de la presente Laguna Negro Francisco SpA, en adelante LNF, remite a usted antecedentes requeridos mediante Resolución Exenta N° 1319 de fecha 03 de agosto de 2020 (RES.EX. 1319), asociados al Proyecto "Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco" (Proyecto), donde se resuelve ordenar al Titular medidas provisionales en carácter pre-procedimentales, las letras a) y b) del artículo 48 de la LOSMA, la presentación de un Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Crucestodo, cuya presentación y tramitación administrativa será ante Conaf.

En este sentido, se adjunta lo solicitado por la autoridad en **Anexo A: Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Cruces.**

Sin Perjuicio de lo anterior y en relación a los antecedentes presentados en la RES.EX 1319, a continuación se indican algunas aclaraciones por parte del Titular:

Que la ubicación de los puntos de sondajes ejecutados (2) si bien no corresponde a los puntos señalados dentro de la resolución exente 85/2018 y luego al documento presentado como extensión de plazo que da respuesta Res Ex. N° 79, de fecha 14 de octubre 2019, de la SMA, fueron realizados dentro del área de proyecto presentado en la carta de pertinencia de ingreso del Proyecto aprobada por la Res. Ex. 85/2018.

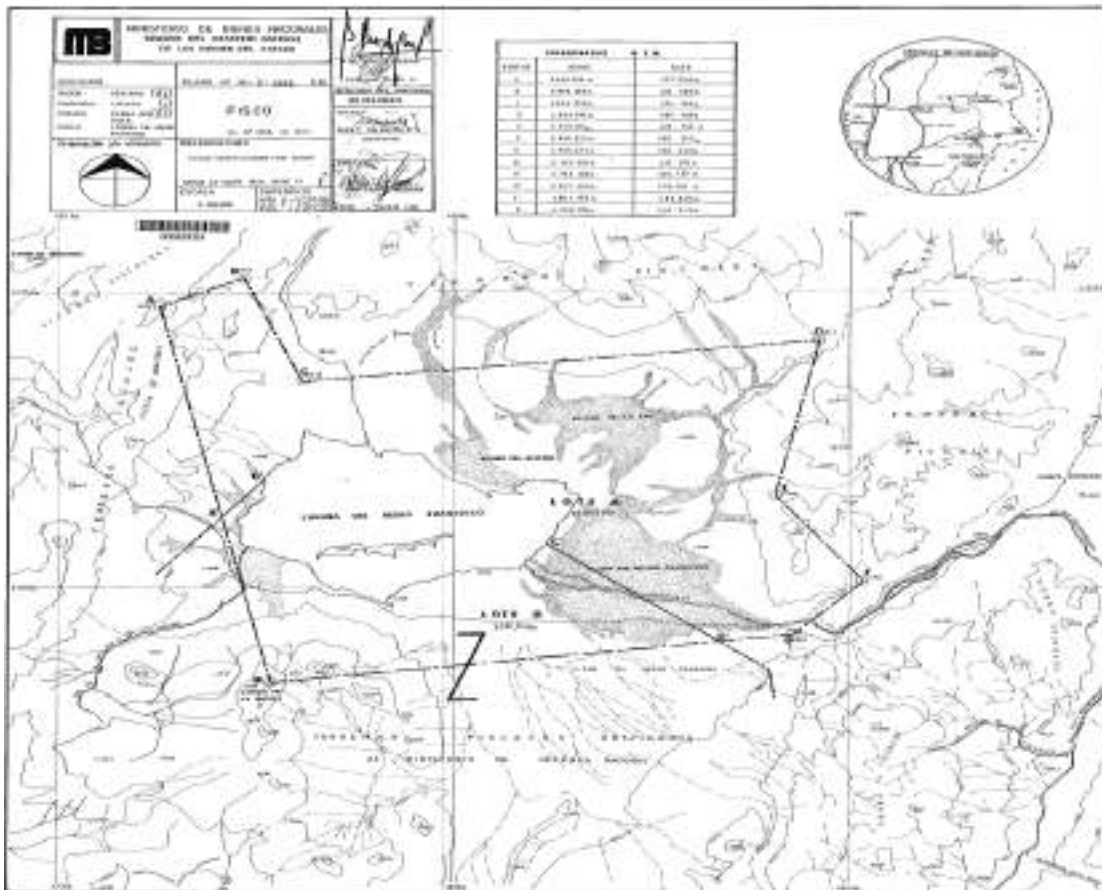
Que el área del Proyecto se emplaza dentro de las concesiones de exploración minera del Titular, ubicado en el Lote B de 3.332 hás, el cual se ubica al sur del sector Laguna del Negro Francisco del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, destinado al Ministerio de Defensa Nacional -Subsecretaría de Guerra de acuerdo al Decreto N° 947 del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado con fecha 8 de Noviembre de 1994 que crea Parque Nacional Nevado de Tres Cruces" en la III Región de Atacama y lo declara lugar de interés científico para fines que señala.

En este contexto y a modo explicativo el Parque Nacional "Nevado de Tres Cruces", situado en la Zona Cordillerana, que comprende los lugares denominados "Laguna Santa Rosa - Salar de Maricunga" y "Laguna del Negro Francisco", de las Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, III Región de Atacama; inscrito a nombre del Fisco, en mayor cabida, a fs. 527 vta. N° 500 en el Registro de Propiedad de 1964 del Conservador de Bienes Raíces de Copiapó; individualizado en los Planos N° III-2-3361 C.R. y III-2-3362

C.R. como polígonos "C-D-E-F-G-H-I-J-K-A-B-C" y "A-B-C-D-E-F-G-D'-C'-B'-A'-A", que encierra el Lote signado "A"; respectivamente, con una superficie total de 59.081,87 Hás. (cincuenta y nueve mil ochenta y una hectáreas ochenta y siete áreas) y cuyos deslindes particulares son:

- Sector "Laguna Santa Rosa" - Polígono: "C-D-E-F-G-H-I-J-K-A-B-C". Plano N° III-2-3361 C.R – Superficie: 46.944,37 Hás.
- Sector "Laguna del Negro Francisco" - **Lote "A"**. Polígono: "A-B-C-D-E-F-G-D'-C'-B'-A'-A" Plano III-2-3362 C.R. – Superficie: 12.137,5 Hás. (Ver Figura 1).

**Figura 1: Localización Parque Nacional Nevado de Tres Cruces Decreto N° 974, Plano III-2-3362 C.R.**



Como se observa en la Figura 1 y de acuerdo a lo establecido en el Decreto 947, los deslindes correspondientes al Parque Nacional, correspondería al área del Lote A cuyos deslindes son:

Norte : Terrenos fiscales, separado por línea quebrada imaginaria que une los vértices "A-B-C-D" ; desde el vértice "A", situado en el cerro de cota 4.675 m.s.n.m., sigue al vértice `B", ubicado en el cerro de cota 4.372 m.s.n.m., continúa al vértice "C", situado en el seno de cota 4.226 m.s.n.m., y de allí sigue al vértice "D", situado en el cerro de cota 4.342 m.s.n.m.;

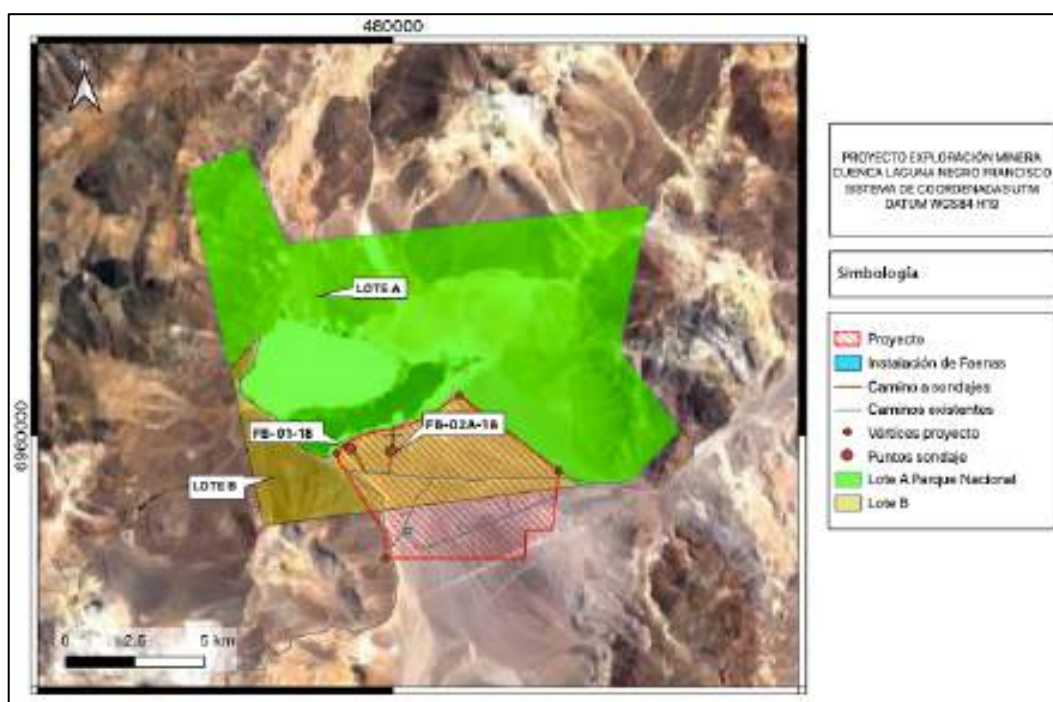
Este: Terrenos fiscales, separado por línea quebrada imaginaria que une los vértices "D-E-F-G"; partiendo desde el vértice "D", situado en el cerro de cota 4.342 m.s.n.m., sigue al vértice "E", ubicado en el cerro de cota 4.466 m.s.n.m., continúa al vértice "F", situado en el cerro de cota 4.468 m.s.n.m., y de allí al vértice "G", ubicado en el cerro de cota 4.209 m.s.n.m.;

Sur: Terrenos fiscales, separado por línea recta imaginaria que une los vértices "G", ubicado en el cerro de cota 4.209 m.s.n.m., y el vértice "D", situado en la intersección de las líneas rectas imaginarias que unen los vértices "G-H" y "C" con la cota 4.250 m.s.n.m., Lote `B" destinado al Ministerio de Defensa Nacional -Subsecretaría de Guerra, separados por línea recta imaginaria que une los vértices "D", situado en la intersección de las líneas rectas imaginarias que unen los vértices "G-H" y "C" con la cota 4.250 m.s.n.m. y "C", ubicado en la ribera Este de la "Laguna del Negro Francisco"; ribera Sur de la "Laguna Negro Francisco", que lo separa de Lote `B", destinado al Ministerios de Defensa Nacional - Subsecretaria de Guerra , en línea sinuosa que parte del vértice "C" hasta unir el vértice `B"; y el Lote `B" destinado al Ministerio de Defensa - Subsecretaria de Guerra, en línea recta imaginaria que une los vértices `B'-A y,

Oeste: Terrenos fiscales, separado por línea recta imaginaria que une los vértices "A", situado en la intersección de las líneas rectas imaginarias que unen el vértice `B" con la cota 4.250 m.s.n.m. y los vértices "H-A", con el vértice "A", ubicado en el cerro de cota 4.675 m.s.n.m.

Por tanto, el área del proyecto como los sondajes realizados se encuentran inmediatamente al sur del sector Laguna del Negro Francisco del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, cuyo emplazamiento se ubica dentro del Lote B (Figura 2), destinado al Ministerio de Defensa Nacional -Subsecretaría de Guerra y fuera de los límites del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.

**Figura 2: Localización Área de Proyecto y sondajes.**



Que los caminos utilizados para las actividades realizadas corresponden a huellas existentes, las cuales están presentes tanto en el área del proyecto como en alrededores. En ningún caso se construyeron o habilitaron caminos. Sin embargo, no se descarta que las huellas utilizadas se podrían haber profundizados producto de su uso tanto para la ejecución de las obras como el uso de terceros en la zona.

Que al momento de terminar las faenas de sondajes, las cuales fueron realizadas en diciembre del año 2018 en un corto período (<2 semanas), tanto los residuos como escombros de las actividades de sondaje fueron retirados como se muestra en la Fotografía 1 obtenida posterior al cierre y abandono de la faena.

Fotografía 1: Área de sondajes posterior al cierre.



Finalmente, dada la duración, magnitud y desarrollo del proyecto no se consideran impactos significativos sobre los aspectos ambientales.

Atentamente,



Aldo Boitano de Moras  
Representante Legal  
Laguna Negro Francisco SpA

## MEMORÁNDUM N°007/2020

**A** : CRISTÓBAL DE LA MAZA G.  
SUPERINTENDENTE

**DE** : FELIPE SÁNCHEZ A.  
JEFE OFICINA REGIONAL ATACAMA

**MAT.** : Requiere Medida Provisional

**FECHA** : 18 de junio de 2020.

---

Estimado Superintendente:

Junto con saludar, mediante el presente y según lo indicado en MAT., informo y remito a Usted, todos los antecedentes recabados por esta Oficina Regional, durante el proceso investigativo de la denuncia descrita a continuación para la adopción de medidas provisionales que a continuación se describen:

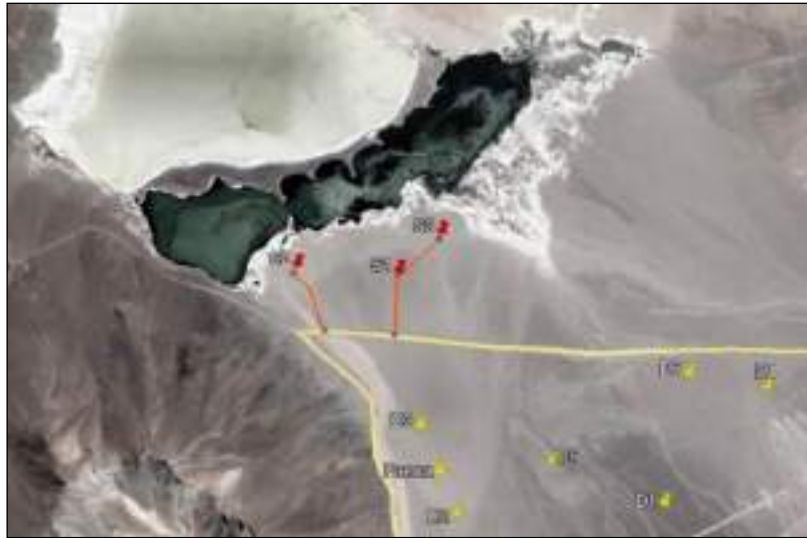
### I. ANTECEDENTES GENERALES

#### 1. Ubicación del sitio de los hechos denunciados

Con fecha 23 de enero de 2019 fue recibida por la oficina regional Atacama una denuncia sectorial de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (ID: 4-III-2019; Anexo 1), en la cual se señalaba la realización de dos sondajes, tres plataformas y caminos de acceso en las cercanías de la ribera sur de la Laguna del Negro Francisco (Figura 1). Además en dicha denuncia se informaba que dichos trabajos habrían sido realizados por la empresa Laguna Negro Francisco SpA, quienes presentaron el 08 de marzo de 2018 ante el Servicio de Evaluación Ambiental consulta de pertinencia denominada "Proyecto Exploración Minera Cuenca Laguna del Negro Francisco" la cual informaba su intención de realizar 6 sondajes junto con la utilización de huellas de acceso preexistentes. Es así como el SEA Atacama resolvió mediante Resolución Exenta N° 85, de fecha 28 de agosto de 2018 (Anexo 2), que el proyecto no requería ingresar obligatoriamente al Sistema de Evaluación de Impacto ambiental en forma previa a su ejecución.

Sin embargo, según lo denunciado y constatado por CONAF Atacama, el Titular habilitó 3 sectores para sondajes (constatando la construcción de dos de los sondajes) y sus respectivos caminos de acceso, los cuales se encuentran más al norte de lo informado en consulta de pertinencia y por tanto se ubicaron al interior del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, donde uno de los sondajes se realizó a solo 300 metros de la ribera sur de la Laguna del Negro Francisco, zona de nidificación de Flamencos altoandinos y hábitat de diversas especies de fauna en categoría de conservación (Figura 1).





**Figura 1.-** Imagen satelital donde se observan los tres puntos de sondaje y caminos constatados por CONAF Atacama y que fueron denunciados por dicho organismo sectorial (Puntos y líneas rojas). Además se observan, en amarillo, los puntos de sondajes y faena informados por el Titular al SEA Atacama, actividades que realizaría según consulta de pertinencia.

En la denuncia, el organismo sectorial informó que en visitas y fiscalizaciones realizadas por Guardaparques del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, los días 2, 16 y 27 de diciembre de 2018 y 03 de enero de 2019 se constataron una serie de actividades realizadas por "Proyecto Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco", cuyo titular es Laguna Negro Francisco SpA. Las actividades que se pudieron constatar en esas visitas fueron: la perforación de pozos de sondaje (Figura 2), instalaciones auxiliares (Figura 3) y caminos de acceso (Figura 4), la presencia de residuos producto de las actividades antes señaladas (Figura 5), el almacenamiento de materiales en sector de sondajes (Figura 3) y el escurrimiento de agua superficial hacia la Laguna del Negro Francisco producto de las perforaciones (Figura 6).

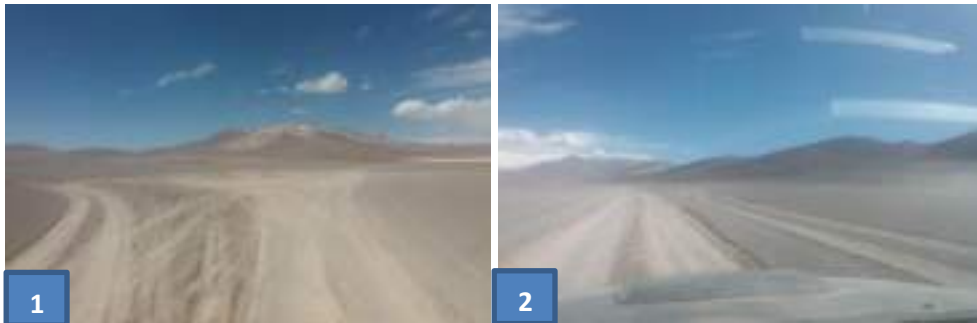
De igual manera CONAF informó de la construcción de tres caminos (de 600, 900 y 800 metros de largo respectivamente) de acceso a los sondajes (Figura 4), los cuales no fueron contemplados en la consulta de pertinencia presentadas al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), ya que en dicha consulta se informó que para el acceso a las plataformas de sondaje se utilizarían los caminos preexistentes.



**Figura 2.-** Imágenes de ubicación de puntos de sondajes denunciados por CONAF. Imagen 1: Almacenamiento de materiales y equipamiento de sondaje N° 1; Imagen 2: Instalación de sondaje N°2; Imagen 3: Punto proyectado de sondaje N°3.



**Figura 3.-** Imagen de maquinaria en sector de instalación auxiliar temporal (02-12-2018)



**Figura 4.-** Caminos de acceso habilitados hacia áreas de sondaje. Imagen 1: Vestigios de rutas implementadas Sondaje N° 1. Imagen 2: Vestigios de ruta implementada hacia área Sondaje N° 3.



**Figura 5.-** Presencia de residuos producto de las actividades implementadas por el titular. Imagen 1: Almacenamiento de residuos en sondaje N° 1 (16-12-2018). Imagen 2: Almacenamiento de residuos inadecuado en Sondaje N°2 (27-12-2018)



**Figura 6.** - Vestigios de escurrimiento de agua superficial hacia la Laguna del Negro Francisco producto de las perforaciones realizadas por el Titular. En imagen se observa área alrededor de sondaje N° 2.

## **2. Informe de fiscalización ambiental y análisis realizado por la Superintendencia del Medio Ambiente**

Con los antecedentes presentados por la Corporación Nacional Forestal, se procedió a realizar por parte de la oficina regional atacama el informe de fiscalización ambiental correspondiente (Anexo 3), cuyos hallazgos más relevantes fueron:

- *Construcción de 3 sondajes ubicados al interior del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, donde se construyeron caminos de acceso y plataformas. Uno de los sondajes se encuentra a 300 metros de la ribera sur de la Laguna del Negro Francisco, zona de nidificación de Flamencos altoandinos y hábitat de diversas especies de fauna en categoría de conservación. Dichos sondajes y caminos ya construidos no corresponden a las obras señaladas en consulta de pertinencia presentada por el Titular y que fuera resuelto su no ingreso al Sistema de Evaluación Ambiental por el SEA Atacama mediante Ord. 75/2018.*
- *6 sondajes en total se ubican al interior del polígono del Parque Nacional Nevado Tres Cruces. (3 de los cuales fueron presentados en consulta de pertinencia y 3 ya construidos), pudiendo ser aplicable los criterios como envergadura y los potenciales impactos del proyecto o actividad, en relación al objeto de protección de la respectiva área, para que sea sometido el proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.*

El informe antes señalado fue derivado a la División de Sanción y Cumplimiento (DSC) de la SMA el día 07 de febrero de 2019.

Posterior a esto, la División de Sanción y cumplimiento solicitó a la oficina regional de Atacama una serie de aclaraciones y complementaciones mediante el Memo D.S.C. N° 462/2019 de fecha 10 de octubre de 2019 (Anexo 4), en el cual se requería complementar el Informe de Fiscalización Ambiental en los siguientes términos:

1. *Atendido que no se fue a inspeccionar la zona de la actividad realizada, resulta imperioso a juicio de esta División se realice una actividad en terreno donde se verifique de manera visual el estado actual de las plataformas y otras estructuras asociadas a los sondajes a los que se refiere el IFA, de manera de verificar si hay sondajes activos, o si hay otras actividades en la zona.*





2. Relacionado con lo anterior, sería útil tomar fotografías en la actividad y georeferenciarlas, por cuanto las que se encuentran en el IFA, provenientes de la inspección de CONAF, no cuentan con ese dato.

3. Asimismo, se solicita un análisis o medición del área de las plataformas que se detecten, de manera de poder contrastarlo con información base de biodiversidad, mamíferos de baja movilidad de la zona, entre otros, a efectos de analizar eventuales afectaciones sobre estos componentes ambientales.

4. Se solicita, también, la realización de requerimientos de información a SERNAGEOMIN para consultar estado de sondajes, eventuales planes de cierre, u otro antecedente relevante allegado a esa autoridad relacionado con la empresa Laguna Negro Francisco SpA o alguna de sus filiales o relacionadas (Lithium Salars Chile Pty Ltd.); así como concesiones de propiedad de Aldo Boitano, en el lugar de emplazamiento del proyecto.

5. Finalmente, se estima útil también realizar un requerimiento de información a la empresa para verificar los puntos anteriores y, en general, para consultar sobre la proyección a futuro de la actividad o la conclusión de la misma.

Así las cosas, esta oficina regional realizó el análisis correspondiente dando respuesta a la División de Sanción y Cumplimiento mediante Memo N°003/2020 de fecha 13 de febrero de 2020 (anexo 5).

### **3. Examen de Antecedentes presentados por Titular en el marco de la fiscalización.**

Una vez revisado los antecedentes presentados por el organismo denunciante, y como parte de la solicitud de complemento solicitada por DSC mediante Memo DSC N° 462 (Anexo 4) esta Superintendencia del Medio Ambiente realizó un requerimiento de información al Titular mediante Res. Ex. N° 79 de fecha 14 de octubre de 2019 (Anexo 6). en el cual se le solicitó lo siguiente:

a.- Layout en formato KMZ de plataformas, sondajes y huellas realizados a la fecha en inmediaciones de la Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama, con el detalle de la superficie de cada una de las obras antes señaladas.

b. Estado actual de las plataformas, sondajes y huellas realizadas, indicando además la proyección a futuro de actividades en la zona cercana a Laguna del Negro Francisco por parte de la empresa, alguna filial o socio de la empresa.

El Titular respondió mediante Carta S/N de fecha 26.11.2019 (Anexo 7) indicando a modo general lo siguiente:

- Que se realizaron dos pozos de sondaje en total y no los 6 contemplados en consulta de pertinencia, los cuales según lo indicado por el Titular no se encontrarían dentro del Parque Nacional (Ver figura 7).
- Que no se habrían realizado obras adicionales a las contempladas en la consulta de pertinencia.



- Que se utilizaron huellas de camino ya existentes.

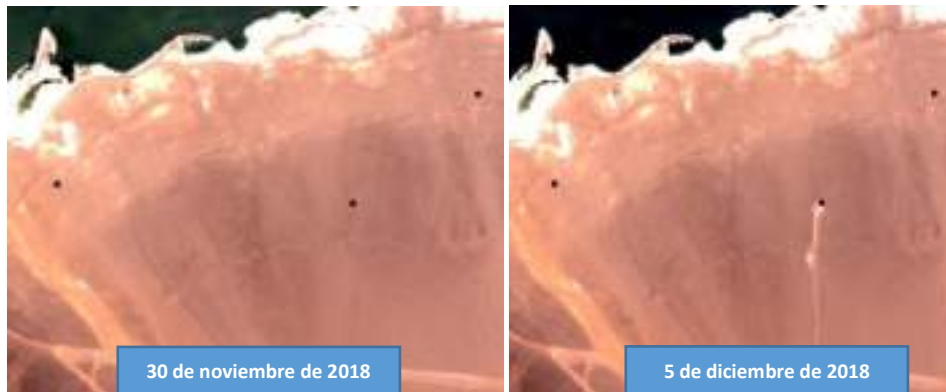


Kmz puntos de perforación del proyecto

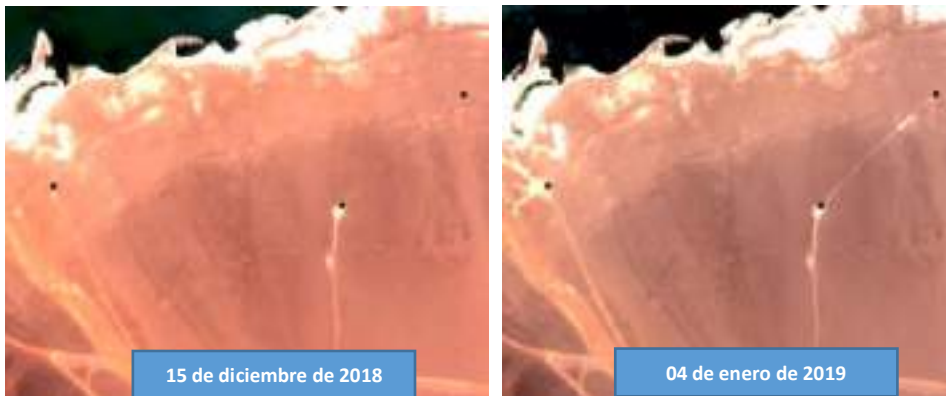
**Figura 7.** Imagen satelital presentada por el Titular en que se señalan los dos puntos donde habría realizado los pozos de perforación de sondaje.

De acuerdo a lo informado por el Titular, y contrastándolo con lo analizado tanto por CONAF como por esta Superintendencia, es posible señalar que el Titular habilitó 3 puntos para sondajes o pozos, los cuales se ubican geográficamente dentro del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, siendo estos puntos distintos a los informados en consulta de pertinencia que fuera resuelta por el Servicio de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama mediante Resolución Exenta N° 85, de fecha 28 de agosto de 2018, ya que en dicha consulta de pertinencia se indicó la realización de 6 sondajes más al sur de la ubicación efectiva de los puntos de sondaje (Figura 1).

Por otra parte, los caminos utilizados por el Titular no eran preexistentes, lo cual se pudo constatar mediante análisis satelital, pudiendo apreciar un proceso de transformación de los atributos espaciales alrededor de los puntos definidos como “sondajes”, donde el día 30 de noviembre de 2018 no existían huellas o caminos en la zona y luego a partir del 5 de diciembre de 2018 se observó la construcción de un camino que comunica la ruta C-437 con el Sondaje N°1 denunciado (Figura 8). Posteriormente en imágenes satelitales se observa como el 15 de diciembre de 2018 surgen dos nuevos caminos o huellas, uno que comunica la ruta C-437 con el Sondaje N°2 denunciado y uno que comunica el Sondaje N°1 con el punto Proyección Sondaje N°3 (Figura 9). En escenas siguientes (04 de enero de 2019) se puede observar un aumento gradual del ancho de los caminos que comunican la ruta C-437 con los puntos Sondaje N°2 y Proyección Sondaje N°3, dando cuenta de un uso intensivo y técnicas constructivas para todos los caminos (Figura 9, imagen derecha).



**Figura 8.** Imágenes satelitales de composición RGB Sentinel-2 de área donde se ubican sondajes denunciados por CONAF. Se observa que el 30 de noviembre de 2018 no existían caminos o huellas en área denunciada, mientras que el día 5 de diciembre de 2018 es posible apreciar la habilitación de camino hacia uno de los puntos denunciados (sondaje N°1 en denuncia).



**Figura 9.** Imágenes satelitales de composición RGB Sentinel-2 de área donde se ubican sondajes denunciados por CONAF. Se observa que el 20 de diciembre de 2018 ya se encontraban habilitados caminos de acceso hacia los 3 puntos denunciados, mientras que el día 04 de enero de 2019 se aprecia el aumento del ancho de los caminos.

#### 4. Examen de Antecedentes adicionales presentados por CONAF Atacama y SERNAGEOMIN.

Igualmente en el marco de la complementación del Informe de Fiscalización Ambiental solicitada por DSC mediante Memo DSC. N° 462/2019, con fecha 18 de octubre de 2019 esta Superintendencia solicitó mediante ORD. O.R.A. N° 196 (Anexo 8) a CONAF Atacama, antecedentes adicionales sobre denuncia sectorial presentada por dicha institución, en específico si ellos contaban con registro de afectación a especies predominantes del sector, e información sobre el estado actual de los sondajes, plataformas y huellas denunciadas, actividades nuevas y si alguna actividad habría generado a su juicio algún tipo de efecto sobre componentes bióticos del lugar.

Así, este organismo sectorial respondió mediante ORD. N° 235 de fecha 26 de noviembre de 2019 (Anexo 9), indicando a modo general lo siguiente:

*“En visita inspectiva realizada el día 06 de noviembre del presente, se verificó en terreno que la empresa ya no se encuentra en el lugar realizando trabajos, aún se pueden observar en el área*

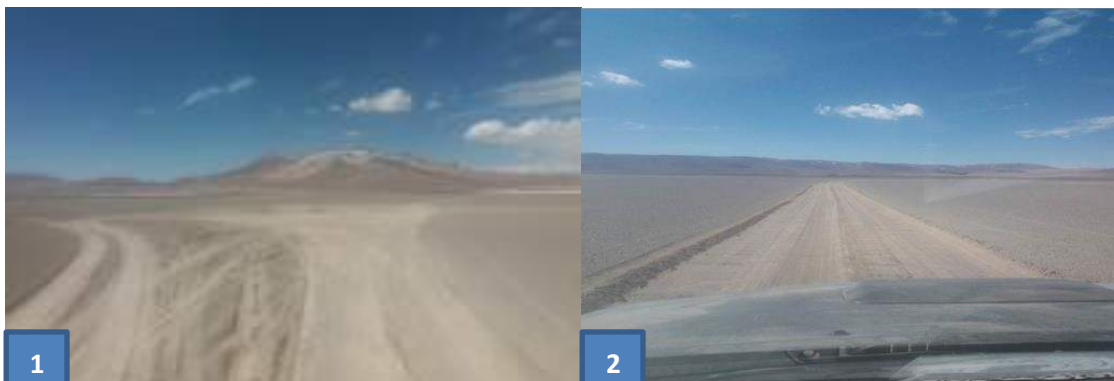


los caminos que se construyeron exclusivamente para acceder a los puntos de sondajes y las intervenciones propias de los sondajes en dos puntos, los cuales nunca fueron eliminados o protegidos de buena forma, lo cual implica que fauna que transite por el sector (vicuñas y guanacos) puedan verse perturbados por este tipo de instalaciones” (Ver Figura N°10 y Figura N°11).

Dada la proximidad de las plataformas de sondajes que estuvieron operando en su momento aledaña a la Laguna del Negro Francisco y la presencia de avifauna diversa característica de estos humedales y especialmente de esta laguna rica en biodiversidad, es evidente la existencia de impactos permanentes, como el abandono de la avifauna y la pérdida de lugares seguros de alimentación y descanso que brinda la Laguna del Negro Francisco, con efectos negativos y directos sobre objetos de conservación del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces como lo es su fauna.



**Figura 10.** Visita inspectiva de 06 de noviembre de 2019 donde CONAF verificó en terreno que la empresa ya no se encuentra en el lugar realizando trabajos. Se observó cañería de sondaje con agua y protección inadecuada (sondaje N°2 de denuncia).



**Figura 11.** Vestigios de caminos habilitados hacia sondajes. Imagen 1: camino hacia sondaje N° 1. Imagen 2: camino hacia sondaje N°2 (06.11.2019).

De manera de aclarar la conclusión señalada por CONAF Atacama, se le solicitó mediante ORD. O.R.A. N° 219 de fecha 26 de diciembre de 2019 (Anexo 10) mayores antecedentes de cómo se estableció la conclusión señalada, ante lo cual CONAF respondió en ORD. N° 02/2020 de fecha 10 de enero de 2020 (Anexo 11) lo siguiente:

*“(…) La afirmación se refiere a que mientras la faena se ejecutaba en el lugar, se identificaron impactos a la avifauna y paisaje en general, producto del tránsito de camiones, ruidos de las plataformas, apertura de huellas no habilitadas y personal deambulando por el sector próximo a la laguna. **La apertura de caminos realizada para la ejecución de la actividad, se configura como de impacto permanente, fomentando el tránsito de vehículos en estos caminos y huellas sin regulación que antes no existían, con ello facilita el ingreso de visitantes sin regulación al borde de la laguna, además propicia condiciones para la apertura de más huellas y caminos (énfasis agregado).***

*Todas actividades que generan impacto permanente en el paisaje, en la avifauna del sector y especialmente en el borde de la laguna debido al ahuyentamiento”.*

De igual manera, y con el fin de complementar la información presentada inicialmente en el informe de fiscalización ambiental, se solicitó a SERNAGEOMIN Región de Atacama mediante ORD ORA N° 189 de fecha 14 de octubre de 2019 (Anexo 12) antecedentes respecto al estado de sondajes, plataformas y eventuales planes de cierre u otro antecedente relevante que dicho organismo tenga conocimiento. Así las cosas, el organismo respondió mediante ORD. N° 05642 de fecha 16 de octubre de 2019 (Anexo 13), señalando en general lo siguiente:

*- Que el Titular con fecha 31.07.2018 ingresó a dicho servicio aviso de inicio de actividades de proyecto exploración “Proyecto Cuenca Laguna Negro Francisco” específicamente el desarrollo de perforaciones de suelo mediante sondajes de tipo aire reverso en un área estimada de 1.500 hectáreas. Así mismo, presentó ubicación de los 6 sondajes a realizar, los cuales serían entubados con pvc ranurado en lo que es cuenca aluvial y la mezcla de esta con agua, con profundidades entre 120 y 150 metros y un diámetro de sondaje de 4”. Como tiempo de duración del proyecto, el Titular indicó correspondería a 20 días, con fecha de inicio 15.08.2018.*

Al respecto cabe señalar que el Titular informó a SERNAGEOMIN que la ubicación de los 6 sondajes sería en el mismo lugar indicado en la consulta de pertinencia resuelta por el SEA mediante Res. Ex. N° 85p de fecha 28 de agosto de 2019, lo cual no corresponde a la ubicación de los sondajes construidos, tal como se analizó en el informe de fiscalización expediente DFZ-2019-171-III-SRCA.

*- El Titular con fecha 29.10.2018 presentó solicitud de modificación de fecha de inicio de las actividades, indicando como fecha de inicio el 15.11.2018, terminando aproximadamente el 06.12.2018.*



- El Titular se comprometió a realizar una serie de medidas de cierre del proyecto, como la limpieza y retiro de residuos y de todas las instalaciones utilizadas, así como también señalar el área.

## II. CAUSAL DE ELUSIÓN AL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

En el marco del informe de fiscalización ambiental desarrollado se efectuó la revisión de cada una de los literales del artículo 3° D.S. N° 40/2012 “Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, los cuales tipifican los proyectos o actividades que deben someterse a evaluación, y de acuerdo a los antecedentes recopilados, se concluyó que el proyecto fiscalizado reúne las características del literal p) del artículo 3° de dicho Reglamento, para su ingreso al SEIA, de acuerdo al siguiente análisis:

Artículo 3° letra p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita.

Lo mismo se señala en la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la cual en su artículo 10 letra p) dispone que “Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental son los siguientes: (...) p) ejecución de obras, programas o actividades en parque nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita”.

### 1. Análisis de la elusión al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Luego del análisis de ubicación efectiva de caminos y sondajes construidos por el Titular, es posible señalar que dentro del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces se ubican los puntos denunciados por CONAF Atacama junto con los puntos Drill 3, Drill 4 y Drill 6 que originalmente se presentaron en la consulta de pertinencia presentada en marzo de 2018 por empresa Laguna Negro Francisco SpA, y que fuera resuelta por el SEA Atacama mediante ORD 85/2018 de fecha 28 de agosto de 2019 (Ver Figura 12).





**Figura 12.** Ubicación de puntos de sondaje denunciados por CONAF (azul y rosado) y puntos de sondajes informados por el Titular en consulta de pertinencia “Proyecto Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” (puntos rojos) en relación a polígono del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces. Se observa que puntos denunciados por CONAF y puntos Dril 3, Dril 4 y Dril 6 de consulta de pertinencia se encuentran al interior del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.

Además, cabe destacar que los sondajes o pozos denunciados por CONAF se encuentran a solo 300 metros de distancia de la ribera sur de la Laguna del Negro Francisco, **zona de sensibilidad media en cuanto a la nidificación de flamencos** (énfasis agregado) (Figura 13), donde se desarrollan humedales y es el hábitat de diversas especies de fauna en categoría de conservación.



**Figura 13.** Mapa de zonificación de nidificación de flamencos en ribera de Laguna del Negro Francisco. Se observa que ribera sur, donde se encuentran los puntos de sondaje denunciados, es una zona de sensibilidad media.

Es así que criterios como la envergadura y los potenciales impactos del proyecto o actividad, en relación al objeto de protección de la respectiva área, serían aplicables en este caso, tal como lo señala el Instructivo N°130844 del Servicio de Evaluación Ambiental, de fecha 22 de mayo de 2013, que "Uniforma criterios y exigencias técnicas sobre áreas colocadas bajo protección oficial y áreas protegidas, referidos en el art. 10 letra p) y 11 letra d) de la Ley N°19.300, respectivamente, a fin que sean aplicados en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental".

En resumen, es dable sostener que el titular desarrolló las actividades de sondaje de manera distinta a lo declarado en su carta de pertinencia, por lo tanto, se podría concluir que el titular informó la realización de actividades con antecedentes que permitieran eludir el SEIA y evitar que el proyecto ingresara para su evaluación ambiental, lo que podría configurar una hipótesis de elusión al SEIA.

Pese a lo anteriormente señalado las actividades y obras relacionadas ejecutadas por el titular dentro del polígono del Parque no se encontrarían actualmente en desarrollo, por lo cual no correspondería el requerimiento de ingreso al SEIA, toda vez que el procedimiento se construye sobre la base de 3 requisitos copulativos: (i) ejecución actual de un proyecto o actividad, iniciado o modificado con posterioridad a la entrada en vigencia del SEIA; (ii) cuya descripción se encuentre listada en el artículo 10 de la Ley N°19.300 y; (iii) que no cuente con una resolución de calificación ambiental favorable. Así es como actualmente no se verifica el supuesto basal del literal (i).

Aun así, es posible señalar que el Titular no ha realizado el cierre adecuado de los sondajes habilitados y así mismo los caminos de acceso han quedado a disposición del tránsito de personas, por lo que se genera una condición de acceso no regulado que eventualmente puede significar un deterioro de las condiciones naturales del sector .

## **2. Consulta de Pertinencia de Ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.**

- Con fecha 08 de marzo del año 2018, el Sr. Aldo José Boitano De Mora, representante legal de Laguna Negro Francisco SpA ingresa al Servicio de Evaluación Ambiental Región de Atacama una consulta de pertinencia del proyecto **“Exploración Minera cuenca Laguna Negro Francisco”**. Este proyecto contempla el desarrollo de las siguientes actividades:
  - a) *Prospección Geofísica: esta tiene por objetivo aportar antecedentes para determinar la profundidad del nivel freático y del basamento rocoso, y, en consecuencia, del volumen embalsado del acuífero.*
  - b) *Ejecución de Sondajes: se contempla un número inferior a 40.*
- En los antecedentes presentados, el Titular indica que: *“El proyecto se emplazará en el sector Sur de la cuenca de la Laguna del Negro Francisco dentro de la superficie cubierta por concesiones de exploración, y fuera de los límites del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.*





- Mediante la Res. Ex. N°85/2018 el Servicio de Evaluación Ambiental Región de Atacama resuelve que el Proyecto “**Exploración Minera cuenca Laguna Negro Francisco**” no requiere ingresar obligatoriamente al SEIA en forma previa a su ejecución, en consideración de los antecedentes aportados por el Proponente y lo expuesto en el Considerando N°4 de la misma Resolución.
- Respecto a lo expuesto es posible concluir que el Titular si bien señaló en consulta de pertinencia que sus actividades no se realizarían dentro del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, esto no es así ya que de los puntos indicados en la consulta de pertinencia, al menos el sondaje denominado Drill 6 se encontraría dentro del polígono del Parque tal como se observa en imagen de Figura 14.

Igualmente, se puede concluir que todos los puntos de sondaje efectivamente realizados por el Titular sí se encuentran dentro del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces (Figura 14 y Figura 15).



**Figura 14.** Delimitación del Parque Nacional Nevado Tres Cruces (líneas amarilla, roja, azul y morada) en relación a puntos de ubicación de proyecto considerado en consulta de pertinencia (puntos denominados DRILL en zona sur). Se observa que al menos el sondaje denominado Drill 6 se encontraría al interior del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces. La delimitación del Parque Nacional presentada es de acuerdo a lo señalado en Infraestructura de Datos Geospaciales (IDEA) del Ministerio de Bienes Nacionales (polígono morado), según capa del Ministerio del Medio Ambiente (polígono rojo), según Decreto 947/1994 que Crea Parque Nacional Nevado de Tres Cruces" en la III Región de Atacama y lo declara lugar de interés científico, tanto en datum WGS 84 (polígono verde) como en datum PSAD 56 (polígono azul).



**Figura 15.** Delimitación general del Parque Nacional Nevado Tres Cruces en relación a puntos de ubicación de proyecto considerado en consulta de pertinencia (puntos denominados DRILL en zona sur) y puntos de sondajes (SOND\_1, SOND\_2 y SOND\_3\_ProyAux\_Camp) denunciados por CONAF Atacama (ubicados al norte de puntos DRILL). La delimitación del Parque Nacional presentada es de acuerdo a lo señalado en Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDEA) del Ministerio de Bienes Nacionales (polígono morado), según capa del Ministerio del Medio Ambiente (polígono rojo), según Decreto 947/1994 que Crea Parque Nacional Nevado de Tres Cruces<sup>1</sup> en la III Región de Atacama y lo declara lugar de interés científico, tanto en datum WGS 84 (polígono verde) como en datum PSAD 56 (polígono azul).

### III. CONDICIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

El Parque Nacional Nevado de Tres Cruces tiene una superficie de 59.081,87 hectáreas, de las cuales 46.944,37 corresponden al sector de laguna Santa Rosa y 12.137,50 al sector de Laguna del Negro Francisco<sup>1</sup>.

La zona de la Laguna del Negro Francisco, y en específico la zona donde se construyeron los caminos y sondajes denunciados corresponde a la denominada Pampa del Negro Francisco y es hábitat principalmente de dos especies de camélidos silvestres, la vicuña austral (*Vicugna vicugna*) y el guanaco del norte (*Lama guanicoe*), ambos en categoría de conservación En Peligro y Vulnerable por el Reglamento de Clasificación de Especies (MMA) respectivamente<sup>2</sup>. Además dicha zona constituiría el hábitat y área de tránsito de otros mamíferos<sup>3</sup> como *Pseudalopex culpaeus* (Zorro culpeo) en categoría Preocupación Menor (LC) según D.S. N°33/2011 del MMA, *Puma concolor* (Puma) en categoría Casi Amenazada (NT) según D.S. N° 42/2012 del MMA y *Leopardus colocolo* (Gato colo colo) en categoría Casi Amenazada (NT)

<sup>1</sup> <https://www.conaf.cl/parques/parque-nacional-nevado-de-tres-cruces/>

<sup>2</sup> Información señalada en ORD. N° 113/2018 de CONAF Atacama.

<sup>3</sup> IRIARTE A (2008). Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.



según D.S. N°42/2011 del MMA, y el área constituye el hábitat de reptiles de baja movilidad como la especie *Liolaemus rosenmanni* (Lagartija de Eleodoro), especie en categoría de conservación Vulnerable según el D.S. N°52/2014 y cuya área de ocupación en Chile sería solamente la Laguna del Negro Francisco y alrededores. Finalmente en la zona también habitarían, según Pincheira-Donoso & Núñez (2005),<sup>4</sup> *Liolaemus patriciaturrae* (Lagarto de Patricia Iturra) en categoría Vulnerable (VU) según el D.S. N° 16/2016 del MMA y *Liolaemus nigriceps* (Lagartija de cabeza negra) en categoría Casi Amenazada (NT) según el D.S. N° 16/2016.

Por todo lo anterior, es posible concluir que el hábitat y comportamiento de las especies antes mencionadas se habría visto afectado por los trabajos de sondaje y caminos de acceso, impactos que no fueron cuantificados ni valorados por el titular.

Por otra parte, es posible señalar que en el área de la Laguna del Negro Francisco habitan diversas aves como el Flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), Flamenco chileno (*Phoenicoparrus chilensis*), Flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*), Piuquén (*Chloephaga melanoptera*), Tagua cornuda (*Fulica cornuta*), Gaviota andina (*Larus serranus*), Pato puna (*Anas puna*), Pato juarjual (*Lophonetta specularioides*), Dormilona fraile (*Muscisaxicola flavinucha*), Carancho cordillerano (*Phalacrocorax macrorhynchos*) y Caití (*Recurvirostra andina*)<sup>5</sup>.

Igualmente la importancia de la zona de la Laguna del Negro Francisco, colindante a sector donde se realizaron los sondajes descritos en la denuncia sectorial, se reconoce en el Decreto 947/1994 que crea el Parque nacional Nevado de Tres Cruces" en la III Región de Atacama y lo declara lugar de interés científico para fines que señala, donde se indica que la formación vegetal predominante denominada "Estepa Desértica de los Salares Andinos, "(...) *presenta un buen estado de conservación y constituye un excelente refugio para especies de la fauna nativa andina, por lo que se hace necesario protegerlos (énfasis agregado), a fin de evitar su deterioro, para bien de la comunidad; Que, los ecosistemas insertos en dichos sectores se caracterizan por la fragilidad de su equilibrio ecológico y por tanto, son susceptibles a sufrir degradación (énfasis agregado); Que, el área es lugar de concentración de importantes poblaciones de especies de fauna andina con problemas de conservación, tales como: flamencos, vicuñas (Vicugna vicugna), tagua cornuda (Fulica cornuta), guanacos (Lama guanicoe), vizcachas (Lagidium viscacia) y otras (énfasis agregado); Que, las especies de flora y fauna nativas del área presentan un gran potencial científico y educativo, debido a su diversidad, estado de conservación y accesibilidad;*"

Así mismo es importante considerar que el área donde se efectuaron los sondajes denunciados, así como también los puntos presentados en la consulta de pertinencia, también se encuentran aledaños al Sitio Ramsar Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, encontrándose el sondaje N°2 denunciado a solo 72 metros de distancia del límite de dicho Sitio Ramsar. Este Sitio Ramsar fue designado el 2 de diciembre de 1996, el cual funciona como un regulador importante de los elementos bióticos y abióticos que forman la

<sup>4</sup> PINCHEIRA-DONOSO D & H NUÑEZ (2005) Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropicoduridae: Liolaeminae). Taxonomía, Sistemática y Evolución. Publicación ocasional del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 59: 7-486

<sup>5</sup> CIREN (2013) Recorriendo los humedales altoandinos de Arica a Atacama: Vida y refugio de la biodiversidad. Publicación de Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).



red ecológica de éste ecosistema andino, sustentando al menos el 1% de la población total de la Parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), la Parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) y la Tagua cornuda (*Fulica cornuta*).<sup>6</sup>

En cuanto a la flora y vegetación del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, específicamente en la Laguna del Negro Francisco, se puede indicar que la ribera de la Laguna del Negro Francisco presenta vegetación de tipo azonal asociada a factores locales de sitio, específicamente a la presencia permanente de humedad o anegamiento constante (Sistema vegetacional azonal hídrico terrestre o SVAHT). Los humedales presentes en la ribera de la Laguna del Negro Francisco corresponden al ecotipo humedal afloramiento subterráneo, específicamente a Vegas Salinas y Pajonal Hídrico. La flora de este tipo de vegetación corresponde de manera dominante a especies herbáceas, las cuales en el área sur de la laguna (área más cercana a los puntos de sondajes denunciados) se han identificado especies como *Ranunculus* sp., *Arenaria rivularis*, *Festuca* sp<sup>7</sup>.

Cabe señalar que en la zona cordillerana donde se emplaza el proyecto, eventualmente se pudieron ver afectadas de manera directa ejemplares de especies herbáceas que habitan en zonas amplias del altiplano como lo es el sector intervenido, especies que habitualmente presentan una muy baja cobertura y número de individuos en estas zonas, por lo cual no es posible asegurar si se vieron afectados ejemplares directamente por las obras y tránsito de maquinaria.

Por otra parte, en cuanto a la vegetación zonal, es decir aquellas que responden a la influencia de factores climáticos, es posible señalar que el área donde se ubican tanto los sondajes aprobados como los denunciados, según Luebert y Pliscoff (2006)<sup>8</sup>, corresponde al piso vegetacional Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de *Adesmia subterránea* y *Adesmia echinus*, matorral bajo y abierto dominado por subarbustos espinosos como *Adesmia aegiceras*, *Adesmia echinus*, las plantas en cojín *Adesmia subterránea* y *Azorella cryptantha*, y gramíneas como *Stipa chrysophylla*. También son importantes las hierbas rosuladas (e. g. *Chaetanthera minuta*, *Perezia atacamensis*), pero no tienen gran representación en cuanto a cobertura.

Cabe señalar que las especies vegetales características del piso altitudinal antes indicado, donde se encuentran los sondajes en cuestión, son especies que no se encuentran en alguna categoría de conservación. Si bien la especie *Adesmia echinus*, dominante en esta formación vegetacional, corresponde a una especie xerofítica que puede conformar formaciones xerofíticas reguladas por la ley 20.283, de acuerdo a los hechos constatados por funcionarios de CONAF y las fotografías entregadas, en el área de instalación de los sondajes denunciados no habrían formaciones vegetacionales reguladas por ley.

---

<sup>6</sup> <https://www.ramsar.org/news/complejo-lacustre-laguna-del-negro-francisco-y-laguna-santa-rosa>

<sup>7</sup> CIREN (2013) "Caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país" Fichas de terreno de flora y vegetación humedales muestra III Región de Atacama.

<sup>8</sup> LUEBERT F. & PLISCOFF P. (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. 316 pp.



Finalmente cabe destacar que en el área circundante al sitio Ramsar Complejo Lacustre del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa además existen vestigios de ocupación prehispánica, y se realizan actividades de turismo.<sup>6</sup>

En relación a este último punto, las actividades de turismo son frecuentes en la zona denunciada, encontrándose cerca el Sendero de Chile “Ramal Molle Diaguita: Manflas - Salar de Maricunga” (Figura 14), el cual forma parte del **Programa Sendero de Chile** del Ministerio de Medio Ambiente.



**Figura 14.** En la imagen se observa en color verde Sendero de Chile: “Ramal Molle Diaguita: Manflas - Salar de Maricunga” y su cercanía a puntos de sondaje denunciados por CONAF.

Si bien cercano a los puntos denunciados se encuentra un sendero de Chile, el cual puede ser utilizado por turistas, el hecho de que se habilitaran huellas y caminos para acceder a los sondeos realizados por el Titular en un área donde anteriormente no existían accesos, puede permitir que un mayor número de personas se acerque a la ribera de la Laguna del Negro Francisco sin autorización y afectar directa e indirectamente a la fauna que habita en la zona, especialmente a aquellas aves que nidifican en la laguna.

#### **IV. MEDIDA PROVISIONAL.**

En consideración a lo señalado en los numerales anteriores, en la cual se constató un potencial riesgo inminente al medio ambiente, por los trabajos que se realizaron cercano a la ribera sur de la Laguna del Negro Francisco ubicado al interior del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y cercano al Sitio RAMSAR Complejo Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, se concluye que la actividad realizada debió ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de acuerdo al análisis efectuado en el numeral III del presente Memorándum, por lo que se considera necesaria la solicitud de adopción de Medidas Provisionales Preprocedimentales para el resguardo del medio ambiente. Lo anterior, conforme lo establece la letra a) del artículo 48° Ley Orgánica de esta Superintendencia, por un plazo de **15 (quince) días hábiles** contados desde su notificación al titular. En lo específico, se hace urgente la adopción de las siguientes medidas:



- Cierre de los caminos de acceso que fueron habilitados por el Titular mediante obras que deberán ser propuestas y aprobadas por la Corporación Nacional Forestal, al ser ésta la encargada de la administración del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.
- Instalación de señalética alusiva a la prohibición de transitar por fuera de caminos establecidos de ingreso a la laguna, la que deberá ser propuesta y aprobada por la Corporación Nacional Forestal, al ser ésta la encargada de la administración del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.
- Sellado y clausura de tubos de sondaje que actualmente se encuentren expuestos en terreno, de acuerdo a los lineamientos establecidos por Sernageomin y en coordinación con la Corporación Nacional Forestal, al ser ésta la encargada de la administración del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.
- Como medio de verificación, la empresa Laguna Negro Francisco SpA deberá enviar a la Oficina Regional de Atacama de esta Superintendencia, un Reporte final que dé cuenta de la implementación de todas las medidas solicitadas, así como dos reportes intermedios (cada 5 días) que den cuenta del avance e implementación de las medidas solicitadas.
- En su reporte deberá adjuntar medios como fotografías, fechadas y georreferenciadas, videos u otros antecedentes. Lo anterior, en formato digital, a través de una carta conductora y con una frecuencia indicada desde la notificación de la presente medida y durante la duración de la misma

Acompañan a este memo los siguientes anexos:

- Anexo 1: Denuncia sectorial CONAF (ORD. N° 23/2019)
- Anexo 2: Res. Ex. N°85 del SEA de fecha 28.08.2018 resuelve Consulta de Pertinencia "Proyecto Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco"
- Anexo 3: Informe de Fiscalización Ambiental.
- Anexo 4: Memo DSC N°462 solicita complementación de IFA
- Anexo 5: Memo N°003/2020, responde a solicitud de DSC.
- Anexo 6: Res. Ex. N° 79 de fecha 14.10.2019, Requerimiento de información a Titular
- Anexo 7: Carta S/N de fecha 26.11.2019 del Titular, respuesta a solicitud de SMA
- Anexo 8: ORD. ORA N°196 de fecha 18.10.2019. Solicitud de mayores antecedentes a CONAF Atacama.
- Anexo 9: Ord. N° 235 de CONAF, de fecha 26.11.2019, responde con mayores antecedentes sobre denuncia.
- Anexo 10: ORD. O.R.A. N° 219 de fecha 26.12.2019, solicita aclaraciones a CONAF.
- Anexo 11: ORD. N° 02/2020 de CONAF, de fecha 10.01.2020, responde a solicitud de aclaraciones.



- Anexo 12: ORD ORA N° 189 de fecha 14.10.2019 solicitud de antecedentes a SERNAGEOMIN
- Anexo 13: ORD. N° 05642 de fecha 16.10.2019 de SERNAGEOMIN, responde a solicitud.

Sin otro particular, se despide atentamente de usted,

**FELIPE SÁNCHEZ ARAVENA**  
**JEFE OFICINA REGIÓN DE ATACAMA**  
**SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE**

FSA/CAM

c.c.:

- Fiscalía (Digital).
  - División de Fiscalización (DFZ-2019-171-III-SRCA)
- Oficina Regional Atacama (Digital).



LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

**PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS DE SONDAJES Y ASOCIADAS  
PROYECTO EXPLORACION MINERA  
CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO**

**LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA**

**Región de Atacama, Chile  
Septiembre 2020**



LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

## **PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS**

### **PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO**

#### **1. RESUMEN EJECUTIVO**

El presente Plan de Retiro y Cierre de obras del Proyecto EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO se genera en respuesta a dar cumplimiento a lo establecido en la Resolución Exenta N° 1319 de fecha 03 de Agosto del 2020 de la Superintendencia del Medio Ambiente; la cual ordena medidas provisionales pre procedimentales a través de la presentación y tramitación administrativa ante Conaf, de un Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Cruces.

Las principales medidas del Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas incluyen:

- a. Cierre de los caminos de acceso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces que fueron habilitados por la empresa para el desarrollo de las actividades de sondaje.
- b. Instalación de señalética alusiva a la prohibición de transitar por fuera de caminos establecidos de ingreso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces.
- c. Sellado y clausura de tubos de sondaje que actualmente se encuentren expuestos en terreno dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, así como retiro de residuos y vestigios de las actividades de sondaje de la empresa.

En referencia a lo anterior las acciones a ejecutar corresponde a:

- Los sondajes serán sellados y removidos hasta el nivel del terreno y cubiertas con material superficial natural del área y perfiladas de acuerdo al terreno circundante. Los accesos serán cerrados, perfilados y señalizados. Los escombros de las actividades serán retirados en su totalidad y dispuestos en lugares autorizados para tales efectos.

LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

## PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS

### PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO

#### 2. INDICE

1.	RESUMEN EJECUTIVO .....	1
2.	INDICE.....	I
1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	ANTECEDENTES GENERALES .....	5
2.1	TITULAR Y REPRESENTANTE LEGAL.....	5
2.2	ANTECEDENTES LEGALES DE LA PROPIEDAD MINERA .....	5
2.3	UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
2.4	COMPROMISOS ADQUIRIDOS EN PERMISOS APLICABLES AL PROYECTO.....	9
2.4.1	Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). .....	9
2.4.2	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) .....	9
3.	ALCANCES PLAN DE RETIRO Y CIERRE .....	9
3.1	UBICACIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES DE CIERRE DEL PROYECTO .....	9
3.2	ACCESOS .....	11
4.	MEDIDAS DE CIERRE CIERRE DE LAS OBRAS DE SONDAJE Y ASOCIADAS.....	12
4.1	ACCIONES DE CIERRE ESTABLECIDAS RESOLUCIÓN EXENTA N° 1319/2020.....	12
4.2	PROPUESTA DE MEDIDAS Y ACTIVIDADES DE CIERRE.....	12
4.3	CRONOGRAMA DEL CIERRE DE LA FAENA .....	14
5.	PROGRAMA DE DIFUSIÓN POST-CIERRE .....	14
5.1	OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE DIFUSIÓN.....	14
5.2	PÚBLICO OBJETIVO.....	14
5.3	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	15

LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

## TABLAS

Tabla 2-1. Titular y representante legal. ....	5
Tabla 2-2. Concesiones mineras en las cuales se encuentran las instalaciones del PCOF. ....	5
Tabla 3-1. Coordenadas generales de emplazamiento instalaciones. ....	10
Tabla 3-2. Coordenadas generales de emplazamiento Pozos Sondajes. ....	10
Tabla 4-1. Medidas y actividades de cierre consignados en permisos y propuestos. ....	12
Tabla 4-2. Cronograma del cierre de la faena. ....	14
Tabla 5-1. Cronograma para el Programa de Difusión. ....	15

## FIGURAS

Figura 1: Ubicación General. ....	4
Figura 2: Concesiones de Exploración Minera. ....	6
Figura 2: Localización área del Proyecto. ....	7
Figura 2: Localización Parque Nacional Nevado de Tres Cruces Decreto N° 974. ....	8
Figura 2: Ubicación del Área del Proyecto. ....	10
Figura 2: Ubicación general de instalaciones Pozos Sondajes. ....	11

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	<b>PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS</b>	SEPTIEMBRE 2020
	<b>PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO</b>	

## 1. INTRODUCCIÓN

El "**Proyecto Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco**" (en adelante Proyecto), evaluado y aprobado por Resolución Exenta N°85/2018 que resuelve la consulta de pertinencia de ingreso al seia, donde no requiere ingresar obligatoriamente al SEIA en forma previa a su ejecución, se ubica en el sector Sur de la cuenca de la Laguna del Negro Francisco dentro de la superficie cubierta por concesiones de exploración, ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama (Figura 1).

El Proyecto considera una prospección geofísica, la que tiene por objetivo aportar antecedentes para determinar la profundidad del nivel freático y del basamento rocoso, y, en consecuencia, del volumen embalsado del acuífero.

Además, considera ejecución 6 sondajes, los cuales serán a los acuíferos inferiores de la Laguna del Negro Francisco, utilizando pozos cuyo casing no permite la conexión de estos con el acuífero superior, el cual alimenta las vegas y/o bofedales ubicadas en la ribera de la Laguna

Para el acceso tanto a las estaciones de prospección geofísica como a las plataformas de sondajes fueron utilizados caminos y huellas existentes.

Al término de la operación se desarmaron y retiraron todas las instalaciones auxiliares temporales e infraestructura asociada que no formaron parte de la operación del proyecto, así como los materiales de desecho remanentes de la fase de construcción, los que fueron dispuestos en lugares autorizados.

En este sentido con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en la Resolución Exenta N° 1319 de fecha 03 de Agosto del 2020 de la Superintendencia del Medio Ambiente; la cual ordena medidas provisionales pre procedimentales a través de la presentación y tramitación administrativa ante Conaf, de un Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Cruces, se presenta el siguiente plan con los siguientes objetivos:

- Presentación y tramitación administrativa ante Conaf, de un Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Cruces, el cual deberá contemplar las siguientes acciones:
  - a. Cierre de los caminos de acceso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces que fueron habilitados por la empresa para el desarrollo de las actividades de sondaje.
  - b. Instalación de señalética alusiva a la prohibición de transitar por fuera de caminos establecidos de ingreso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces.
  - c. Sellado y clausura de tubos de sondaje que actualmente se encuentren expuestos en terreno dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, así como retiro de residuos y vestigios de las actividades de sondaje de la empresa.

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

Como medio de verificación, la empresa Laguna Negro Francisco SpA deberá enviar a la Oficina Regional de Atacama de esta Superintendencia, una copia del Plan elaborado y el comprobante de su presentación ante Conaf.

Lo anterior, el Titular se compromete a definir las medidas de cierre y abandono para dar cumplimiento a lo señalado en la legislación vigente para prevenir, minimizar y/o controlar los efectos negativos que se presentarán con posterioridad al cese de operaciones de las instalaciones del Proyecto sobre la salud, seguridad de las personas y medio ambiente.

**Figura 1: Ubicación General**



<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1 Titular y Representante Legal

El titular de este proyecto es la Sociedad Laguna Negro Francisco SpA (en adelante LNF) y su representante legal es Aldo Boitano (Tabla 2-1)..

**Tabla 2-1. Titular y representante legal.**

<b>Nombre o razón social</b>	<b>Laguna Negro Francisco SPA</b>
RUT	76.844.777-2
Domicilio	Estoril 50 of 314, Las Condes 7591047
Nº teléfono	+562-32239222
<b>Representante legal</b>	<b>Aldo Jose Boitano de Moras</b>
Rut	9.405.936-4
Domicilio	Estoril 50 of 314, Las Condes 7591047
Ciudad	Santiago
Teléfono	+569-76694533
E-mail	aboitano@chileanlithiumsalars.com

### 2.2 Antecedentes legales de la propiedad minera

Las actividades de sondajes de exploración fueron realizados dentro las concesiones de exploración de en la cuenca de la Laguna del Negro Francisco, ubicadas en ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama (Tabla 2-2), cuyo titular es Lithium Salars Chile Pty Ltd., RUT 59.273.650-0 y socio de Laguna Negro Francisco SPA según consta en escritura pública de constitución de la sociedad. En Anexo E se presenta los antecedentes de las concesiones y servidumbres mineras.

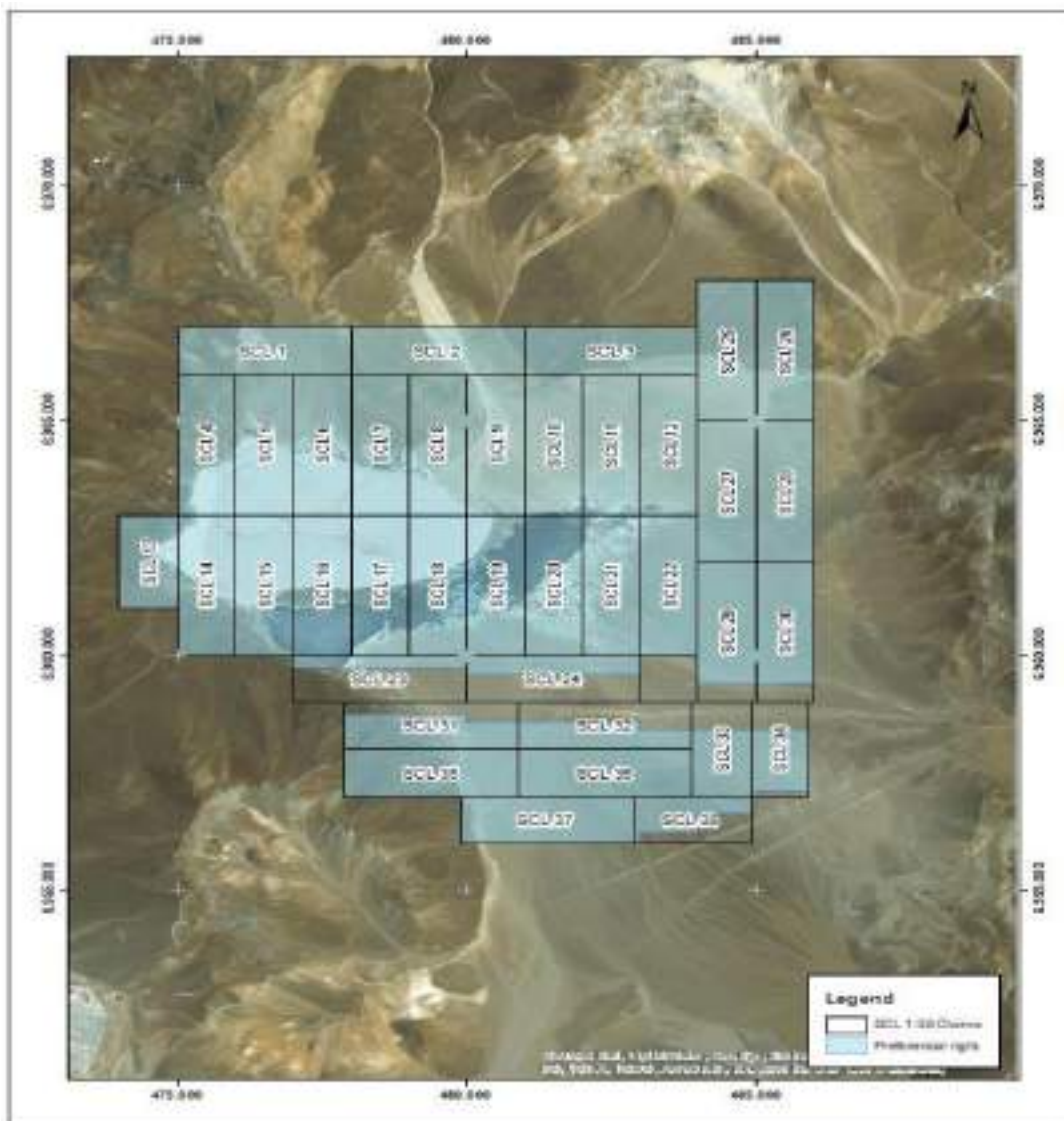
**Tabla 2-2. Concesiones mineras en las cuales se encuentran las instalaciones del PCOF.**

Nombre	Rol	Nombre	Rol
SCL 1	V-1168-2017	SCL 20	V-1173-2017
SCL 2	V-1169-2017	SCL 21	V-1170-2017
SCL 3	V-1175-2017	SCL 22	V-1169-2017
SCL 4	V-1167-2017	SCL 23	V-1171-2017
SCL 5	V-1168-2017	SCL 24	V-1168-2017
SCL 6	V-1173-2017	SCL 25	V-2009-2017
SCL 7	V-1170-2017	SCL 26	V-2009-2017
SCL 8	V-1170-2017	SCL 27	V-2006-2017
SCL 9	V-1167-2017	SCL 28	V-2010-2017
SCL 10	V-1166-2017	SCL 29	V-2008-2017
SCL 11	V-1172-2017	SCL 30	V-2008-2017
SCL 12	V-1175-2017	SCL 31	V-2005-2017

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

Nombre	Rol	Nombre	Rol
SCL 13	V-1171-2017	SCL 32	V-2009-2017
SCL 14	V-1172-2017	SCL 33	V-2007-2017
SCL 15	V-1174-2017	SCL 34	V-2007-2017
SCL 16	V-2079-2017	SCL 35	V-2004-2017
SCL 17	V-1171-2017	SCL 36	V-2008-2017
SCL 18	V-1170-2017	SCL 37	V-2006-2017
SCL 19	V-1173-2017	SCL 38	V-2003-2017

**Figura 2: Concesiones de Exploración Minera**



<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

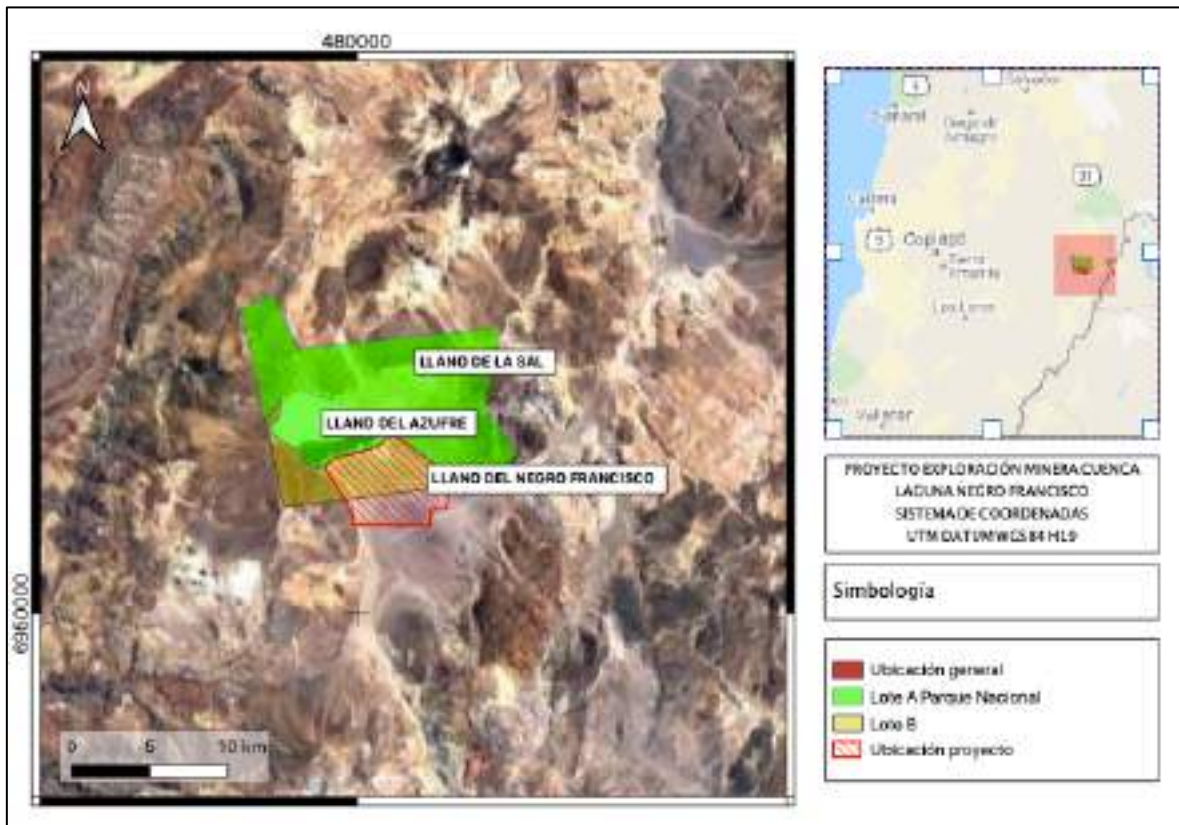
### 2.3 Ubicación del Proyecto

El proyecto se ubica en el sector Sur de la cuenca de la Laguna del Negro Francisco dentro de la superficie cubierta por concesiones de exploración (línea roja en Figura 3), y fuera de los límites del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces (polígono verde en figura 3).

De acuerdo a lo establecido Decreto N° 947 del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado con fecha 8 de Noviembre de 1994, que crea el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, dentro de los límites de este parque se encuentra el sector Laguna del Negro Francisco (Sector "Laguna del Negro Francisco" - Lote "A" - Plano III-2-3362 C., Polígono: "A-B-C-D-E-F-G-D'-C'-B'-A'-A" - Superficie = 12.137,5 Hás (Ver Figura 4)

Según lo establecido en el citado Decreto, Terrenos fiscales, al sur del sector Laguna del Negro Francisco del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces se encuentra el Lote B (superficie = 3.332,0 hás.), destinado al Ministerio de Defensa Nacional -Subsecretaría de Guerra. Y donde el lote A se ubica directamente al Norte del sitio del proyecto, por lo que no ejerce regulación sobre él (ver Figura 4).

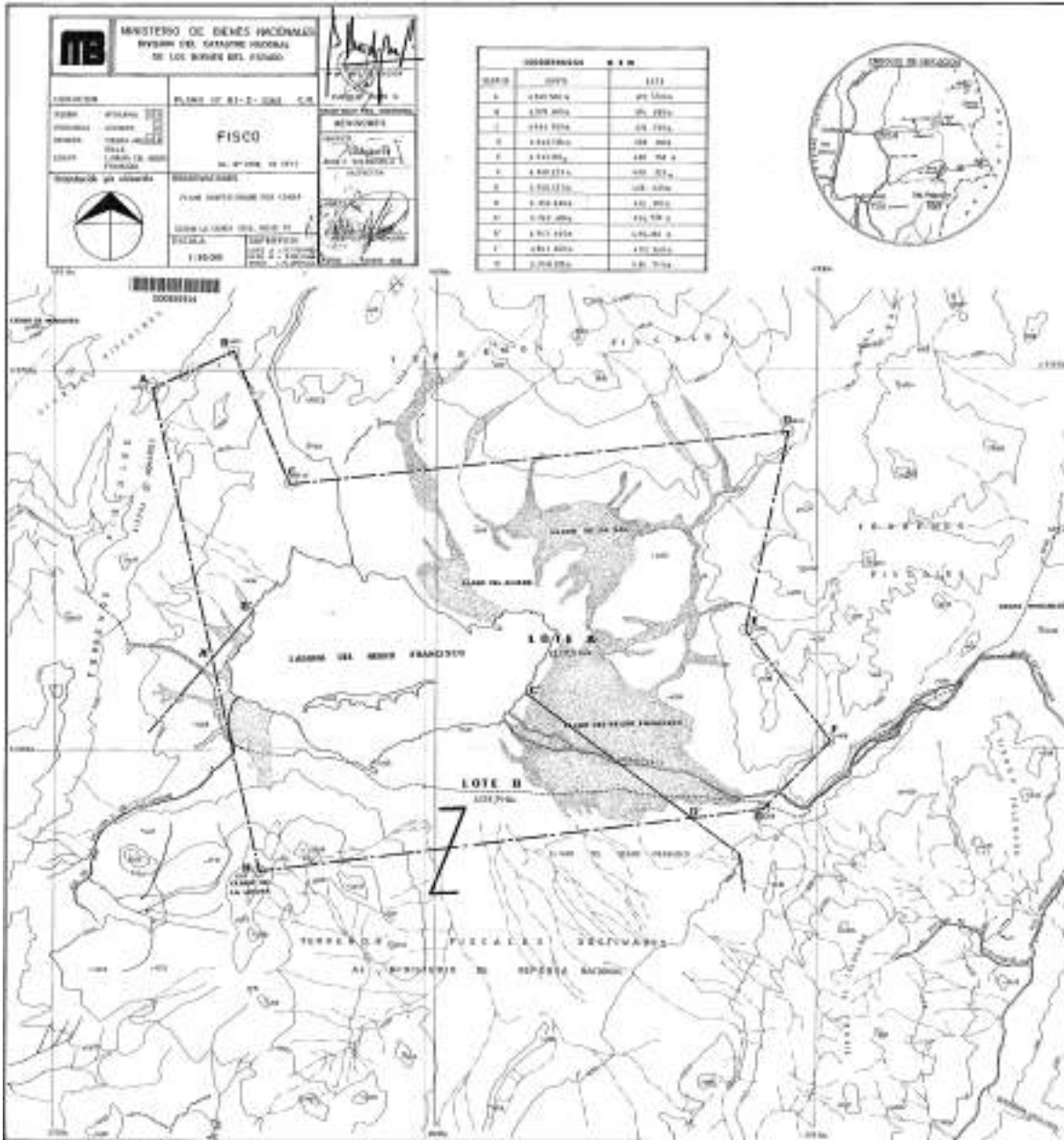
**Figura 2: Localización área del Proyecto**





<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

Figura 2: Localización Parque Nacional Nevado de Tres Cruces Decreto N° 974.



<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

## **2.4 COMPROMISOS ADQUIRIDOS EN PERMISOS aplicables al proyecto**

### **2.4.1 Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).**

- Resolución Exenta N° 85, de fecha 28 de agosto de 2018, el SEA resolvió que el proyecto no requería ingresar obligatoriamente al SEIA en forma previa a su ejecución. Se indican las medidas de cierre comprometidas para la ejecución del proyecto.
- Resolución Exenta N° 1319, de fecha 03 de agosto de 2020, la SMA resolvió ordenar medidas provisionales pre-procedimentales bajo la presentación y tramitación administrativa ante Conaf, de un Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Cruces

### **2.4.2 Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)**

- ORD. N° 5642 de fecha 16 de octubre de 2019, de Sernageomin , donde se indica una serie de medidas de cierre del proyecto, como la limpieza y retiro de residuos y de todas las instalaciones utilizadas, así como también señalar el área, al término de dichas actividades.

## **3. ALCANCES PLAN DE RETIRO Y CIERRE**

El Plan consiste en el diseño y ejecución de obras de retiro y cierre de un Plan de Retiro y Cierre de las obras de sondaje y asociadas al Proyecto, ejecutadas al interior del Parque Nevado Tres Cruces, el cual deberá contemplar las siguientes acciones en general:

- Cierre de los caminos de acceso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces que fueron utilizadas para el desarrollo de las actividades de sondaje.
- Instalación de señalética alusiva a la prohibición de transitar por fuera de caminos establecidos.
- Sellado y clausura de tubos de sondaje.
- Retiro de residuos y vestigios de las actividades de sondaje de la empresa.

### **3.1 Ubicación general de las instalaciones de cierre del proyecto**

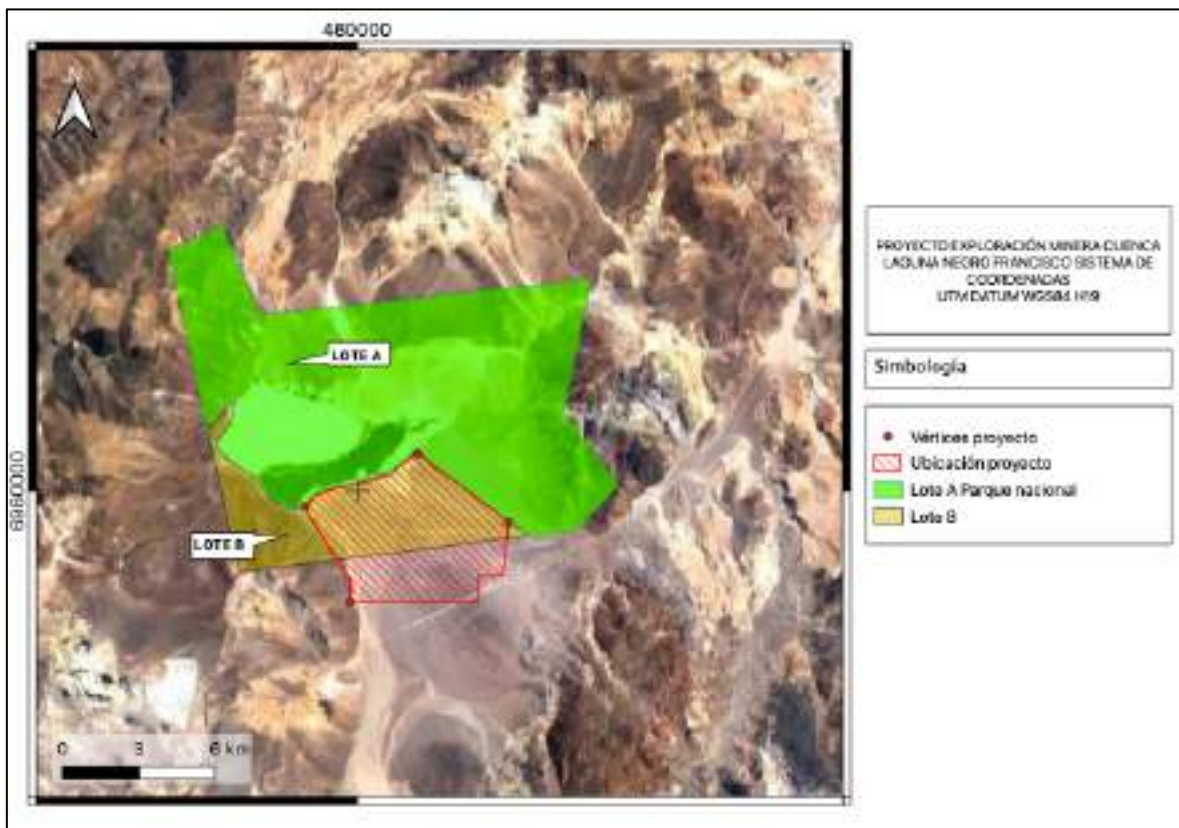
<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

Las coordenadas geográficas generales del área del proyecto se presenta en Tabla 3-1 (Figura 5) y de las instalaciones sujetas al Plan de retiro y cierre en Tabla 3-2 (Figura 6).

**Tabla 3-1. Coordenadas generales de emplazamiento instalaciones.**

Área	Coordenadas UTM DATUM WS84 H 19	
	Norte	Este
Área Proyecto	6.959.091	478.079
	6.961.020	482.163
	6.958.308	485.821
	6.956.095	479.963

**Figura 2: Ubicación del Área del Proyecto**

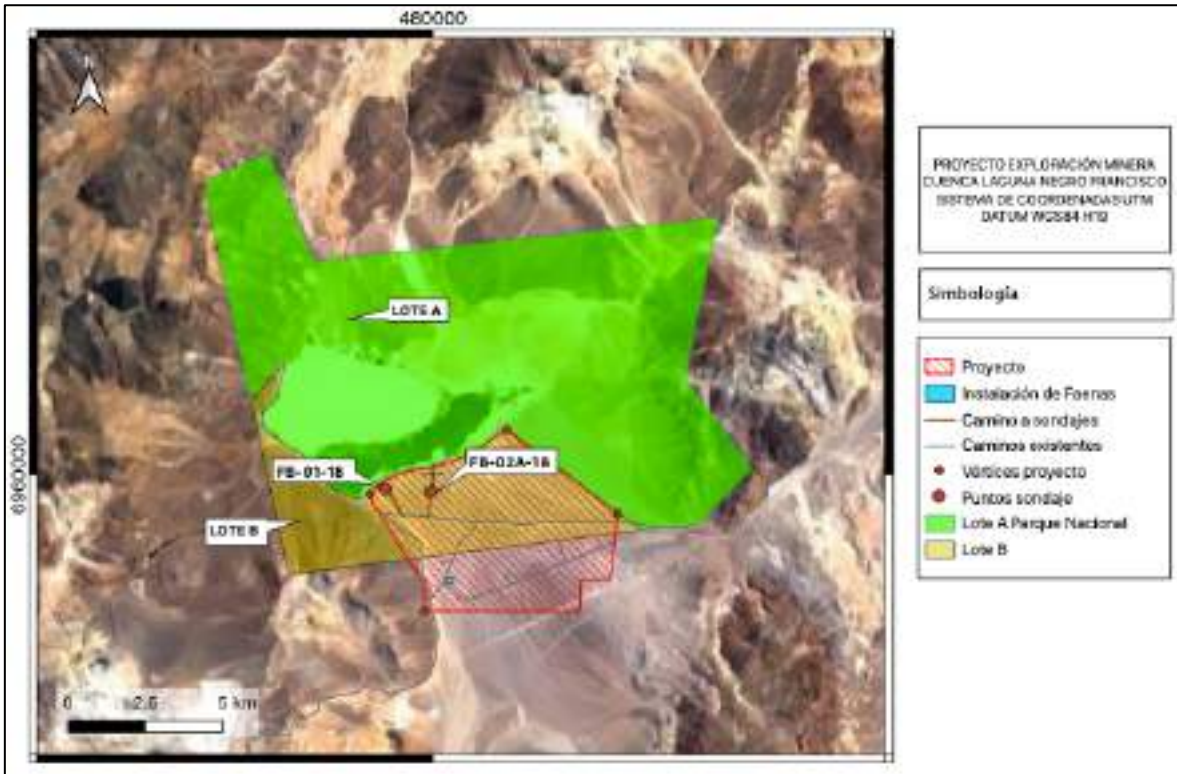


**Tabla 3-2. Coordenadas generales de emplazamiento Pozos Sondajes.**

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

Área	Coordenadas UTM DATUM WS84 HUSO 19 S	
	Norte	Este
Pozos - Sondajes	6.959.474	479.927
	6.959.557	478.461

**Figura 3: Ubicación general de instalaciones Pozos Sondajes.**



### 3.2 Accesos

Los accesos para la ejecución del Plan se realiza a través de las rutas existentes C-347 y C-353 que permiten el acceso al Proyecto, así como a huellas existentes ubicadas dentro del área (Figura 6).

LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA	PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS	SEPTIEMBRE 2020
	PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO	

#### 4. MEDIDAS DE CIERRE CIERRE DE LAS OBRAS DE SONDAJE Y ASOCIADAS

##### 4.1 Acciones de cierre establecidas resolución exenta n° 1319/2020

- a) Cierre de los caminos de acceso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces que fueron habilitados por la empresa para el desarrollo de las actividades de sondaje.
- b) Instalación de señalética alusiva a la prohibición de transitar por fuera de caminos establecidos de ingreso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces.
- c) Sellado y clausura de tubos de sondaje que actualmente se encuentren expuestos en terreno dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, así como retiro de residuos y vestigios de las actividades de sondaje de la empresa.

##### 4.2 Propuesta de medidas y actividades de cierre

Para asegurar el correcto cumplimiento de las acciones señaladas precedentemente, además de las comprometidas por el Proyecto, se propone lo indicado en Tabla 4-1:

**Tabla 4-1. Medidas y actividades de cierre consignados en permisos y propuestos.**

Nombre de la Acción	Medidas y actividades Propuesta de Cierre
Sellado y clausura de tubos de sondaje que actualmente se encuentren expuestos en terreno dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces	<p><u>Tubos de Sondaje:</u></p> <p>Las tuberías de sondaje serán selladas y se dejarán enterradas nivelando el terreno a las condiciones similares del entorno.</p> <p>Respecto de la tubería, ésta permanecerá enterrada, por lo que no existirán emisiones debidas a excavaciones y transporte de material. Respecto al tránsito de vehículos, éste será realizado empleando caminos existentes.</p> <p>Se mantendrán operativos los caminos principales de acceso y aquellos secundarios existentes para llevar a cabo estas actividades, una vez que concluya se realizará el cierre de éstos.</p>
Cierre de los caminos de acceso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces	<p><u>Caminos:</u></p> <p>Para evitar el ingreso inadvertido hacia el Parque Nacional Nevado Tres Cruces por huellas o caminos secundarios utilizados por el Proyecto se propone:</p>

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	<b>PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS</b>	SEPTIEMBRE 2020
	<b>PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO</b>	

<b>Nombre de la Acción</b>	<b>Medidas y actividades Propuesta de Cierre</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bloqueo o cierre para impedir el acceso.</li> <li>- Perfilamiento de la huella o camino secundario de acuerdo a pendiente del entorno.</li> <li>- Instalación de señalética.</li> </ul> <p>Se realizará el cierre de los accesos con un bloqueo de los caminos secundarios o huellas utilizadas. El bloqueo de los accesos se realizará mediante el levantamiento de bermas de baja altura con material del y del perfilamiento de acuerdo al entorno y empalme entre el camino publico y la huella o camino secundario utilizado, con el objeto de impedir el acceso de vehículos una vez concluidas las acciones de cierre.</p> <p>Las huellas o caminos secundarios serán reperfilados, dejándolos lo más parecido al relieve natural, con efectos mínimos de erosión.a las condiciones naturaleza del entorno en las zonas de bloqueo del acceso.</p>
Instalación de señalética alusiva a la prohibición de transitar por fuera de caminos establecidos de ingreso al Parque Nacional Nevado Tres Cruces.	<p><u>Señalética:</u></p> <p>Para evitar el ingreso inadvertido hacia el Parque Nacional Nevado Tres Cruces por huellas o caminos secundarios utilizados por el Proyecto se propone la Instalación de señalética.</p> <p>Se realizará la instalación de letreros o señalética de advertencia, con la prohibición (señales de transito) de acceso. La instalación de ésta se realizará en los accesos a caminos secundarios utilizados en el Proyecto (2 Letreros) uno para cada acceso a los puntos de sondajes, los cuales estarán ubicados en el empalme con el camino existente público C-347, donde serán bloqueados éstos caminos.Preliminarmente se tiene considerado que las señalizacione, serán de tamaño de 90 x 60 de acuerdo a la señalización de prohibición de tránsito y deberían contener la siguiente información: Prohibición de acceso, identificación de CONAF, identificación del área, teléfonos de comunicación, advertencia de riesgos asociados al ingreso sin autorización.</p>
Retiro de residuos y vestigios de las actividades de sondaje de la empresa	<p><u>Manejo de Residuos:</u></p> <p>Retiro de todos los escombros y residuos sólidos, sean éstos domésticos o industriales, para posteriormente ser llevados destino final ya sea como venta de chatarra o disposición en lugares autorizados.</p>

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	<b>PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS</b>	SEPTIEMBRE 2020
	<b>PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO</b>	

### 4.3 Cronograma del cierre de la faena

El cronograma tentativo propuesto para el Plan de retiro y cierre de la faena se implementara en un plazo de tres meses años (Tabla 4-2).

**Tabla 4-2. Cronograma del cierre de la faena.**

<b>Programa</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Presentación y aprobación Plan de Retiro y Cierre CONAF / SMA			
Sellado y clausura de tubos de sondaje			
Retiro de escombros			
Cierre de Caminos			
Retiro de escombros			
Instalación señalética			
Informe Final Post cierre			

## 5. PROGRAMA DE DIFUSIÓN POST-CIERRE

### 5.1 Objetivos del programa de difusión

El objetivo del programa es informar a las autoridades de las medidas realizadas y contenidas en el presente Plan de Cierre de la faena a objeto que se tome conocimiento del mismo.

Los objetivos específicos incluyen:

- Informar sobre el cierre de la faena a todas las partes interesadas en las actividades de la misma.
- Dar a conocer las actividades, condiciones finales de cierre de la faena y calendario de actividades a las partes interesadas, mediante informe final de cierre y/o reunión informativa.

### 5.2 Público Objetivo

El público objetivo está conformado por:

- Autoridades locales y regionales

<b>LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA</b>	<b>PLAN DE RETIRO Y CIERRE DE OBRAS</b>	SEPTIEMBRE 2020
	<b>PROYECTO EXPLORACION MINERA CUENCA LAGUNA NEGRO FRANCISCO</b>	

### 5.3 Cronograma de actividades

A continuación se presenta el cronograma para el Programa de Difusión indicando los meses del inicio del cierre (Tabla 5-1).

**Tabla 5-1. Cronograma para el Programa de Difusión.**

<b>Programa</b>	<b>Comunicación</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Presentación y aprobación Plan de Retiro y Cierre CONAF / SMA	Comunicación formal CONAF / Oficina Regional SMA			
Sellado y clausura de tubos de sondaje	Comunicación formal a todos CONAF SMA			
Retiro de escombros	Comunicación formal a todos CONAF SMA			
Cierre de Caminos	Comunicación formal CONAF			
Retiro de escombros	Comunicación formal a todos CONAF SMA			
Instalación señalética	Comunicación formal CONAF - Instalación			
Informe Final Post cierre	CONAF, SMA, Autoridades locales y Regionales			





# CleanTech Lithium



# Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado



INICIO

¿qué es?

¿CÓMO SE ADMINISTRA?

HISTORIA

GALERÍA FOTOGRÁFICA

ZONA NORTE DE CHILE

REGIÓN DE ATACAMA

PN

Parque Nacional  
Nevado de Tres Cruces

## Información climática

Copiapó

16°

Notas:

Jue, 8 Abr, 2021	☁ 17°C
Vie, 9 Abr, 2021	☁ 21°C
Sáb, 10 Abr, 2021	☁ 20°C

Mapa

Satélite





Kmz puntos de perforación del proyecto

Santiago, 07 de abril de 2021

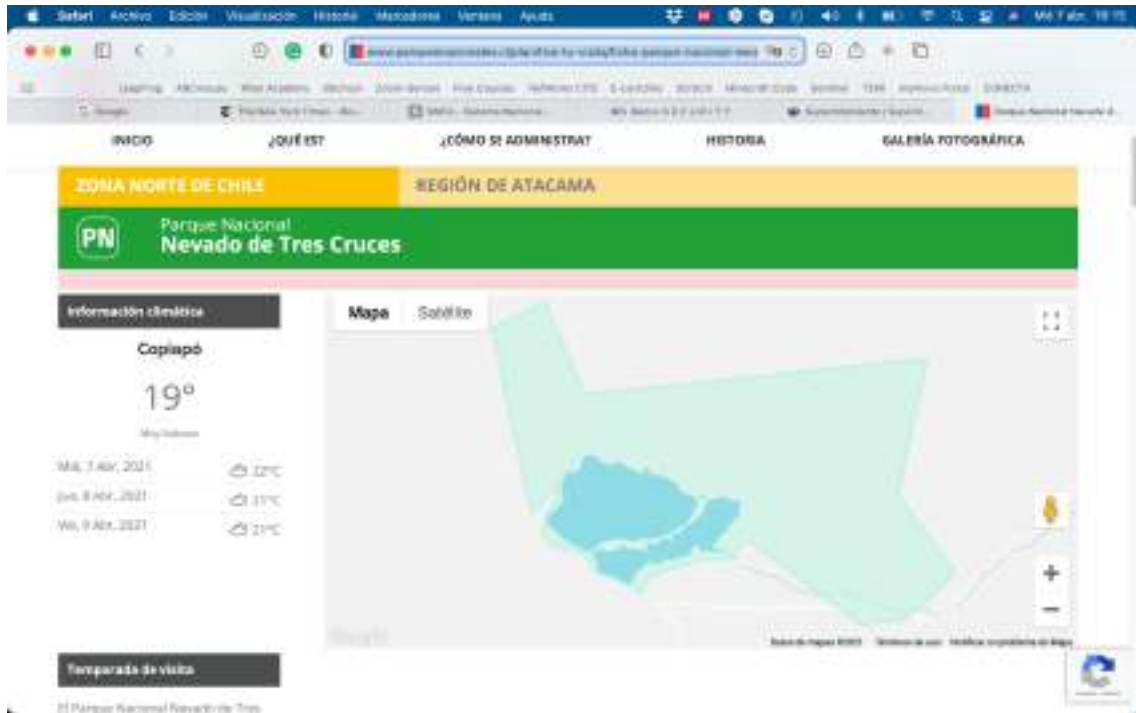
**Sr. Cristobal de la Maza**  
**Superintendente del Medio Ambiente**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**Presente**

**Ref.:** Antecedentes sobre Expediente MP-036-2020 basado en denuncia referida en Memorandum N°007\_2020 Atacama con fecha 18 de junio 2020. Parte Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

De nuestra consideración,

Por medio de la presente Laguna Negro Francisco SpA, de acuerdo a lo establecido en Memorandum N° 007\_2020 y que da origen la Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, y del Expediente MP-036-2020; asociados al Proyecto “Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” le solicitamos tengan a bien recibir nuestra información de que nuestro proyecto siempre ha estado fuera del Parque Nacional Nevado Tres Cruces; esto que se expuso en reunión con CONAF Atacama el día de ayer y donde CONAF ratifico lo anterior y que motivo el envío de una carta a SMA (con aviso por teléfono a CONAF Atacama antes de hacerlo) para subir al expediente (se adjunta) ha significado hoy un pronunciamiento por mail del director Regional de CONAF que también se adjunta.

Si bien nos manifestamos en respuesta al memorandum 007\_2020 de la ubicación fuera del parque de nuestro proyecto para manifestarse en la Resolución Exenta N° 2395 hay plazos y recursos establecidos en la Ley de los que no hicimos uso en su debido momento, insistimos en apelar a la nulidad o ilegalidad de este proceso toda vez que se funda en un hecho reconocido por el mismo denunciante CONAF y es que nuestro Proyecto esta fuera del Parque cuando la denuncia es que estamos dentro del parque. Adjuntamos además de lo mencionado un largo mail con personal de CONAF Atacama con antecedentes del mapa/plano que uso para ratificar lo que decimos y las diferencias con la ley y otros mapas que CONAF maneja y que precedió a la reunión y los planos al respecto. En ese sentido basta entrar al sitio web de CONAF en <http://www.parquesnacionales.cl/planifica-tu-visita/ficha-parque-nacional-nevado-de-tres-cruces/> y ver el mapa del parque correcto según lo interpretamos nosotros.



Esperando esta carta sea recibida de la mejor manera e incorporada al Expediente MP-036-2020

Le saluda atentamente,

**Aldo Boitano de Moras**  
Representante Legal  
Laguna Negro Francisco SpA

# Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2009-2012

Se puede descargar en la siguiente dirección: [http://www.ramsar.org/ris/key\\_ris\\_index.htm](http://www.ramsar.org/ris/key_ris_index.htm).

*Categorías aprobadas en la Recomendación 4.7 (1999) y modificadas por la Resolución VIII.13 de la 8ª Conferencia de las Partes Contratantes (2002) y Resoluciones IX.1, Anexo B, IX.6, IX.21 y IX. 22 de la 9ª Conferencia de las Partes Contratantes (2005).*

## Notas para el compilador de la información:

1. La FIR ha de ser llenada como se indica en la *Nota explicativa y lineamientos para llenar la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar* adjunta. Se ruega encarecidamente al compilador que lea estas orientaciones antes de llenar la FIR.
2. Puede encontrar más información y orientaciones de apoyo a las designaciones de sitios Ramsar en el *Marco estratégico para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional* (Manual de Ramsar para el uso racional N° 14, 3ª edición). Está en preparación una 4ª edición del Manual estará disponible en 2009.
3. Una vez llenada, se ruega mandar la FIR (y el o los correspondientes mapas) a la Secretaría de Ramsar. El compilador debe facilitarle un ejemplar electrónico de la FIR (MS Word) y, de ser posible, ejemplares digitales de todos los mapas.

---

## 1. Nombre y dirección del compilador de la Ficha:

**Compilador:** Moisés P. Grimberg Pardo  
Jefe Departamento de Áreas Silvestres Protegidas  
Corporación Nacional Forestal Región Atacama  
**Dirección:** Juan Martínez 55, Copiapó, Región Atacama  
**Teléfono:** 56-52-213404  
**E-mail:** [atacama.oirs@conaf.cl](mailto:atacama.oirs@conaf.cl) ; [moises.grimberg@conaf.cl](mailto:moises.grimberg@conaf.cl)

PARA USO INTERNO DE LA OFICINA DE RAMSAR.

DD MM YY

--	--	--

Designation date

--	--	--	--	--	--

Site Reference Number

---

## 2. Fecha en que la Ficha se llenó /actualizó:

Finalizada el 23 de junio del 2011, recibida el 17 de Noviembre de 2009

---

## 3. País:

Chile

---

## 4. Nombre del sitio Ramsar:

El nombre exacto del sitio designado en uno de los tres idiomas oficiales (inglés, francés o español) de la Convención. Los nombres alternativos, incluido en el idioma o idiomas locales, deben figurar entre paréntesis a continuación de ese nombre exacto.

Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa

---

## 5. Designación de nuevos sitios Ramsar o actualización de los ya existentes:

Esta FIR es para (marque una sola casilla):

- a) Designar un nuevo sitio Ramsar ; o  
b) Actualizar información sobre un sitio Ramsar existente

---

**6. Sólo para las actualizaciones de FIR, cambios en el sitio desde su designación o anterior actualización:**

**a) Límite y área del sitio**

El límite y el área del sitio no se han modificado:

Si el límite del sitio se ha modificado:

- i) se ha delineado el límite con más exactitud ; o
- ii) se ha ampliado el límite ; o
- iii) se ha restringido el límite\*\*

y/o

Si se ha modificado el área del sitio:

- i) se ha medido el área con más exactitud ; o
- ii) se ha ampliado el área ; o
- iii) se ha reducido el área\*\*

\*\* Nota importante: Si el límite y/o el área del sitio designado está en proceso de restricción/reducción, la Parte Contratante debería haber seguido los procedimientos establecidos por la Conferencia de las Partes en el Anexo a la Resolución IX.6 de la COP9, y haber presentado un informe en consonancia con el párrafo 28 de ese anexo, antes de presentar y actualizar la FIR.

**b) Describa brevemente cualquier cambio importante que se haya producido en las características ecológicas del sitio Ramsar, incluyendo la aplicación de los criterios, desde la anterior FIR para el sitio.**

La experiencia de CONAF en torno a conocer el comportamiento del sitio a través de tiempo se ha basado en monitoreos de fauna y la observación de los cuerpos de agua superficial de dichos ecosistemas. Respecto a los monitoreos de fauna amenazada las poblaciones de flamencos y camélidos altoandinos han permanecido en general estables. Respecto a los espejos de agua superficial, a través de la observación por parte de guardaparques del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, se ha observado una reducción en el cuerpo de agua de la Laguna del Negro Francisco. No obstante, con la información que se maneja al momento de la elaboración de esta ficha, no es posible determinar los probables cambios que han ocurrido en las características ecológicas desde la designación del sitio.

No existen estudios científicos previos, de conocimiento de CONAF, que expliquen las razones de la reducción del cuerpo de agua de la laguna del Negro Francisco, si bien la actividad productiva preponderante en la cuenca que involucra a este sitio es la minería. Al respecto, existe una permanente demanda de territorios aledaños al Sitio Ramsar en torno a proyectos mineros que demandan a su vez, gran cantidad recursos hídricos presentes en la zona, los que podrían afectar las napas freáticas que aportan al sitio. Por tanto, es pertinente realizar estudios que permitan establecer criterios en torno al caudal ecológico que permita asegurar el mantenimiento de los acuíferos que sustentan las vegas, bofedales y la biodiversidad asociada de estos ecosistemas altoandinos.

---

**7. Mapa del sitio:**

Véanse las orientaciones detalladas sobre suministro de mapas en regla, incluidos los mapas digitales, que figuran en el anexo III de la *Nota explicativa y lineamientos*.

**a) Se incluye un mapa del sitio, con límites claramente delineados, con el siguiente formato:**

- i) **versión impresa** (necesaria para inscribir el sitio en la Lista de Ramsar)
- ii) **formato electrónico** (por ejemplo, imagen JPEG o ArcView)
- iii) **un archivo SIG con tablas de atributos y vectores georreferenciados sobre los límites del sitio**

**b) Describa sucintamente el tipo de delineación de límites aplicado:**

Por ejemplo, el límite coincide con el de un área natural protegida existente (reserva natural, parque nacional, etc.), o sigue una divisoria de captación de aguas, o una divisoria geopolítica como una jurisdicción de un gobierno local, sigue límites físicos como carreteras, una línea de costa o la ribera de un río, etc.

La delimitación del Sitio Ramsar considera tres grandes sectores: dos sectores del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces (unidad que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado chileno) y sector denominado corredor biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, que une los otros dos sectores. Este corredor es de vital importancia para el tránsito de avifauna altoandina y camélidos (vicuñas, ), y además, a través de él pasa uno de los principales afluentes y aportadores de agua a las lagunas, denominado río Astaburoaga, que en cierto lugar del corredor se divide, fluyendo una parte hacia la Laguna Santa Rosa y otra parte hacia la Laguna del Negro Francisco. Asimismo, el sitio cuenta con otro sector de menor tamaño, que corresponde al bofedal del Río La Gallina.

Referencia importante para acceder al sitio Ramsar es el acceso al Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, a través del camino internacional hacia Argentina, que atraviesa el llano Ciénaga Redonda, en dirección Sur hasta llegar al Río Lamas.

A continuación, se describe brevemente cada uno de los sectores:

**Sector A: Laguna Santa Rosa:**

A partir del río Lamas, en dirección al Este, los límites en este sector del Sitio Ramsar, el más septentrional, están definidos por la unión de las altas cumbres del cerro Portezuelo (4.842 m.s.n.m.), y el cerro Ciénaga Redonda (4.533 m.s.n.m). Hacia el Norte, el límite lo conforma el salar de Maricunga, cuya altitud promedio 3.750 m.s.n.m. Un tercio de este salar forma parte del sitio (también del parque nacional). La laguna Santa Rosa, que le da el nombre a este sector del sitio, y a su vez , a uno de los sectores del parque nacional, se encuentra en el límite Sur del salar de Maricunga. Desde esta laguna, hacia el Oeste, los límites van por las altas cumbres de varios cerros, que oscilan entre los 4.000 m.s.n.m. y los 4.885 m.s.n.m (cerro Santa Rosa). El límite Sur de este sector esta dado por una línea recta desde el cerro Santa Rosa en dirección al Este, hacia el cerro Ciénaga Redonda.

**Sector B: Pantanillo-Ciénaga Redonda (Corredor Biológico):**

Desde el límite Sur del sector anterior y por el costado Este del cerro Ciénaga Redonda en dirección Sur por el camino vehicular que conecta los sectores A y C, se encuentra el sector Pantanillo-Ciénaga Redonda, que presenta áreas o parches de vegetación que corresponden a vegas y bofedales, los cuales a su vez conforman un corredor biológico, cuyos lugares de más importancia son: bofedal Ciénaga Redonda, bofedal Quebrada Villalobos, vega Barros Negros y vega Pantanillo.

**Sector C : Laguna del Negro Francisco:**

Este es el sector más al Sur del Sitio Ramsar (también es parte del parque nacional), junto con el sector D. Se encuentra ubicado al Sur del corredor biológico, e incluye parte del Río Astaburuaga, que viene de Sur a Norte por la quebrada Pantanillo, para luego desviarse en dirección Sur-Oeste hacia la Laguna del Negro Francisco. Esta laguna está ubicada en la última cuenca endorreica altiplánica de Chile, en términos latitudinales. En el límite Norte del sitio, lo bordea la Sierra de Monardes, por el Oeste, y la Cordillera de Darwin y el volcán Copiapó, por el Norte. El límite Sur, corresponde al borde sur de la Laguna del Negro Francisco, con el sur-este del Llano del Negro Francisco.

**Sector D: Bofedal del río La Gallina:**

Proporcionalmente, este sector es de superficie muy pequeña en relación a los tres restantes. Es un bofedal que se encuentra aledaño a la laguna del Negro Francisco y está ubicado en dirección Sur-Oeste del sector C del sitio.

---

**8. Coordenadas geográficas** (latitud / longitud, en grados y minutos):

Proporcione las coordenadas del centro aproximado del sitio y/o los límites del mismo. Si éste se compone de más de un área separada, proporcione las coordenadas de cada una de esas áreas.

A continuación, se indican las coordenadas geográficas de los de los centros aproximados del sitio. No obstante, en el ANEXO 1, se incluyen TODAS las coordenadas de delimitación del sitio.



**Sector A: Laguna Santa Rosa** 27°04'S 69°10'O

**Sector B: Corredor Biológico**

Área 1: Bofedal Cienaga Redonda 27°09'S 69°00'O  
 Área 2: Bofedal Quebrada Villalobos 27°12'S 69°01'O  
 Área 3: Vega Barros Negros 27°16'S 69°00'O  
 Área 4: Vega Pantanillo 27°21'S 69°00'O

**Sector C: Laguna del Negro Francisco** 27°27'S 69°13'O

**Sector D: Bofedal del Río La Gallina** 27°30'S 69°17'O

**9. Ubicación general:**

Indique en qué parte del país y en qué gran(des) región(es) administrativa(s) se halla el sitio, así como la ubicación de la localidad importante más cercana.

El sitio está localizado en la Región de Atacama (254.336 habitantes), Provincia de Copiapó, comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, aproximadamente a 230 Km. de la ciudad de Copiapó (155.713 habitantes), Chile.

**10. Altitud:** (en metros: media y/o máxima y mínima)

**Sector A: Laguna Santa Rosa** 3.760 m.s.n.m. (máxima)

**Sector B: Corredor Biológico**

Área 1: Bofedal Cienaga Redonda 3.946 m.s.n.m. (máxima)  
 Área 2: Bofedal Quebrada Villalobos 4.030 m.s.n.m. (máxima)  
 Área 3: Vega Barros Negros 4.089 m.s.n.m. (máxima)  
 Área 4: Vega Pantanillo 4.172 m.s.n.m. (máxima)

**Sector C: Laguna del Negro Francisco** 4.110 m.s.n.m. (máxima)

**Sector D: Bofedal del Río La Gallina** 4.363 m.s.n.m. (máxima)

**11. Área:** (en hectáreas)

El Sitio Ramsar consta de 62.460 ha, las cuales fueron designadas y constituidas en el año 1996.

Sector A: Laguna Santa Rosa	38.950 hectáreas
Sector B: Corredor Biológico	11.057 hectáreas
Sector C: Laguna del Negro Francisco	12.138 hectáreas
Sector D: Bofedal del Río La Gallina	<u>315 hectáreas</u>
<b>Total Sitio RAMSAR</b>	<b>62.460 hectáreas</b>

**12. Descripción general del sitio:**

Describe sucintamente en un corto párrafo las principales características ecológicas y la importancia del humedal.

El sitio está conformado principalmente por dos lagunas, tres bofedales y dos vegas. A continuación de hace una descripción general de ellos:

La laguna Santa Rosa es un humedal de tipo continental que se encuentra al sur del salar de Maricunga, conectado a éste por un canal de ancho variable que constituye dos cuerpos de agua de forma subtriangular, los cuales son aprovechados por las aves migratorias que llegan en la época estival. Este humedal presenta distintas conformaciones naturales, por lo cual se produce una segregación vegetacional

y faunística bien definida. La vegetación corresponde al tipo de vegas y bofedales y se distribuye de acuerdo a la gradiente de salinidad.

El corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda conecta a la laguna del Negro Francisco y a la laguna Santa Rosa, sectores del Sitio Ramsar que a su vez son parte del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, proporcionando refugios temporales para aves migratorias y un lugar adecuado para que puedan desarrollar sus ciclos biológicos. Las aves presentes en este sector presentan una riqueza superior a las 40 especies, destacándose las tres especies de flamencos (flamenco andino, flamenco chileno y flamenco de james). Para los mamíferos mayores, el corredor biológico representa un sector de refugio y alimentación, principalmente para los guanacos (*Lama guanicoe*) y vicuñas (*Vicugna vicugna*). Esto se ve reflejado en los informes de censos de camélidos, siendo el sector con mayor abundancia del sitio. El sector está constituido por quebradas y afloramientos de aguas subterráneas, y cursos de agua, entre los que se cuentan el río Villalobos y el río Astaburuaga, cuyas aguas originan un ambiente de vegas y bofedales, entre las que destacan, el bofedal de Ciénaga Redonda, la quebrada Villalobos y las vegas de Barros Negros y Pantanillo.

Las formaciones vegetacionales asociadas a este sector son principalmente bofedales, vegas y pajonales que se caracterizan por ser de estratos bajos, de características turbosas y asociados a cuerpos de aguas ya sean superficiales o subterráneas.

La laguna del Negro Francisco (Región de Atacama) constituye el espejo de agua más importante al sur del Salar de Atacama (Región de Antofagasta). Se trata de un humedal de tipo continental, compuesto a su vez, de una laguna salobre y otra salada, separadas por un cordón de material de aluvión y conectadas por un canal pegado a la orilla sur. En la Región de Atacama, representa el sitio de mayor concentración de las tres especies de flamencos sudamericanos, y el área más austral de distribución de la parina grande o flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*). El principal aporte de la laguna es el río Astaburuaga, el cual conforma una desembocadura con afloramientos subterráneos, donde se concentra la mayor cantidad de especies de aves limnícolas de la puna atacameña, especialmente chorlos y playeros, especies migratorias del hemisferio norte. Se presenta como un notable elemento regulador de los componentes bióticos y abióticos que forman la base de las tramas tróficas de los ecosistemas andinos de la región.

Finalmente, está el bofedal del río La Gallina, de menor superficie aunque importante, ya que aporta con aguas subterráneas a la laguna del Negro Francisco, y al igual que los otros bofedales que componen el sitio, es un lugar de preferencia para la nidificación de patos y otras aves.

### 13. Criterios de Ramsar:

Ponga una cruz en la casilla que se encuentre bajo el número correspondiente a cada Criterio aplicado para designar el sitio Ramsar. Véanse los Criterios en el anexo II de *Notas explicativas y lineamientos* y las instrucciones para aplicarlos (aprobadas en la Resolución VII.11). Marque con una cruz las casillas de todos los criterios que se aplican para el sitio.

1	•	2	•	3	•	4	•	5	•	6	•	7	8	•	9
<input type="checkbox"/>		x		x		x		<input type="checkbox"/>		x		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

### 14. Justificación de la aplicación de los criterios señalados en la sección 13 anterior:

Justifique la aplicación de los criterios señalados refiriéndose a ellos uno por uno y especificando a qué criterio se refiere cada explicación justificativa (Ver el anexo II, donde se dan orientaciones sobre modalidades aceptables de justificación).

**Criterio 2:** En la laguna del Negro Francisco, la laguna Santa Rosa y el corredor biológico Pantanillo Ciénaga Redonda, es posible encontrar la comunidad faunística denominada Comunidad de los Salares. Entre las especies que la conforman se encuentran tres especies de flamencos sudamericanos, a saber, el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*), todas catalogadas como “vulnerables”; el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), considerada “vulnerable”; la tagua cornuda (*Fulica cornuta*) catalogada como “vulnerable”, la gaviota andina (*Larus serranus*), considerada “rara”. Entre los mamíferos, están el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña

(*Vicugna vicugna*), ambas catalogadas “en peligro”. Esta última especie, se distribuye a lo largo de todo el corredor biológico Pantanillo Ciénaga Redonda, desde el río Astaburuaga por el sur hasta la vega Ciénaga Redonda por el norte y representa casi un 50% del total de vicuñas censadas anualmente.

La siguiente tabla, compara para las especies antes señaladas, las categorías internacionales de la UICN con las categorías nacionales que indica la Ley de Caza chilena.

Especie	Categoría UICN	Ley de caza, 2009
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Vulnerable	Vulnerable
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Near threatened (casi anemazado)	Vulnerable
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Near threatened (casi anemazado)	Vulnerable
<i>Chloephaga melanoptera</i>	Near threatened (casi anemazado)	Vulnerable
<i>Fulica cornuta</i>	Near threatened (casi anemazado)	Vulnerable
<i>Larus serranus</i>	Near threatened (casi anemazado)	Vulnerable
<i>Tinamotis pentlandii</i>	Least concern (preocupación menor)	Vulnerable
<i>Lama guanicoe</i>	Least concern (preocupación menor)	En Peligro
<i>Vicugna vicugna</i>	Least concern (preocupación menor)	En Peligro

Fuente: Departamento de Áreas Silvestres Protegidas – CONAF Atacama, 2010

**Criterio 3:** En la laguna Santa Rosa la fauna puede estar representada por 49 especies, correspondiendo 41 a aves y 8 a mamíferos, conformándose esta laguna en un lugar con una importante diversidad biológica. De estas especies, el 32.6% de ellas presenta algún problema de conservación. En el **corredor biológico Pantanillo Ciénaga Redonda** es posible encontrar 28 especies, de las cuales 20 especies corresponden a aves, 5 a mamíferos y a 3 reptiles. En la **laguna del Negro Francisco** es posible encontrar 44 especies, de las cuales 32 corresponden a aves, 4 a reptiles y 8 a mamíferos, representando esta laguna. De estas especies, el 25% de ellas presenta algún problema de conservación. Algunas de las especies que es posible observar tanto en las lagunas como en el corredor biológico son migratorias, sobre todo aves, las cuales permanecen en la región biogeográfica durante la temporada estival.

**Criterio 4:** En el período estival del hemisferio sur, llegan hasta el sitio una variedad de aves migratorias provenientes del hemisferio norte, utilizando las lagunas del Sitio Ramsar como punto de parada para principalmente descansar y alimentarse. En el caso de algunas aves, como por ejemplo la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), se observa apareamiento en el mes de noviembre, mientras que otras aves, por ejemplo, la tagua cornuda (*Fulica cornuta*), el pato juarjuel (*Lophonetta specularioides*), el piuquén (*Chloephaga melanoptera*) y la gaviota andina (*Larus serranus*), nidifican en ambas lagunas.

**Criterio 6:** Basado en los registros de Wetlands International, las poblaciones de aves acuáticas que alcanzan el umbral del 1% en el sitio son aquellas relativas a los flamencos sudamericanos: el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) presenta una población de 1409 individuos, la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) 3176 ejemplares y la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) 1248 individuos, cifras promedio logradas a partir de los censos ejecutados en los últimos 5 años (2007-2011). En particular, el censo estival del año 2011 logró las siguientes cifras: 1252 individuos para flamenco chileno, 1971 para flamenco andino y 1882 para flamenco de james. Asimismo, otra población que alcanza el umbral del 1% es la de la tagua cornuda (*Fulica cornuta*), con 1017 ejemplares en promedio, considerando los últimos cinco años. Para esta especie, el censo estival del año 2011, registró 1337 individuos.

Con respecto a distribución de estas especies, se señala lo siguiente: el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) se distribuye en todo Chile, en las costas de la zona central y sur del país; también se encuentra en Perú, Brasil, Uruguay, Bolivia y Argentina. La parina grande o flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) habita en el altiplano chileno, entre las regiones de Tarapacá y Atacama, y también en el altiplano de Argentina, Bolivia y Perú. La parina chica o flamenco de james (*Phoenicoparrus jamesi*), también se distribuye en el altiplano chileno, entre las regiones de Tarapacá y Atacama, así como en el altiplano de Argentina,

Bolivia y Perú. Cabe destacar que el flamenco andino, debido a que presenta una distribución más restringida y con una cantidad de individuos totales bastante menor en comparación con el flamenco chileno y el de james, llega a poblaciones de 40.000 individuos, mientras las poblaciones de flamenco chileno o de james superan los 200.000 ejemplares, respectivamente. El flamenco andino, en la época estival se cuenta prácticamente sólo con un 5% de la población total. Finalmente, para la especie tagua cornuda (*Fulica cornuta*), que habita en el altiplano chileno, su distribución en Chile está entre las regiones de Tarapacá y Atacama, y también vive en Argentina y Bolivia.

---

**15. Biogeografía** (requerido cuando se aplican los criterios 1 y/o 3 y en algunos casos de designación con arreglo al Criterio 2):

Indique la región biogeográfica donde se halla el sitio Ramsar y el sistema de regionalización biogeográfica que se ha aplicado.

**a) región biogeográfica:**

Región Neotropical

**b) sistema de regionalización biogeográfica** (incluya referencia bibliográfica):

De acuerdo a la clasificación y distribución geográfica de la vegetación (Gajardo, 1993), los humedales del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco – Laguna Santa Rosa se encuentran inmersos en la Región de la Estepa Altoandina, Sub-región del Altiplano y la Puna. El complejo abarca dos formaciones vegetales: a) Estepa Desértica de los Salares Andinos, en la cual el paisaje está dominado por la presencia de los grandes salares andinos y cuya vegetación es muy rala; y b) Desierto Altoandino del Ojos del Salado, de altitud excepcional, en su mayor parte sobre los 5000 m.s.n.m.

En el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco – Laguna Santa Rosa se encuentran dos comunidades de fauna (Mann, 1960): la Comunidad de los Salares y la Comunidad de la Puna Desértica. La Comunidad de los Salares se encuentra inserta dentro del Bioma del Desierto, por sobre los 3.000 m.s.n.m., altitudes en las cuales se encuentran las últimas manifestaciones de las cuencas endorreicas del Norte de Chile, que presentan comunidades faunísticas particulares. La fauna silvestre se estructura principalmente en torno de los espejos de agua de los salares y lagunas, y de la vegetación de los humedales andinos, producidos por afloramientos de agua o meandros de los ríos. El salar de Maricunga, la laguna Santa Rosa y la laguna del Negro Francisco, son áreas de concentración, alimentación y/o nidificación. La Comunidad de la Puna Desértica se encuentra inserta dentro del Bioma Altomontano, se localiza en una media de 5000 m.s.n.m. siendo favorecida o desmedrada por la mayor o menor disponibilidad de agua.

---

**16. Características físicas del sitio:**

Describa, según proceda: aspectos geológicos y geomorfológicos; orígenes - naturales o artificiales; hidrología; tipo de suelo; calidad del agua; profundidad y grado de permanencia del agua; fluctuaciones del nivel del agua; variaciones de las mareas; cuenca de escurrimiento; clima general, etc.

Geomorfológicamente, los sectores de la laguna Santa Rosa, del salar de Maricunga y de la laguna del Negro Francisco, pertenecen o están incluidas en las cuencas interandinas cerradas, es decir, corresponden a grandes depresiones endorreicas con características de altiplanicie, confinadas por cordones volcánicos rumbo Norte – Sur y otras menores de rumbo Este – Oeste. Las depresiones se encuentran ocupadas por grandes masas de sedimentos recientes y en sus puntos más bajos por salares y lagunas de agua salobre sin desagüe visible. El cordón oriental coincide con el límite internacional que posee cumbres entre los 4800 m.s.n.m y los 5000 m.s.n.m.

En la zona de las cuencas cerradas, el paisaje litológico es enteramente volcánico. Los cordones están constituidos por sucesivos aparatos volcánicos donde dominan las lavas andesíticas y basálticas, muchas veces de textura porfírica. En estas latitudes se pone término a las manifestaciones volcánicas. Estas depresiones están ocupadas por masas de clastos semiredondeados constituidos petrográficamente de lavas y piroclastos. La quebrada de Ciénaga Redonda que forma parte del corredor biológico, presenta a

un kilómetro de su boca, un tipo de angostura, en lava andesítica, de textura porfírica. La laguna del Negro Francisco y su bolsón adyacente están ubicados en una extensa fosa tectónica.

En cuanto al balance hídrico, la **laguna Santa Rosa** recibe un aporte de 6 litros/segundo, sus aguas poco aportan al canal que la une al salar de Maricunga 1,5 l/s, y no se conocen infiltraciones para esta laguna.

En el caso de la **laguna del Negro Francisco**, las dos lagunas que la conforman reciben un volumen de aporte similar, 258 l/s para la laguna salobre y 229 l/s para la laguna salada. No obstante, la laguna salobre es abierta, con un caudal saliente de unos 20 a 30 l/s, lo que limita su salinidad a valores inferiores a 10 g/l; mientras, la laguna salada, que es totalmente cerrada, solamente puede perder salmueras por infiltración con un flujo probablemente inferior a 1 l/s.

La profundidad de la **laguna Santa Rosa** está estimada en 1,20 metros. En su sector más profundo, en tanto, la **laguna del Negro Francisco** alcanza una profundidad de 1,50 m. Ambas lagunas poseen aguas permanentes, que se congelan en invierno.

El clima del Sitio Ramsar corresponde al Desierto Frío de Montaña, el cual se define como un desierto frío donde el ritmo de las temperaturas está determinado por la altitud. La característica más importante de este ambiente es la gran sequedad del aire y las diferencias térmicas estacionales y diurnas. El día es más o menos templado a causa de la insolación directa, pero las noches pueden ser notablemente frías, con temperaturas que alcanzan los  $-30^{\circ}\text{C}$ . Se estima que el promedio anual de precipitación en este sitio es de 100 a 120 mm.

En el sector **laguna Santa Rosa** existen varios arroyos cuenca arriba, que portan importantes recursos de agua. Sin embargo, el arsénico limita notablemente su uso potable. Además, la salinización por antiguas salmueras aumenta la salinidad de algunas napas, muy por encima de las normas chilenas de potabilidad o de riego. A pesar de esto, la potencialidad de la cuenca en recurso de agua es buena. Mezclando varias aguas se puede bajar su contenido en arsénico. Por otra parte, las reservas hídricas parecen altas, por el número elevado de arroyos existentes.

En el sector **laguna del Negro Francisco**, las aguas de mejor calidad para el consumo humano y el riego se encuentran al oeste de la cuenca. Varias otras aguas diluidas, no cumplen con las normas chilenas de potabilidad y riego, debido a un exceso de arsénico. Por ejemplo, uno de los aportes tiene una salinidad no muy elevada pero una concentración en arsénico 30 veces superior a la norma de potabilidad. El río Astaburuaga cumple con las exigencias de potabilidad para todos sus componentes excepto para el arsénico, el cual se encuentra 6 veces por encima de la norma. En resumen, las aguas diluidas del Este de la cuenca son abundantes, pero su calidad no es muy buena, especialmente por el contenido de arsénico; mientras que las aguas del Oeste no son importantes, pero sí de buena calidad.

Fuente: CONAF. 1997

---

### 17. Características físicas de la zona de captación:

Describa su extensión, características geológicas y geomorfológicas generales, tipo de suelos en general, y clima (incluyendo el tipo de clima)

La cuenca de la **laguna Santa Rosa** cubre una superficie 3045 km<sup>2</sup>, mientras que la cuenca de la **laguna del Negro Francisco** tiene una extensión de 933 km<sup>2</sup>. El sitio se encuentra inserto en la denominada provincia fisiográfica del Altiplano, cuyos principales rasgos son las cuencas cerradas de las lagunas, además de los volcanes que rodean estas áreas planas de drenaje interior. Las terrazas casi continuas que bordean los ríos que alimentan a las lagunas, indican una bajada en el nivel base local de erosión. Las terrazas están cortadas en sedimentos fluviales clásticos y en algunos lugares son múltiples. Éstas desaparecen gradualmente cerca de las lagunas y así, ni terrazas lacustres ni playas circundan las lagunas. Los suelos son eminentemente minerales, de evolución precaria. Sus extremadamente bajos contenidos de materia orgánica, determinan una fertilidad muy escasa. Solamente en las escasas vegas presentes se encuentran suelos orgánicos. El clima corresponde al Desierto Frío de Montaña (Bek G), el cual se define

como un desierto frío donde el ritmo de las temperaturas esta determinado por la altitud. La característica más importante de este ambiente es la gran sequedad del aire y las diferencias térmicas estacionales y diurnas.

Fuente: CONAF. 1997

### 18. Valores hidrológicos:

Describa las funciones y valores del humedal con respecto a recarga de aguas subterráneas, control de inundaciones, retención de sedimentos, estabilización de la línea de costa, etc.

El Sitio Ramsar se encuentra principalmente inserto en la cuenca altoandina de Maricunga y la cuenca Negro Francisco. La depresión de Maricunga recibe alimentación desde el Este y el Sur – Este. Desde el Este, la alimenta la quebrada de Los Colorados y principalmente, el río Lamas. Este río, nace en unas llanuras a los pies del cerro Nevado de Tres Cruces y se sumerge en los sedimentos al borde de la depresión.

La laguna de Santa Rosa es una masa de agua situada en el rincón Suroeste de la depresión de Maricunga. Su espejo de agua está a 3715 m.s.n.m. Tiene forma subcircular de dimensiones aproximadas de 2 km (Norte – Sur) por 1 km de ancho promedio. Posee poca profundidad, encontrándose unida al salar de Maricunga, a través de dos cuerpos de agua de menor extensión. Sus aguas presentan altas salinidades 12000 mhos, congeladas en la época invernal, hasta septiembre u octubre. Los aportes hídricos provienen principalmente del salar de Maricunga, del derretimiento nival y de precipitaciones.

La laguna Negro Francisco, constituye el espejo de agua más importante al sur del salar de Atacama (Región de Antofagasta, el más grande del país), presentándose de esta manera como un notable elemento regulador de los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas andinos. Las fluctuaciones del nivel hídrico han provocado el surgimiento de una antigua barrera de aluvión, la cual divide al espejo de agua en dos sectores de distinta salinidad y con una naturaleza del fondo también diferente. Las fluctuaciones de la superficie según diferentes estudios varían entre los 17 y 31 Km<sup>2</sup>.

Ambas lagunas tienen una importante función como captadoras de sedimentos.

Los aportes hídricos esta laguna se debe tanto a precipitaciones como al derretimiento de las nieves, cuyos caudales se infiltran en el subsuelo para aparecer como afloramiento cerca del espejo de agua.

Respecto al corredor biológico Pantanillo – Ciénaga Redonda, éste es otro de los sectores de alta fragilidad hídrica, ya que se encuentra inserto en su totalidad en la cuenca de Maricunga, la cual presenta un balance hídrico con dirección Norte. Por tanto, este corredor, es uno de los principales aportes de la laguna Santa Rosa y Salar de Maricunga.

Asimismo, el sector del corredor biológico presenta una gran importancia debido a su rol sistémico y ecológico, ya que es un área que permite dar continuidad a la protección del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y mantener los ciclos hidrológicos y biológicos que intervienen en estos ecosistemas.

### 19. Tipos de humedales

#### a) presencia:

Haga un círculo alrededor de los códigos correspondientes a los tipos de humedales del “Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales” de Ramsar que hay en el sitio. En el anexo I de *Notas explicativas y lineamientos* se explica a qué humedales corresponden los distintos códigos.

Marino/costero: A • B • C • D • E • F • G • H • I • J • K • Zk(a)

Continental: L • **M** • N • O • P • **Q** • R • Sp • Ss • Tp • Ts • **U** • Va •

Vt • W • Xf • Xp • Y • Zg • Zk(b)

Artificial: 1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • Zk(c)

**b) tipo dominante:**

Enumere los tipos dominantes por orden de importancia (por zona) en el sitio Ramsar, empezando por el tipo que abraza más superficie.

Q: Lagos permanentes salinos/salobres

U: Turberas no arboladas (bofedales)

M: Ríos y arroyos permanentes

**20. Características ecológicas generales:**

Describa más detalladamente, según proceda, los principales hábitat, los tipos de vegetación y las comunidades vegetales y animales del sitio Ramsar, así como los servicios de los ecosistemas del sitio y los beneficios que se derivan de él.

La laguna Santa Rosa presenta un cuerpo de agua bien definido hacia el Oeste, y otros dos cuerpos hacia el Este. El cuerpo del Oeste presenta mayores dimensiones que los cuerpos del Este, y no se encuentra comunicado superficialmente con el salar de Maricunga. La vegetación está dominada fundamentalmente por cojinetes de *Scirpus* sp. de ancho variable, que se disponen en las orillas hasta una extensión de dos metros. Inmediatamente, aparece hacia las laderas la vegetación típica de estepa, compuesta fundamentalmente de *Stipa frigida*, la cual en sectores de mayor pendiente se asocia con *Adesmia aegiceras*, arbusto espinoso en forma de cojinetes semiesféricos. En algunas áreas, estas especies forman comunidades casi puras. Los cuerpos del Este son dos cuerpos de agua de forma subtriangular y que están unidos al salar de Maricunga por un canal de ancho variable. La vegetación corresponde al tipo de vegas y bofedales y se distribuye de acuerdo al gradiente de salinidad que puede alcanzar hasta unos 200 m de anchura, desde el borde de mayor salinidad, al de mayor humedad. La ribera se encuentra surcada por numerosos canales y lagunillas dispuestas en parches, y cuya la cubierta vegetal es ampliamente favorecida en el número de especies y en la cobertura que alcanzan las mismas. Existe vegetación sumergida con algas. En general, la fisonomía de las orillas está dominada por cojinetes cespitosos de *Scirpus* sp y gramíneas. Hacia el borde donde la humedad disminuye, se encuentra como especie dominante *Deschampsia caespitosa* y a partir de esta zona, se extiende una rala vegetación de estepa, constituida por *Stipa frigida*.

El corredor biológico y humedal altoandino Pantanillo-Ciénaga Redonda proporciona refugios temporales para aves migratorias y un lugar adecuado para que puedan desarrollar sus ciclos biológicos. Las aves presentes en este sector presentan una riqueza superior a las 40 especies, destacándose las tres especies de flamencos (flamenco andino, flamenco chileno y flamenco de james). Para los mamíferos mayores, el corredor biológico representa un sector de refugio y alimentación, principalmente para los guanacos y vicuñas, esto se ve reflejado en los informes de censos de camélidos, siendo éste el sector con mayor abundancia.

**21. Principales especies de flora:**

Proporcione más información sobre especies determinadas y explique por qué son dignas de mención (ampliando, según sea necesario, la información presentada en la sección 14: Justificación para aplicar los Criterios), indicando, por ej., cuáles especies/comunidades son únicas, raras, amenazadas o biogeográficamente importantes, etc. *No incluya en este punto listas taxonómicas de las especies presentes en el sitio – tales listas se pueden facilitar como información complementaria.*

Los sectores en los que la vegetación tiene un mayor desarrollo son la laguna Santa Rosa, el salar de Maricunga, la quebrada Ciénaga Redonda y la laguna del Negro Francisco. Estos sectores se caracterizan por la presencia de humedales con gramíneas cespitosas, donde destacan *Deschampsia caespitosa*, *Deyouxia vellutina*, *Scirpus* sp. y *Triglochin palustris*, en una sucesión que va desde terrenos con afloramientos salinos, hasta los ojos de agua del humedal. Estas especies, especialmente gramíneas, constituyen la principal fuente alimenticia de los camélidos presentes en el sitio.

Las formaciones vegetacionales asociadas a este sector son principalmente bofedales, vegas y pajonales que se caracterizan por ser de estratos bajos, de características turbosas y asociados a cuerpos de aguas ya sean superficiales o subterráneas. En particular, en el corredor biológico destacan como principales formaciones, las que a continuación se señalan:

#### Formación Bofedal

Son áreas que presentan dominancia de las especies con crecimiento en cojín formando cuerpos compactos, se caracterizan por presentar dominancia de *Oxycloe andina* y *Zameioscirpus atacamensis*. Generalmente, se encuentran asociados a niveles hídricos permanentes, cursos de agua corrientes o suelos sobresaturados, pueden ser divididos en salinos o no salinos dependiendo si su cubrimiento es mayor o menor a un 5% de sales superficiales (Ahumada, M. y Faúndez, L., 2009)

#### Formación de Vega.

Son áreas que presentan dominancia de las especies con crecimiento rizomatoso, formando un césped parejo o pequeños cojines herbáceos, donde la altura del estrato no supera los 30 cm. Se encuentra dominada por *Deyeuxia velutina* y en menor porcentaje *Deyeuxia eminens*, con especies acompañantes de *Calandinea compacta*, *Arenaria rivularis* y *Nastanthus caespitosus*. Las coberturas varían entre un 30% en suelos mas descubiertos y sobre un 70% en sectores con mayor vegetación. Su régimen hídrico se encuentra asociado a niveles freáticos superficiales o subsuperficiales. Pueden ser divididas en vegas salinas o no salinas si su porcentaje de sales es mayor o menor al 20% de cubrimiento (Ahumada, M. y Faúndez, L., 2009)

#### Formación Pajonal Hídrico.

Son áreas que presentan dominancia de las especies con crecimiento cespitoso, donde el estrato alcanza una altura de entre 40 – 60 cm, las especies dominantes corresponden a *Deyeuxia eminens* y *Deyeuxia velutina*, con coberturas que superan el 50% en sectores con altos porcentajes de cobertura vegetal. Asociados a este tipo de formación, es frecuente encontrar la presencia de un musgo característico del género *Bryum*, además de especies hidrófilas como *Potamogeton strictus*, *Rupia maritima* y *Myriophyllum quitense*. Los aportes hídricos de esta formación son variados, se encuentran asociados a suministros hídricos estables o permanentes y niveles freáticos medios o altos. Esta formación puede clasificarse en salina o no salina si su superficie de afloramiento de sales es menor a 30% o mayor a 30%.

---

## **22. Principales especies de fauna:**

Proporcione más información sobre especies determinadas y explique por qué son dignas de mención (ampliando, según sea necesario, la información presentada en la sección 14: Justificación para aplicar los Criterios), indicando, por ej., cuáles especies/comunidades son únicas, raras, amenazadas o biogeográficamente importantes, etc., incluyendo datos de conteo. *No incluya listas de datos taxonómicos sobre las especies presentes en el sitio – tales listas se pueden facilitar como información complementaria.*

En la **laguna Santa Rosa**, la fauna puede estar representada por 49 especies, correspondiendo 41 a aves y 8 a mamíferos, conformándose esta laguna en un lugar con una importante diversidad biológica. De estas especies, el 32.6% de ellas presenta algún problema de conservación. En el **corredor biológico Pantanillo Ciénaga Redonda** es posible encontrar 28 especies, de las cuales 20 especies corresponden a aves, 5 a mamíferos y a 3 reptiles. En la **laguna del Negro Francisco** es posible encontrar 44 especies de las cuales 32 corresponden a aves, 4 a reptiles y 8 a mamíferos, conformándose esta laguna en un lugar con una importante diversidad biológica. De estas especies el 25% de ellas presenta algún problema de conservación. De igual manera, estas mismas especies de la laguna del Negro Francisco es posible encontrarlas en el sector del bofedal del río de la Gallina. Algunas de las especies que es posible observar en estos cuatro sectores del sitio son migratorias, en especial aves, las cuales permanecen en la región biogeográfica durante la temporada estival.

**En la laguna del Negro Francisco, la laguna Santa Rosa y el corredor biológico Pantanillo Ciénaga Redonda**, es posible encontrar la comunidad faunística denominada Comunidad de los Salares. Entre las especies que la conforman se encuentran tres especies de flamencos sudamericanos, a saber, el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y la parina chica



(*Phoenicoparrus jamesi*), todas catalogadas como vulnerables; el piauquén (*Chloephaga melanoptera*), considerada vulnerable; la tagua cornuda (*Fulica cornuta*) catalogada como vulnerable, gaviota andina (*Larus serranus*), considerada rara. Entre los mamíferos, están el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), ambas catalogadas en peligro. Esta última especie, se distribuye a lo largo de todo el corredor biológico Pantanillo Ciénaga Redonda, desde el Río Astaburuaga por el sur hasta la vega Ciénaga redonda por el norte y representa casi un 50% del total de vicuñas censadas anualmente.

El listado completo de las especies de fauna presentes en cada sector del sitio, se encuentran en el ANEXO 2 de la presente ficha.

---

### 23. Valores sociales y culturales:

a) Describa si el sitio posee algún tipo de valores sociales y/o culturales en general, por ej., producción pesquera, silvicultura, importancia religiosa, lugares de interés arqueológico, relaciones sociales con el humedal, etc. Distinga entre significado histórico/arqueológico/religioso y los valores socioeconómicos actuales.

La existencia de humedales dentro y en la zona aledaña al Sitio Ramsar siempre ha estado asociada a la presencia de gran cantidad de fauna silvestre, la que debió haber sido una buena fuente de alimento para cazadores nómades y para viajeros que pasaban la cordillera desde épocas históricas.

El Sitio Ramsar se encuentra en la ruta que parte desde el paso internacional de San Francisco (Chile-Argentina), el que ha sido gravitante en la historia y en las comunicaciones de la región y del país. Este paso ha sido usado desde tiempos inmemoriales como vía de tránsito, desde el tiempo de los incas y posteriormente por los españoles, con el propósito de ampliar su área de conquista en América del Sur. Actualmente, aún cuando el tránsito por el paso internacional no es muy frecuente, existe un complejo aduanero de excelentes condiciones y, tanto las autoridades como los privados de ambos países, propician por esta vía, un intercambio comercial y turístico que de más actividad a las ciudades limítrofes.

Dentro de la superficie que encierran los sectores del sitio, no existen antecedentes de hallazgos arqueológicos importantes. Sin embargo, en dos lugares relativamente cercanos se han encontrado evidencias interesantes de la presencia inca prehispánica, en el Volcán Azufre o Copiapó y en el Nevado Jotabeche. En la cumbre del Volcán Copiapó se encontró un sitio ceremonial incaico compuesto por dos plataformas en las que se encontraron algunos objetos muy interesantes como plumas, pedazos de huesos, madera, cordones de fibras, figuras de llama y de hombre confeccionadas en concha de *Spondylus* y de una mujer confeccionada en plata. En el Nevado Jotabeche existe una plataforma rectangular de aproximadamente 10 metros de largo y 7 metros de ancho, encontrándose en este sitio ceremonial madera, carbón, paja, hilo, un pedazo circular de madera y un trozo pequeño de tela.

Respecto de la minería, ésta ha sido la principal actividad que ha existido en la zona, teniendo múltiples altibajos de acuerdo a los tipos, calidades (leyes), precios y costos de los minerales extraídos. Sobre todo el sector de Laguna Santa Rosa – salar de Maricunga, ha sido lugar de tránsito hacia Argentina, a través del paso de San Francisco. Este sector fue usado desde el tiempo de la invasión de los incas para traspasar la cordillera de Los Andes y posteriormente por los españoles, con el mismo propósito.

La actividad minera se ha visto fuertemente incrementada en los últimos años en zonas aledañas al sitio, con la instalación de grandes faenas y campamentos, lo que hace poner especial atención a la mantención de los humedales, ya que uno de los principales recursos que estas empresas requieren para el desarrollo de sus actividades es el agua.

También en el sitio, ha habido un uso histórico de las vegas para ganadería de veranadas o en ocasiones, de zona de paso y descanso de ganado traído desde Argentina. En la actualidad el uso ganadero ya no existe y sus vegas son utilizadas solamente por animales silvestres (vicuñas y guanacos).

En relación a la actividad turística en el sitio, ésta ha ido en aumento, ya que la zona es reconocida internacionalmente por sus atributos de alta montaña y por la existencia de varias cumbres que están

sobre los 6.000 m.s.n.m., entre ellas la del Nevado Ojos Del Salado. En su mayoría, se trata de montañistas extranjeros, quienes realizan sus actividades de aclimatación en el sector de la laguna Santa Rosa, aprovechando de contemplar la rica biodiversidad existente en el área. Esta actividad se incrementa año a año en un 5%, por lo que representa para la Región de Atacama, una zona de potencial turístico de interés internacional.

b) ¿Se considera que el sitio tiene importancia internacional para tener, además de valores ecológicos relevantes, ejemplos de valores culturales significativos, ya sean materiales o inmateriales, vinculados a su origen, conservación y/o funcionamiento ecológico?

De ser así, marque con una cruz esta casilla  y describa esa importancia bajo una o más de las siguientes categorías:

- i) sitios que ofrecen un modelo de uso racional de humedales, que demuestren la aplicación de conocimiento tradicional y métodos de manejo y uso que mantengan las características ecológicas de los humedales:
- ii) sitios en donde haya tradiciones o registros culturales excepcionales de antiguas civilizaciones que hayan influido en las características ecológicas del humedal:
- iii) sitios donde las características ecológicas del humedal dependen de la interacción con las comunidades locales o los pueblos indígenas:
- iv) sitios donde valores pertinentes no materiales como sitios sagrados están presentes y su existencia se vincula estrechamente con el mantenimiento de las características ecológicas del humedal.

---

#### 24. Tenencia de la tierra / régimen de propiedad:

a) dentro del sitio Ramsar:

El territorio del sitio es del fisco chileno, representado por el Ministerio de Bienes Nacionales. En particular, los sectores del sitio denominados “Laguna Negro Francisco” y “Laguna Santa Rosa” son parte del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces. Dicho parque está inscrito en el Registro de Propiedad del año 1964, del Conservador de Bienes Raíces de Copiapó a fs. 527 vta. N°500.

El resto de los sectores del Sitio Ramsar, es decir, los sectores “Pantaniillo-Ciénaga Redonda (corredor biológico)” y “bofedal del río La Gallina” son terrenos fiscales administrados por el Ministerio de Bienes Nacionales.

b) en la zona circundante:

Corresponde a terrenos fiscales y terrenos privados.

---

#### 25. Uso actual del suelo (comprendido el aprovechamiento del agua):

a) dentro del sitio Ramsar:

Se realizan actividades de investigación, turismo y recreación, especialmente durante el periodo estival. El sitio es aprovechado en toda su extensión.

b) en la zona circundante /cuenca:

Actividad minera, turística y de interés científico

---

#### 26. Factores adversos (pasados, presentes o potenciales) que afecten a las características ecológicas del sitio, incluidos cambios en el uso del suelo (comprendido el aprovechamiento del agua) y de proyectos de desarrollo:

a) dentro del sitio Ramsar:

El principal factor adverso que afecta las características ecológicas del sitio es la actividad minera en ejecución y las prospecciones de proyectos futuros. En este sentido, se han evidenciado una serie de actividades asociadas a la actividad minera que se transforman en amenazas, como son la extracción ilegal

de agua, la contaminación y modificación de cursos superficiales de agua y el ingreso de vehículos a sectores con vegetación azonal en el humedal.

Por otra parte, respecto a la actividad turística en la zona, si bien ésta puede generar impactos sobre los procesos de nidificación de las aves altoandinas, ésta en realidad es potencial ya que hasta ahora el Parque Nacional y el Sitio Ramsar en su conjunto, registran una baja visitación.

b) en la zona circundante:

El mayor impacto de presiones antrópicas negativas en la zona circundante está determinado por el uso consuntivo indirecto del agua, por parte de las empresas mineras que laboran en el altiplano de la Región de Atacama. Sin embargo, también son motivo de preocupación los posibles efectos de exploraciones y prospecciones mineras realizadas en las inmediaciones del Sitio Ramsar, en cuanto al inminente uso directo e indirecto de sus aguas. Estas acciones nombradas traen como consecuencia, la apertura de huellas y en algunos casos, de caminos, que permiten acceder a lugares antes prácticamente inaccesibles, dado lo abrupto de sus localizaciones.

Otra de las actividades que reviste cierto nivel de presión en la zona es la actividad turística, si bien ésta se presenta en forma discontinua y poco persistente. Esta actividad produce algunos impactos debido a la apertura de huellas en lugares aledaños al sitio Ramsar, lo que también puede tener incidencia en él, ya que se generan accesos no autorizados para el uso público al interior del sitio. Igualmente, esta actividad genera contaminación con residuos domésticos (en baja cantidad e intensidad) y la perturbación de la fauna con comportamientos no compatibles.

---

## 27. Medidas de conservación adoptadas:

a) Indique la categoría nacional y/o internacional y el régimen jurídico de las áreas protegidas, especificando la relación de sus límites con los del sitio Ramsar:

La laguna del Negro Francisco y la laguna Santa Rosa, sectores del Sitio Ramsar, se encuentran ubicadas dentro de los límites del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Esta unidad fue creada a través del Decreto N°947 del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado el 8 de Noviembre de 1994 en el Diario Oficial. Los otros sectores del sitio, vale decir, el “corredor biológico Pantanillo y Ciénaga La Redonda” y el “bofedal del río La Gallina”, no poseen figura de conservación legal en el país. Para el caso de corredor biológico, se encuentra en trámite la creación de una nueva área silvestre protegida que lo contemple.

b) Cuando proceda, enumere la categoría o categorías de áreas protegidas de la UICN (1994) que son de aplicación en el sitio (marque con una cruz la casilla o casillas correspondientes):

Ia ; Ib ; II ; III ; IV ; V ; VI

c) ¿Existe algún plan de manejo oficialmente aprobado? ¿Se aplica ese plan?

Existe actualmente el plan de manejo del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, documento aprobado en el mes de Abril de 1997 por Resolución N°147 y que se encuentra plenamente vigente. Durante el año 2011 CONAF ha iniciado gestiones para actualizar dicho plan. La meta es tenerlo actualizado a finales del año 2011.

d) Describa cualquier otra práctica de manejo que se utilice:

Otros instrumentos que se aplican actualmente para el manejo del área son:

- ⊖ El Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los Humedales Altoandinos, documento aprobado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Convención Ramsar en el año 2002;
- ⊖ El Programa Nacional para la Conservación de Humedales del SNASPE (CONAF, 2010), documento de planificación marco para el quehacer de CONAF en torno a los humedales que se encuentran al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

---

### **28. Medidas de conservación propuestas pendientes de aplicación:**

por ej., planes de manejo en preparación; propuestas oficiales de creación de áreas protegidas, etc.

- Actualizar el plan de manejo del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces.
- Instalar un programa de monitoreo integrado de humedales altoandinos (escala macro, en el contexto de todos los ecosistemas altoandinos del norte de Chile) y además, un programa de monitoreo específico para el Sitio Ramsar (escala micro).
- Elaborar un plan de manejo específico para el Sitio Ramsar.
- Actualizar la cartográfica geodésica para todo el Sitio Ramsar.

---

### **29. Actividades de investigación e infraestructura existentes:**

por ej., proyectos de investigación en ejecución, comprendidos los de monitoreo de la biodiversidad; estaciones de investigación, etc.

Actualmente (año 2011), la Corporación Nacional Forestal Región de Atacama, en conjunto con actores privados y públicos con presencia en el territorio, realiza investigaciones que permitirán generar y complementar el conocimiento de los ecosistemas altoandinos y su biodiversidad. Entre estas investigaciones están:

- Investigación 1: “Estudio sobre distribución, abundancia, estado genético, dieta y amenazas de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna* en la zona de influencia y zonas aledañas al Parque Nacional Nevado de Tres Cruces” 2010 – 2011 (Convenio CONAF – Compañía Minera Maricunga, por 13 millones pesos chilenos)
- Investigación 2: “Levantamiento de información biológica y planificación del monitoreo de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del sitio prioritario Corredor Biológico Pantanillo” 2010 – 2011 (Ministerio de Medio Ambiente, Región de Atacama – Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama CRIDESAT – CONAF, por 7 millones pesos chilenos)

---

### **30. Actividades existentes de comunicación, educación y concienciación del público (CECoP) que se relacionen con un beneficio del sitio:**

por ej., centro de visitantes, observatorios, senderos de observación de la naturaleza, folletos informativos, facilidades para visitas escolares, etc.

**La administración** del sitio se encuentra en el sector Laguna del Negro Francisco, en las cercanías de dicha laguna.

**Sobre las instalaciones.** Existen las que se mencionan a continuación:

- Refugio rústico en el sector Laguna Santa Rosa.
- Guardería en el sector Laguna del Negro Francisco.
- Casa de huéspedes para visitantes y turistas en el sector Laguna del Negro Francisco, con capacidad para 12 personas, con duchas y agua caliente, coccinilla y camas que incluyen sólo colchón. Se aconseja llevar agua potable para consumo humano, gas y sacos de dormir.

**Sobre los caminos y senderos de excursión.** Se trata de los siguientes:

- Camino vehicular en el sector “corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda”, que conecta los sectores “Lagunas Santa Rosa” y “Laguna Negro Francisco”.
- Sendero de interpretación ambiental en la ribera suroeste de la Laguna del Negro Francisco, donde el visitante puede observar y reconocer la avifauna acuática del sector, así como la vegetación de bofedal que allí se encuentra. Se puede recorrer a pié o en vehículo.
- Sendero de interpretación ambiental en el sector “Río La Gallina”, el cual permite la observación y reconocimiento de fauna terrestre de quebradas cordilleranas y de flora arbustiva de altura. Se puede llegar en vehículo hasta la estación de partida.
- Sendero de interpretación ambiental en la Quebrada Santa Rosa, donde el visitante puede observar colonias de vizcacha (*Lagidium viscacia*), de chululo o tuco-tuco de Atacama (*Stenomys fulvus*), así como varios elementos de la avifauna andina. Vegetacionalmente, este lugar es una muestra representativa de una aguada de montaña. Se puede llegar en vehículo hasta la estación inicial.
- Tramo Las Lagunas, perteneciente a la iniciativa gubernamental denominada Sendero de Chile (<http://www.senderodechile.cl>), inaugurado en noviembre del 2005. Este proyecto nacional tiene la finalidad de valorizar las bellezas naturales y culturales del país.

**Sobre los miradores.** Se cuenta con los siguientes:

- Uno en Laguna del Negro Francisco.
- Uno en Laguna Santa Rosa y Salar de Maricunga.

**Otros Servicios, alledaños al Sitio Ramsar**

- Bencina: En la ciudad de Copiapó
- Teléfono: En el Complejo aduanero Maricunga y en la ciudad de Copiapó.
- Posta primeros auxilios: En la ciudad de Copiapó.
- Carabineros: En el Complejo aduanero Maricunga y en la ciudad de Copiapó.
- Venta de alimentos: En la ciudad de Copiapó.
- Alojamiento: En la ciudad de Copiapó y en la Laguna del Negro Francisco.
- Correo y otros servicios: En la ciudad de Copiapó.

---

### **31. Actividades turísticas y recreativas:**

Señale si el humedal se emplea para turismo/recreación; indique tipos y frecuencia/intensidad.

Dentro del sitio, particularmente en aquellos sectores que forman parte del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces, se ofrece al visitante la ejecución de variadas actividades relacionadas con el ecoturismo, donde el montañismo y la observación de fauna silvestre asociada a los humedales altoandinos, son los más importantes.

Otras actividades recreativas posibles de practicar en el sitio son el cicloturismo, safari fotográfico, la observación astronómica, la observación de sitios arqueológicos y el trekking. En cuanto a facilidades para alojar, el parque posee un refugio para 15 personas, ubicado en el sector Laguna del Negro Francisco, el que cuenta con calefacción, dormitorios, cocina y servicios higiénicos.

---

### **32. Jurisdicción:**

Incluya la territorial, por ej., estatal/regional y funcional/sectorial, por ej., Ministerio de Agricultura/de Medio Ambiente, etc.

El sitio se encuentra en la Región de Atacama, Provincia de Copiapó y Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. Es administrado por la Corporación Nacional Forestal, servicio dependiente del Ministerio de Agricultura, organismo del Estado de Chile.

---

### 33. Autoridad responsable del manejo:

Indique el nombre y la dirección de la oficina local de la agencia u organismo directamente responsable del manejo del humedal (si hubiera más de una listelas a todas). De ser posible, indique también el cargo y/o el nombre de la persona o las personas responsables.

Entidad del Estado: Corporación Nacional Forestal, CONAF

Dirección de la Oficina Regional: Juan Martínez 55, Teléfono: 56-52-213404, Copiapó

Director Regional, CONAF Región Atacama: Diego Morales Banda

Responsable del manejo del área: Moisés Grimberg Pardo / Jefe Departamento de Áreas Silvestres Protegidas CONAF Región Atacama

Correos electrónicos: [diego.morales@conaf.cl](mailto:diego.morales@conaf.cl) ; [moises.grimberg@conaf.cl](mailto:moises.grimberg@conaf.cl)

---

### 34. Referencias bibliográficas:

Cite fuentes científicas/técnicas únicamente. En caso de aplicación de un sistema de regionalización biogeográfica (véase la sección 13), incluya una bibliografía sobre dicho sistema.

- AHUMADA, M. y FAÚNDEZ, L. 2009. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT). División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero. Chile. 112 p.
- CONAF, 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Nevado Tres Cruces. Documento de Trabajo N° 255. Chile. 117 p.
- CONAF, 2003. Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los Humedales Altoandinos. Chile. 38 p.
- CONAF, 2010. Censo de Camélidos Altoandinos 2010. Documento de Trabajo. Chile.
- CONAF, 2010. Censo Estival de Avifauna Altoandina 2010. Documento de Trabajo. Chile. 45 p.
- CONAF, 2010. Programa Nacional de Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Chile. 51 p.
- GAJARDO, R. 1993, La vegetación natural de Chile, clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165 p.
- MANN , G. 1960. Regiones Biogeográficas de Chile. En Inv. Zool. Chilenas 6: 15-49
- RISACHER, F.; ALONSO, H. & y SALAZAR, C. 1998. Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas I, II, III Regiones – Chile. Convenio Cooperación DGA – UCN – ORSTOM. Chile. 80 pp.

Sírvase devolver a: Secretaría de la Convención de Ramsar, Rue Mauverney 28, CH-1196 Gland, Suiza  
Teléfono: +41 22 999 0170 • Fax: +41 22 999 0169 • correo-electrónico: [ramsar@ramsar.org](mailto:ramsar@ramsar.org)

# PARQUE NACIONAL

## NEVADO DE TRES CRUCES



### ACCESO

El Parque Nacional está ubicado en las provincias de Copiapó y Tierra Amarilla, y tiene una superficie de 59.082 hectáreas divididas en dos sectores. El sector N°1 comprende el extremo sur del salar de Maricunga, la laguna Sta. Rosa y el curso del Río Lamas y posee una superficie de 46.944,50 hectáreas. El sector N°2 comprende la laguna del Negro Francisco y la desembocadura del Río Astaburuaga, con una superficie de 12.136,50 hectáreas.

**Altitud:** De 3.800 a 4.500 msnm.

**Clima:** La característica más importante es la sequedad del aire y las diferencias térmicas estacionales y diurnas. El día es templado por la insolación directa, pero las noches son extremadamente frías.

El promedio anual de precipitación está entre 100 a 120 milímetros, lo que considera la caída de nieve en el período invernal.

**Relieve:** Los sectores de la Laguna Santa Rosa, Salar de Maricunga y Laguna del Negro Francisco, están incluidas en las cuencas interandinas cerradas. Corresponden a grandes depresiones con características de altiplanicie, confinadas por cordones volcánicos de rumbo norte-sur y otras menores de rumbo este-oeste.

Las depresiones se encuentran ocupadas por grandes masas de sedimentos recientes y en sus puntos más bajos por salares y lagunas de agua salobre sin desagüe visible.

La distancia aproximada en línea recta a la ciudad de Copiapó es de 150 km, y se accede al Parque a través del Camino Internacional, que va desde Copiapó por la quebrada de Paipote a La Puerta y desde ahí al Portezuelo de Santa Rosa, llegando de esta manera al sector Laguna Santa Rosa. Para llegar a la laguna del Negro Francisco se sigue la misma ruta, pero se continúa hasta el extremo suroeste del Salar de Maricunga siguiendo el camino que va por el Valle Ancho, hacia la quebrada del río Astaburuaga y por ésta hacia el Negro Francisco.

## Atractivos Naturales

### FLORA MAS FRECUENTE Y DE INTERES

De las 65 especies de flora reconocidas en el área, sólo una presenta problemas de conservación, y está categorizada como Rara.

Según el Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena, las áreas que conforman el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces están incluidas en la Región Ecológica de las Estepas Altoandinas, Subregión del Altiplano y La Puna, en la formación

vegetal de la Estepa Desértica de los Salares Andinos.

Los sectores que comprenden la



Unidad se caracterizan por su paisaje dominado por la presencia de grandes salares andinos. Su fiso-

nomía es netamente desértica, con una vegetación muy Rara, que sólo en lugares especialmente favorables alcanza cierta densidad.

Los sectores más favorecidos del Parque están caracterizados por la presencia de vegas y bofedales con gramíneas cespitosas, entre la que destacan (*Deschampsia caespitosa*), (*Deyeuxia vellutina*, *scirpas* sp.) y (*Triglochin palustris*), en una sucesión que va desde terrenos más secos hasta las zonas más húmedas.

### FAUNA MAS FRECUENTE Y DE INTERES

De las 76 especies de fauna de vertebrados reconocidas en el área, 17 presentan problemas de conservación; cinco de ellas están categorizadas como en Peligro, siete como Vulnerables, tres como Raras y dos como Inadecuadamente conocidas.

En los sectores altoandinos existen comunidades que se estructuran en torno a los espejos de agua de los salares y lagunas. Destacan las tres especies de flamencos chilenos, el piquén y el pato juarjual. Entre los mamíferos se encuentran la vicuña y el guanaco, además de zorros culpeos, chullos y vizcachas, los cuales habitan en quebradas protegidas y provistas de vegetación.

**Lugares de observación:**

• **Los Llanos:** En ellos se pueden observar tropillas de guanacos y vicuñas que, están acostumbradas al contacto con el hombre.

• **Las quebradas rocosas:** Es el hábitat de la hermosa vizcacha (*Lepidium viscacia*) y un sinnúmero de pequeños pájaros. Es posible avistar en menor medida los demás mamíferos existentes en el Parque.

• **Los cuerpos de agua:** Vegas y bofedales, así como canchales de ríos, lagunas y salares se transforman en los sitios con mayor abundancia de especies y número de individuos. Las lagunas Santa Rosa y del Negro Francisco son excelentes lugares para la observación de avifauna altiplánica. Destacan las tres especies de flamencos, la desconocida tagua cornuda (*Fulica cornuta*), patos juarjuales (*Lophonetta specularioides*), piquenes o guallata (*Cloephaga melanoptera*), playeros de baird y chocitos cordilleranos.





## Atractivos Culturales

### ASPECTOS HISTORICOS

La existencia de humedades dentro del Parque y en la zona aledaña siempre ha estado asociada a la existencia de gran cantidad de fauna silvestre, la que debió haber sido una buena fuente de alimento para cazadores nómades y para viajeros que pasaban la cordillera desde tempranas épocas.

El Parque se encuentra en la ruta que viene desde el Paso Internacional de San Francisco, el que ha sido gravitante en la historia y en las comunicaciones de la región y del país. Este paso ha sido usado como vía de tránsito desde el tiempo de los incas y, posteriormente, por los españoles, con el propósito de ampliar su área de conquista en América del Sur.

### ASPECTOS ARQUEOLOGICOS

Dentro de la superficie que encierran los dos sectores del Parque, no existen antecedentes de hallazgos arqueológicos importantes. Sin embargo, en dos lugares relativamente cercanos se han encontrado evidencias interesantes de la presencia inca prehispánica: Volcán Azufre o Copiapó y Nevado Jotabeche.

En la cumbre del Volcán Azufre o Copiapó se encontró un sitio ceremonial incaico compuesto por dos plataformas, en las que fueron hallados interesantes objetos: plumas, pedazos de huesos, madera, carbón, paja, guano, cordones de fibras vegetales, una escópula (con un pedazo de hoja de coca y una planta), un fruto de chañar, una rata y un ala de libélula. Pero los hallazgos más interesantes fueron las figuras, en excelente estado de conservación, de una llama y de un hombre confeccionadas con conchas de *Spondylus* y de una mujer hecha en plata (con su vestido completo en miniatura y su prenda de plumas para el cabello).

En el Nevado Jotabeche existe una plataforma rectangular de aproximadamente 10 metros de largo por 7 de ancho. En este sitio ceremonial fueron encontrados madera, carbón, paja, guano, pedazos de huesos, hilo, frutos de chañar, un pedazo circular de madera y un trozo pequeño de tela.

## SERVICIOS FUERA DEL AREA

**Bencina:** Copiapó.

**Teléfono:** Complejo aduanero Maricunga - Copiapó.

**Posta primeros auxilios:** Copiapó.

**Carabineros:** Complejo aduanero. Maricunga - Copiapó.

**Venta de alimentos:** Copiapó.

**Alojamiento:** Copiapó.

**Correo y otros servicios:** Copiapó.

### SITIOS DE MAYOR BELLEZA ESCENICA

Laguna Santa Rosa y Salar de Maricunga, con vista al macizo Nevado de Tres Cruces.

Laguna del Negro Francisco, separada en dos porciones de distinto color, y donde se aprecia el imponente Volcán Copiapó.

Río Astaburga y de la Gallina, con sus bofedales.

## Información Turística



### Administración del área

Se encuentra ubicada en la Laguna del Negro Francisco.



### Alojamiento

Una casa de huéspedes para visitantes y turistas en la Laguna del Negro Francisco, con capacidad para 12 personas. Con duchas y agua caliente, cocinillas y camas solamente con colchón. Se aconseja llevar agua potable, gas y sacos de dormir.



### Senderos de excursión

• Sendero de interpretación ambiental en la ribera Suroeste de la Laguna del Negro Francisco, permite al visitante observar y reconocer la avifauna acuática del sector, así como la vegetación del bofedal que allí se encuentra. Se puede recorrer a pie o en vehículo.

• Sendero de interpretación ambiental del río La Gallina: permite la observación y reconocimiento de fauna terrestre de quebradas cordillerana y de floca arbustiva de altura. Se puede llegar en el vehículo hasta la estación de partida.

• Sendero de interpretación ambiental Quebrada Santa Rosa, donde el visitante puede observar colonias de vizcachas y chululos, así como varias especies de avifauna andina. En lo vegetal es una muestra representativa de una aguada de montaña. Se puede llegar en vehículo hasta la estación inicial.



### Miradores

En Laguna del Negro Francisco.  
En Laguna Santa Rosa y Salar de Maricunga.



### Refugio rústico

Existe un refugio rústico en la Laguna Santa Rosa.



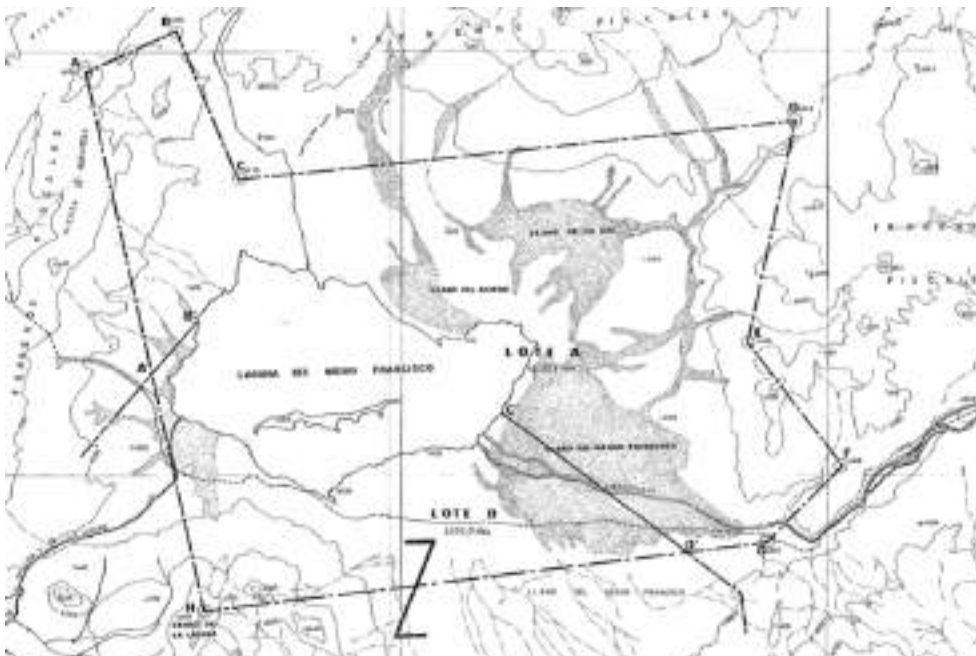
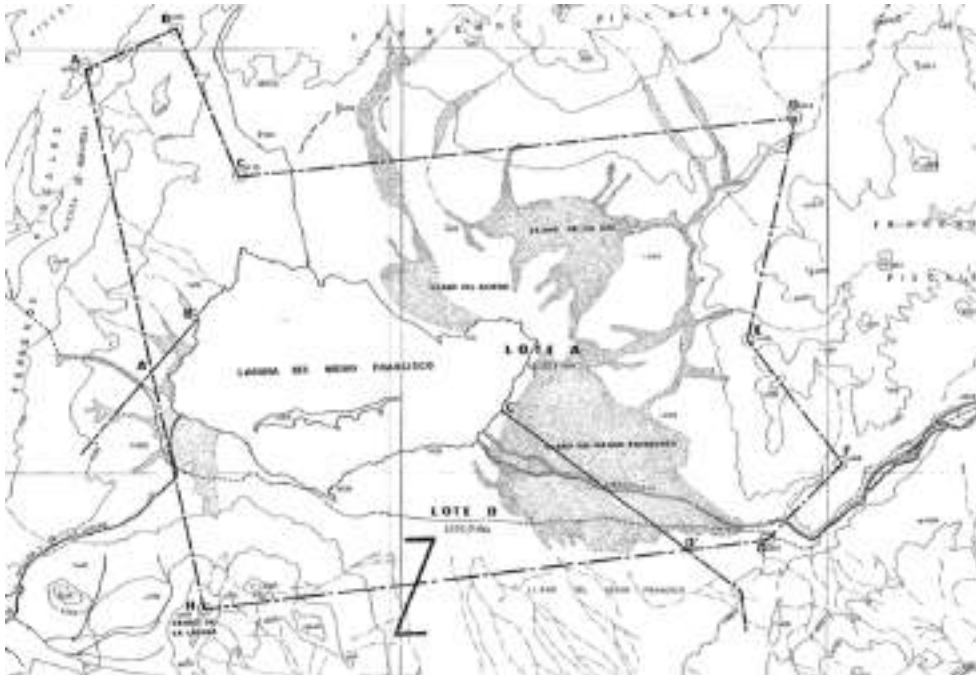


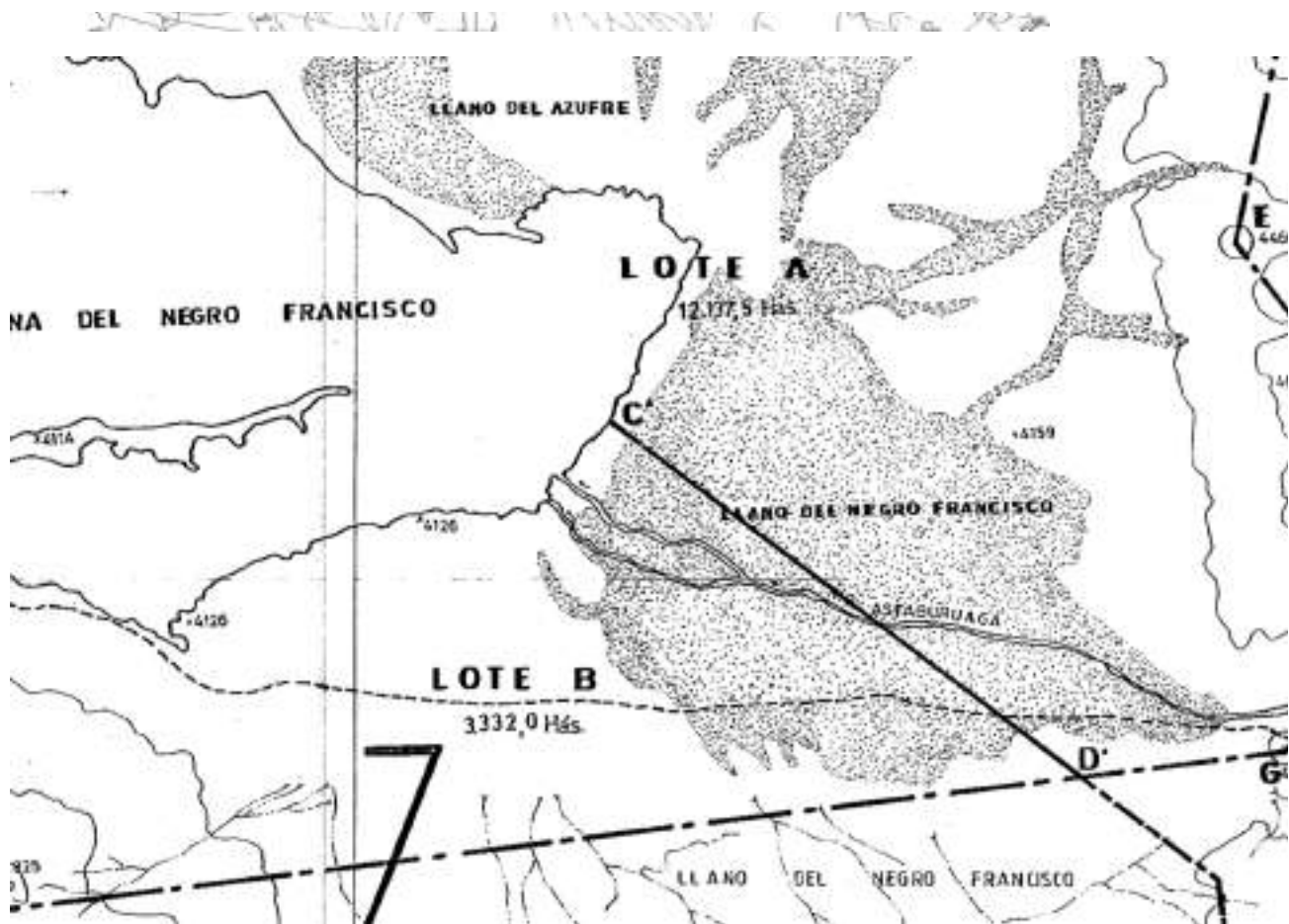


**De:** Aldo Boitano [aboitano@ctlithium.com](mailto:aboitano@ctlithium.com)  
**Asunto:** Re: envía resolución uso refugio  
**Fecha:** 5 de abril de 2021 a las 16:39  
**Para:** Marcela Patricia Flores Morales [marcela.flores@conaf.cl](mailto:marcela.flores@conaf.cl)  
**Cc:** Jorge Carabantes [jorge.carabantes@conaf.cl](mailto:jorge.carabantes@conaf.cl), Karen Rojas [k.rojas@gestioncyma.cl](mailto:k.rojas@gestioncyma.cl), Eric Diaz [eric.diaz@conaf.cl](mailto:eric.diaz@conaf.cl), Héctor Soto Vera [hector.soto.vera@conaf.cl](mailto:hector.soto.vera@conaf.cl), Mauricio Sepulveda Marklein [mauricio.sepulveda.marklein@conaf.cl](mailto:mauricio.sepulveda.marklein@conaf.cl), Mariela Rojas [mariela.rojas@conaf.cl](mailto:mariela.rojas@conaf.cl), Oficina De Partes [oficinadepartes@sma.gob.cl](mailto:oficinadepartes@sma.gob.cl)  
**Cco:** Pablo Lobos [pablo.lobos.stephani@gmail.com](mailto:pablo.lobos.stephani@gmail.com), Guillermo Trujillo [gtrujillonavarro@gmail.com](mailto:gtrujillonavarro@gmail.com)

Buenas Tardes:

Gracia por clarificar que los limites del Parque Nacional Nevado Tres Cruces son los del decreto 947, efectivamente tenemos el decreto y que habla de las hectáreas del Parque Nacional Nevado Tres Cruces que les menciono en mis mails anteriores y en donde en dicho decreto se hace referencia a dos planos elaborados por CONAF que tambien menciono en mis mails anteriores. Adjunto los mapas que se mencionan en el decreto elaborados por CONAF y donde se especifican los dos LOTES que se especifican en el Sector Laguna del Negro Francisco Lote A: 12.137,5 hectáreas (parte del Parque) y Lote B: 3.332,0 hectáreas (perteneciente en la época del decreto al Ministerio de Defensa) NO es parte del Parque





Pero nuestra consulta no solo se refiere a los límites del decreto, reitero el agradecimiento por decir que los límites están en el decreto 947; sino que también se refieren a los mapas o como ustedes en CONAF interpretan el decreto en mapas; nos explicamos; de su propio sitio web: "La unidad Nevado de Tres Cruces está ubicada en la Región de Atacama, comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, el Parque se divide en dos sectores, Santa Rosa ubicada al norte y Negro Francisco en el sector Sur. La Unidad posee 59.081,87 hectáreas, de las cuales 46.944,37 corresponden al sector de laguna Santa Rosa y 12.137,50 al sector de laguna del Negro Francisco", donde esto es exactamente el decreto

Al final de este sitio web hay un excelente video que protagoniza el sr. Eric Diaz que al pinchar se accede a youtube y donde en varias instancias del mismo se pueden ver los límites del parque en un mapa, en youtube hay otro video de un total de 2 que también muestra los mismos mapas.

Un pantalla por ejemplo al minuto 3:39 muestra esta imagen

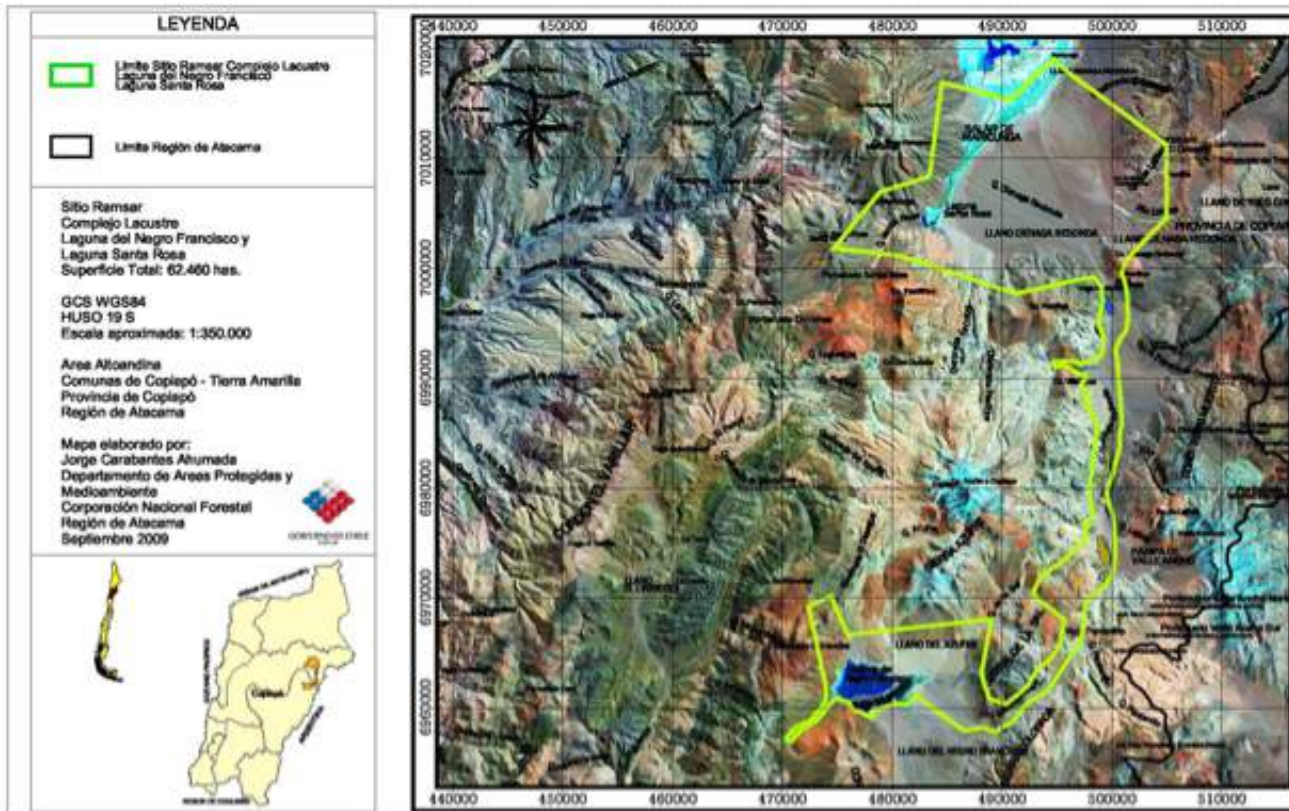




si procedo a ampliar esta imagen en cuanto al sector Laguna Negro Francisco sale esto, reitero que es la única información de mapas del Parque en el sitio web de CONAF donde se reitera que son 12.137,50 hectáreas



Por otro lado les comparto este mapa, elaborado por Conaf, donde que muestra el Sitio Ramsar en la zona (extraído del sitio web del Ministerio de Medio Ambiente)



Donde en la serie de documentos que explican y delimitan el Sitio Ramsar (va documento adjunto) en pagina 4 dice;

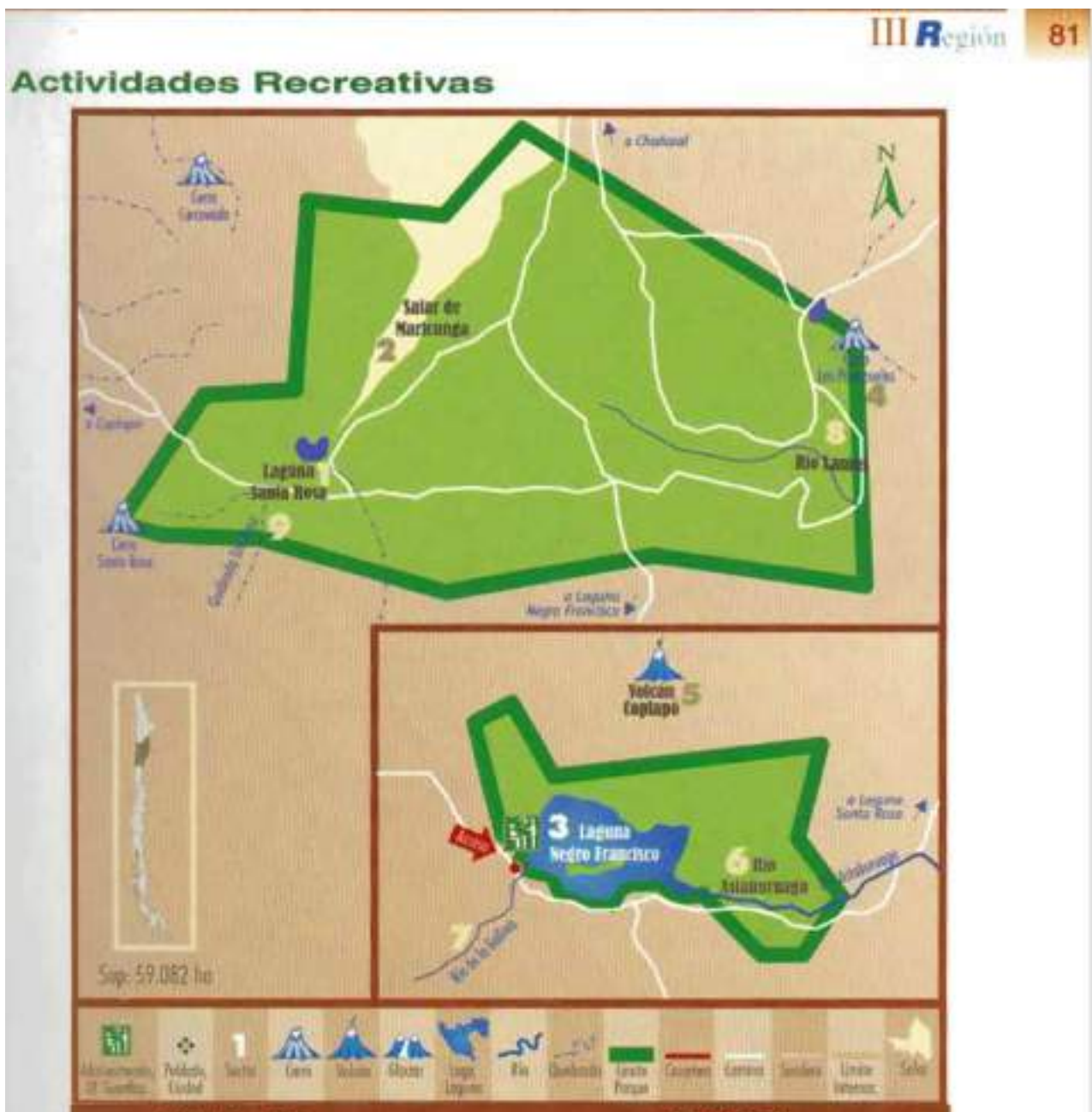
## 11. Área: (en hectáreas)

El Sitio Ramsar consta de 62.460 ha, las cuales fueron designadas y constituidas en el año 1996.

Sector A: Laguna Santa Rosa	38.950 hectáreas
Sector B: Corredor Biológico	11.057 hectáreas
Sector C: Laguna del Negro Francisco	12.138 hectáreas
Sector D: Bofedal del Río La Gallina	<u>315 hectáreas</u>
<b>Total Sitio RAMSAR</b>	<b>62.460 hectáreas</b>

Se habla específicamente que el el sitio sector Laguna Negro Francisco que tiene 12.138 hectáreas, que es igual al Lote A del decreto 947 y que hemos mencionado en varios mails y cuyo mapa aca esta muy claro (de hecho hay un extenso trabajo con muchos puntos de GPS en UTM que reconoce el Gobierno de Chile y organismos internacionales en sus publicaciones al respecto)

Por ultimo (aunque hay mas medios de verificación de lo anterior) del sitio web del Ministerio de Medio Ambiente se extrae el siguiente documento del parque Nevado Tres Cruces (adjunto) donde dice que el sector laguna San Francisco tiene 12.136,5 hectáreas



ACTIVIDADES	SECTORES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Sin embargo de la resolución del SMA (se adjunta) que fue parte de la denuncia interpuesta por CONAF de que los sondajes y caminos están dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, tema que se reitera en la Resolución 73 de CONAF; la imagen de la SMA en memorandum 007\_2020 en respecto a nuestros sondajes y caminos es la siguiente en figura 14 y 15



**Figura 14.** Delimitación del Parque Nacional Nevado Tres Cruces (líneas amarilla, roja, azul y morada) en relación a puntos de ubicación de proyecto considerado en consulta de pertinencia (puntos denominados DRILL en zona sur). Se observa que al menos el sondaje denominado Drill 6 se encontraría al interior del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces. La delimitación del Parque Nacional presentada es de acuerdo a lo señalado en Infraestructura de Datos Geospaciales (IDEA) del Ministerio de Bienes Nacionales (polígono morado), según capa del Ministerio del Medio Ambiente (polígono rojo), según Decreto 947/1994 que Crea Parque Nacional Nevado de Tres Cruces" en la III Región de Atacama y lo declara lugar de interés científico, tanto en datum WGS 84 (polígono verde) como en datum PSAD 56 (polígono azul).

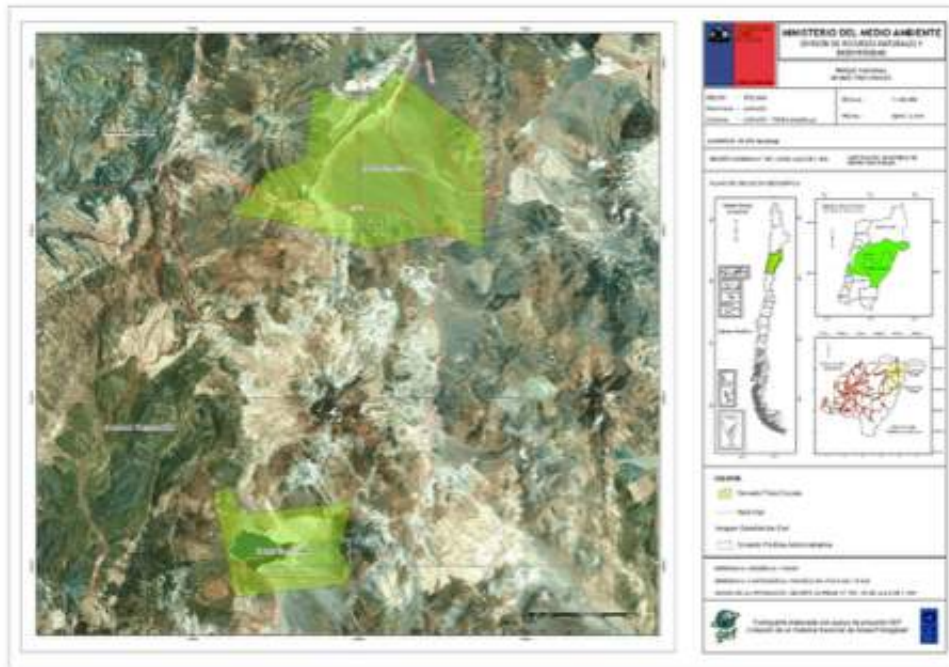






**Figura 15.** Delimitación general del Parque Nacional Nevado Tres Cruces en relación a puntos de ubicación de proyecto considerado en consulta de pertinencia (puntos denominados DRILL en zona sur) y puntos de sondajes (SOND\_1, SOND\_2 y SOND\_3\_ProjAux\_Camp) denunciados por CONAF Atacama (ubicados al norte de puntos DRILL). La delimitación del Parque Nacional presentada es de acuerdo a lo señalado en Infraestructura de Datos Geospaciales (IDEA) del Ministerio de Bienes Nacionales (polígono morado), según capa del Ministerio del Medio Ambiente (polígono rojo), según Decreto 947/1994 que Crea Parque Nacional Nevado de Tres Cruces" en la III Región de Atacama y lo declara lugar de interés científico, tanto en datum WGS 84 (polígono verde) como en datum PSAD 56 (polígono azul).

Notar que en ambos casos el mapa del borde sur del parque incluye el lote B de 3.332 hectáreas y que si bien la SMA reconoce que los sondajes y caminos están al sur del Sitio Ramsar según CONAF denuncia y según SMA verifica estos caminos y sondajes están dentro del Parque en ambas interpretaciones del Decreto (WGS84 y PSAD56).



Perdonen lo largo del mail, este intenta explicar que nosotros de buena fe y en observancia de las leyes (Decreto 947) y los mapas que teníamos acceso planificamos y ejecutamos una campaña de exploración del 05 al 29 de diciembre FUERA del Parque Nacional Nevado Tres Cruces.

Mencionamos la información de los límites del Parque que ustedes informan en el sitio web, en trabajos tan importantes como el de Sitio Ramsar y otros en contradicción con la denuncia y con la interpretación del SMA apelando a que en CONAF ustedes tienen la información correcta y que si nos la comparten de manera oficial, además del Decreto 947, nos comparten el mapa oficial del Parque podemos estar más tranquilos en nuestro quehacer que siempre hemos intentado apegarse a la ley.

Quedamos a la espera por favor del Mapa del Parque Nacional Nevado Tres Cruces

Estamos enviando una respuesta completa en cuanto al uso del refugio y límites del Parque contenidos en la resolución 73 que nos envió el sr. Jorge Carabantes por mail firmada por el sr. Director Regional CONAF Atacama a la brevedad.

Atentamente,

Aldo Boitano de Moras  
Managing Director  
CleanTech Lithium Ltd  
email – [aboitano@ctlithium.com](mailto:aboitano@ctlithium.com)  
Tel. +56 (9) 76694533  
Web – [www.ctlithium.com](http://www.ctlithium.com)



Informe FINAL  
03.12.2014.pdf



CL877RIS.pdf



Guías de  
Parque...\_9.pdf



mapas decreto  
947.pdf



RESOL 2395  
SMA 2020.PDF



Memorándum  
007\_20...ma.pdf

EI05-04-2021, a las 15:10, Marcela Patricia Flores Morales <[marcela.flores@conaf.cl](mailto:marcela.flores@conaf.cl)> escribió:

Buenas tardes,  
Los límites del Parque se encuentran establecidos en el Decreto de creación del mismo, N° 947, que CREA PARQUE NACIONAL NEVADO DE TRES CRUCES" EN LA III REGIÓN DE ATACAMA Y LO DECLARA LUGAR DE INTERÉS CIENTÍFICO PARA FINES QUE SEÑALA, documento que entiendo ya tienen en su poder y que se encuentra en las bases oficiales de leyes y decretos del Estado Chileno. Igualmente lo adjunto para su información, si lo necesita con un oficio conductor por favor ingresar la solicitud por Oficina de Partes, aunque la información no variará, ya que el decreto se encuentra en:

**De:** Héctor Alejandro Soto Vera [hector.soto.vera@conaf.cl](mailto:hector.soto.vera@conaf.cl)   
**Asunto:** Re: consulta  
**Fecha:** 7 de abril de 2021 a las 15:12  
**Para:** Aldo Boitano [aboitano@ctlithium.com](mailto:aboitano@ctlithium.com)  
**Cc:** Karen Rojas [k.rojas@gestioncyma.cl](mailto:k.rojas@gestioncyma.cl), Jorge Carabantes [jorge.carabantes@conaf.cl](mailto:jorge.carabantes@conaf.cl), Marcela Patricia Flores Morales [marcela.flores@conaf.cl](mailto:marcela.flores@conaf.cl), Mauricio Eduardo Sepúlveda Marklein [mauricio.sepulveda.marklein@conaf.cl](mailto:mauricio.sepulveda.marklein@conaf.cl)



Estimado Aldo

Junto con saludar

En buena hora existe un trabajo de entendimiento, pero consultado el equipo presente en dicha reunión, cabe hacer presente lo siguiente:

1. La reunión de ayer era informativa y en ningún caso se adoptaron acuerdos en ella, ya que no hubo discusión respecto de ello, por lo que no corresponde se envíen comunicaciones a los diferentes organismos en los que se indique que hubo acuerdo entre ambas partes relativo a un error que podría haber cometido otra repartición estatal.
2. Nuestra abogada informó que los límites del Parque siempre han sido los mismos y que son los que se encuentran en el Decreto de creación de la Unidad.
3. Se les informó además que como CONAF no podemos hacernos cargo del descontento o del "error" que ustedes pueden creer contiene la resolución de la SMA, ya que para manifestarse de ellos hay plazos y recursos establecidos en la Ley y que no nos corresponde a nosotros pronunciarnos sobre dicha decisión.
4. Se informó además que nosotros nos guiamos por la Resolución de la SMA, en la que además se nos encomienda la fiscalización del cumplimiento del Plan de Cierre y Retiro, indicando además que en la interpretación que nosotros hacemos no se puede continuar con los sondeos mientras no se levante la "alarma" (palabras de la Asesora jurídica) que existe sobre el proyecto y que la discusión del uso del refugio se tendría que hacer en su momento oportuno.
5. Se informó también que como organismo técnico que participa de los procesos de fiscalización de la SMA, si en el proceso de implementación del plan de cierre y retiro observamos alguna irregularidad, aunque sea fuera de los límites del parque haremos los procesos de denuncia correspondientes.

Esperando una buena recepción.

Saludos cordiales

El mar, 6 abr 2021 a las 16:42, Aldo Boitano (<[aboitano@ctlithium.com](mailto:aboitano@ctlithium.com)>) escribió:

Estimado Sr. Director CONAF Atacama Don Hector Soto Vera:

Primero que nada aprovecho de saludarle.

De acuerdo a la reunión de esta mañana entre Laguna Negro Francisco SpA y el equipo de CONAF Atacama hemos podido acordar que el trabajo que desarrollamos en diciembre 2018 ocurrió fuera del parque. Nosotros quedamos con la responsabilidad de notificar a la SMA del error en los planos/mapas que ellos manejan y así lo hicimos luego de consulta con don Jorge Carabantes.

Nuestra consulta es que mientras se resuelve la coordinación de cierre de faena emanada de la resolución de la SMA, nuestra idea es usar el refugio para un trabajo de un sondeo en zona fuera del parque (con los permisos y de acuerdo a la legislación vigente) y dado que ya está habilitado el Refugio; quisiéramos se reconsiderara para esos efectos alojarnos en el Refugio pagando por anticipado su uso y cumpliendo con las normas de COVID y de uso del Refugio que Don Jorge Carabantes nos hizo llegar esta mañana.

Esperando una positiva respuesta,

Lo saluda atentamente,

Aldo Boitano  
Managing Director  
CleanTech Lithium Ltd  
email – [aboitano@ctlithium.com](mailto:aboitano@ctlithium.com)  
Tel. +56 (9) 76694533  
Web – [www.ctlithium.com](http://www.ctlithium.com)





**Héctor Alejandro Soto Vera**  
Director Regional

---

Corporación Nacional Forestal

Juan Martínez 55, Copiapó, Chile 

Teléfono: +56 52 2237042

Celular: +569 89349305

[www.conaf.cl](http://www.conaf.cl)

## Decreto 947

CREA PARQUE NACIONAL NEVADO DE TRES CRUCES" EN LA III REGION DE ATACAMA Y LO DECLARA LUGAR DE INTERES CIENTIFICO PARA FINES QUE SEÑALA

MINISTERIO DE BIENES NACIONALES



Fecha Publicación: 08-NOV-1994 | Fecha Promulgación: 29-JUL-1994

Tipo Versión: Única De : 08-NOV-1994

Url Corta: <http://bcn.cl/2nejs>

CREA PARQUE NACIONAL "NEVADO DE TRES CRUCES" EN LA III REGION DE ATACAMA Y LO DECLARA LUGAR DE INTERES CIENTIFICO PARA FINES QUE SEÑALA

Núm. 947.- Copiapó, 29 de Julio de 1994.- Vistos estos antecedentes, lo solicitado por el Ministerio de Agricultura, en oficio N° 947, de 20 de agosto de 1992; lo informado por la Secretaría Regional Ministerial de Bienes Nacionales de la III Región, en oficio N° 1.708, de 15 de octubre de 1993, y por la División de Bienes Nacionales, en oficio adjunto;

Considerando: que, en el "Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado", no se encuentra actualmente representada la formación vegetal denominada "Estepa Desértica de los Salares Andinos";

Que, en los sectores denominados "Laguna Santa Rosa", "Salar de Maricunga" y "Laguna del Negro Francisco", existe la formación vegetal de la "Estepa Desértica de los Salares Andinos", la cual presenta un buen estado de conservación y constituye un excelente refugio para especies de la fauna nativa andina, por lo que se hace necesario protegerlos, a fin de evitar su deterioro, para bien de la comunidad;

Que, los ecosistemas insertos en dichos sectores se caracterizan por la fragilidad de su equilibrio ecológico y por tanto, son susceptibles a sufrir degradación;

Que, el área es lugar de concentración de importantes poblaciones de especies de fauna andina con problemas de conservación, tales como: flamencos, vicuñas (*Vicugna vicugna*), tagua cornuda (*Fulica cornuta*), guanacos (*Lama guanicoe*), vizcachas (*Lagidium viscacia*) y otras;

Que, las especies de flora y fauna nativas del área presentan un gran potencial científico y educativo, debido a su diversidad, estado de conservación y accesibilidad;

Que es deber del Estado, tutelar la preservación de la naturaleza; y,

Teniendo presente lo dispuesto en Oficio Circular N° 3, de fecha 24 de abril de 1987, del Ministerio de Bienes Nacionales; en virtud de lo prescrito en el D.L. N° 1.939, de 1977; en el D.S. N° 531, de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que ordenó cumplir como Ley de la República la "Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América", suscrita en Washington D.C., Estados Unidos de Norteamérica, el 12 de octubre de 1940; en el artículo 17° de la Ley N° 18.248, "Código de Minería"; en el D.F.L. N° 294, de 1960, Orgánico del Ministerio de Agricultura; y, la facultad que me confieren los artículos 19° y 32° N° 8 de la Constitución Política del Estado,

Decreto:

1°.- Créase el Parque Nacional "Nevado de Tres Cruces", situado en la Zona Cordillerana, que comprende los lugares denominados "Laguna Santa Rosa - Salar de Maricunga" y "Laguna del Negro Francisco", de las Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, III Región de Atacama; inscrito a nombre del Fisco, en mayor cabida, a fs. 527 vta. N° 500 en el Registro de Propiedad de 1964 del

**MINISTERIO DE BIENES NACIONALES**  
 DIVISION DEL CATASTRO NACIONAL  
 DE LOS BIENES DEL ESTADO

UBICACION: PLANO Nº III-2-3361 C.R.

REGION ATACAMA 03  
 PROVINCIA COPIAPO 02  
 COMUNA COPIAPO 011  
 LUGAR LAGUNA SANTA ROSA

**FISCO**

D.L. Nº 1939, DE 1977

OBSERVACIONES  
 PLANO CONFECCIONADO POR CONAP.

DATUM LA CANDA 1956, MUSEO 19

ESCALA 1 : 50.000 SUPERFICIE 46.944,37 Hás.

REVISORES  
 VERIFICÓ: J. C. VALENZUELA ASTORZA  
 INSPECTOR: J. P. M. RESURSA

FECHA: 30 AGOSTO DE 1993

**COORDENADAS U.T.M.**

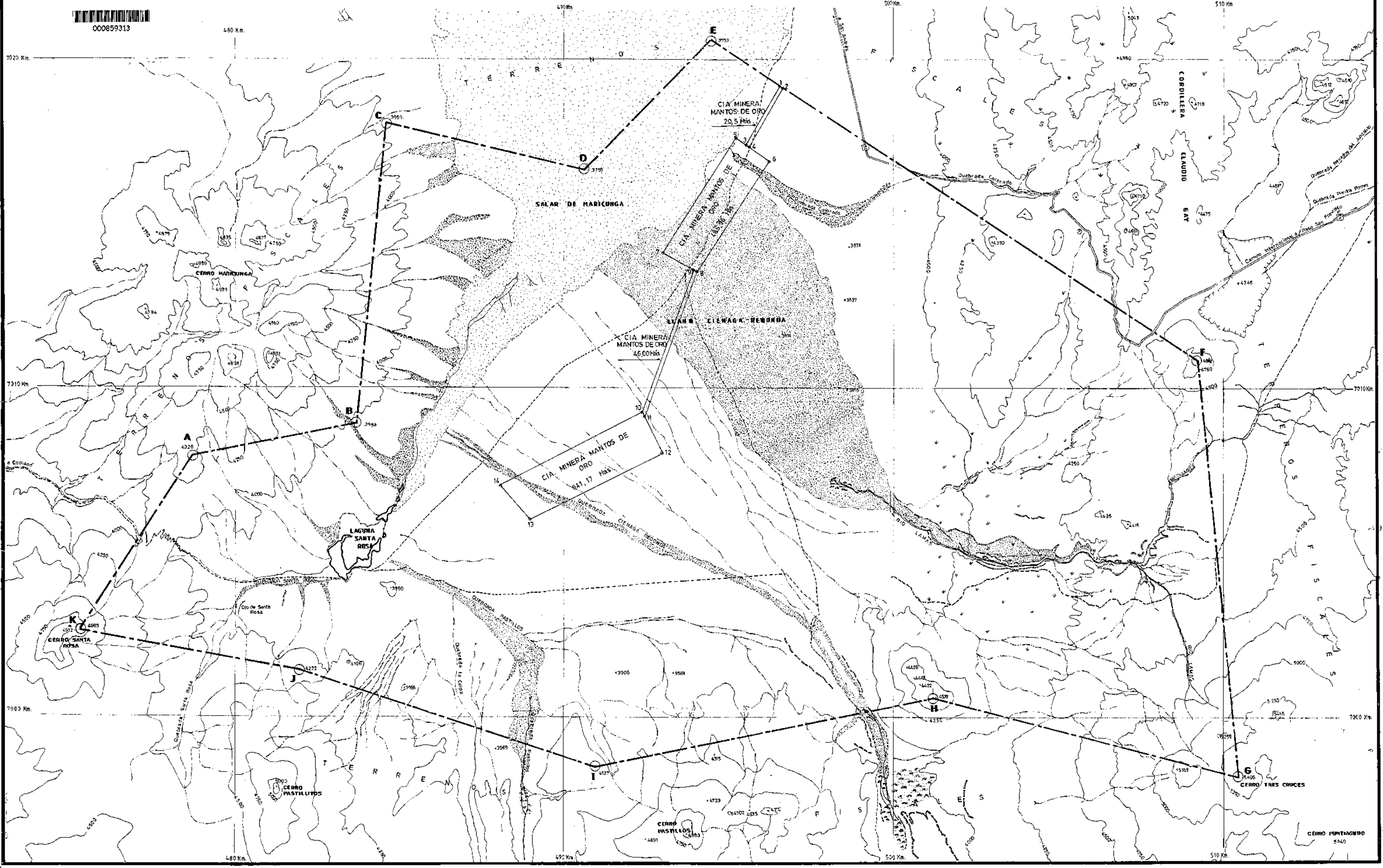
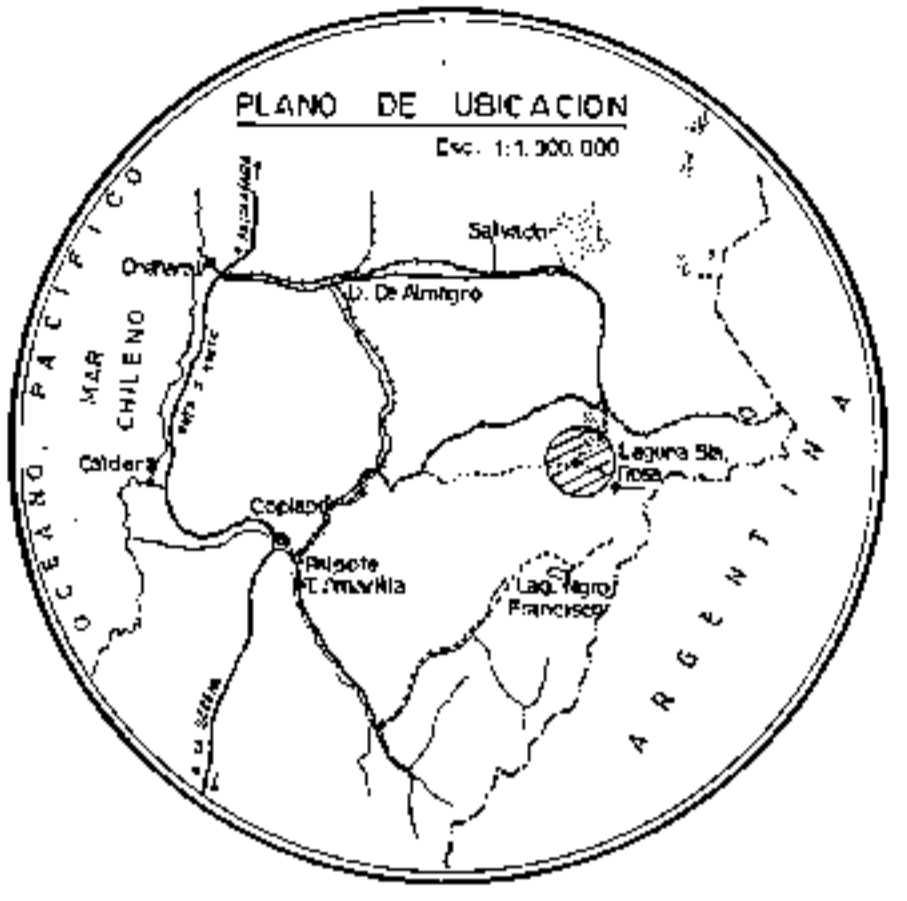
VERTICES	NORTE	ESTE
A	7.007.900 m	479.720 m
B	7.008.900 m	482.750 m
C	7.010.050 m	484.600 m
D	7.016.050 m	490.600 m
E	7.020.050 m	492.480 m
F	7.012.850 m	489.250 m
G	6.998.200 m	510.450 m
H	7.000.600 m	501.200 m
I	6.928.500 m	492.750 m
J	7.021.450 m	487.000 m
K	7.021.650 m	479.350 m

**COORDENADAS U.T.M.**

TERRENOS CIA. MINERA	NORTE	ESTE
1	7.019.170	496.550
2	7.019.100	496.620
3	7.017.420	495.500
4	7.017.350	495.570
5	7.017.800	495.700
6	7.015.900	496.700
7	7.014.100	497.000
8	7.013.550	496.000
9	7.013.600	497.910
10	7.009.250	492.480
11	7.009.180	492.560
12	7.008.000	493.000
13	7.008.000	489.000
14	7.007.030	489.100

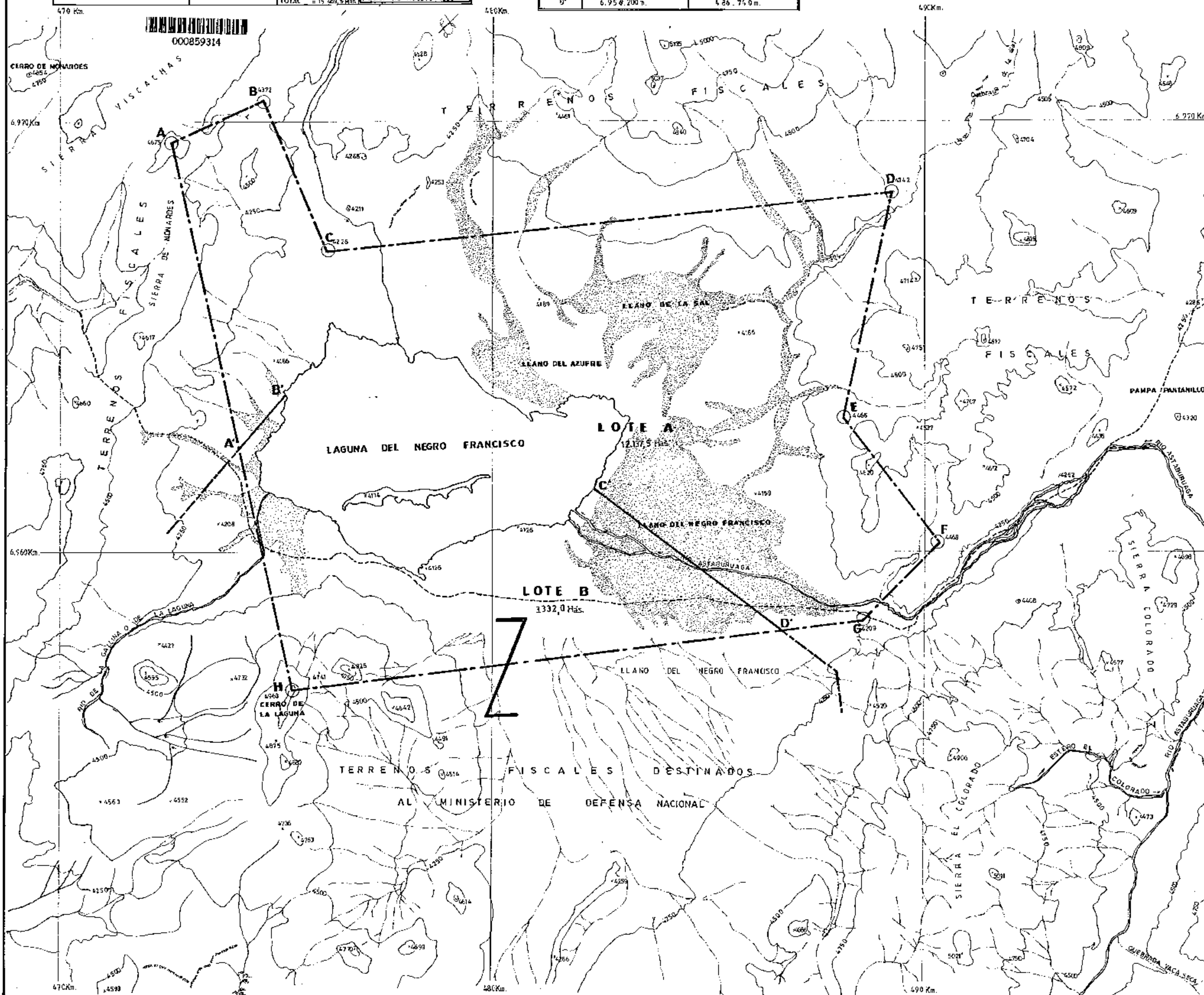
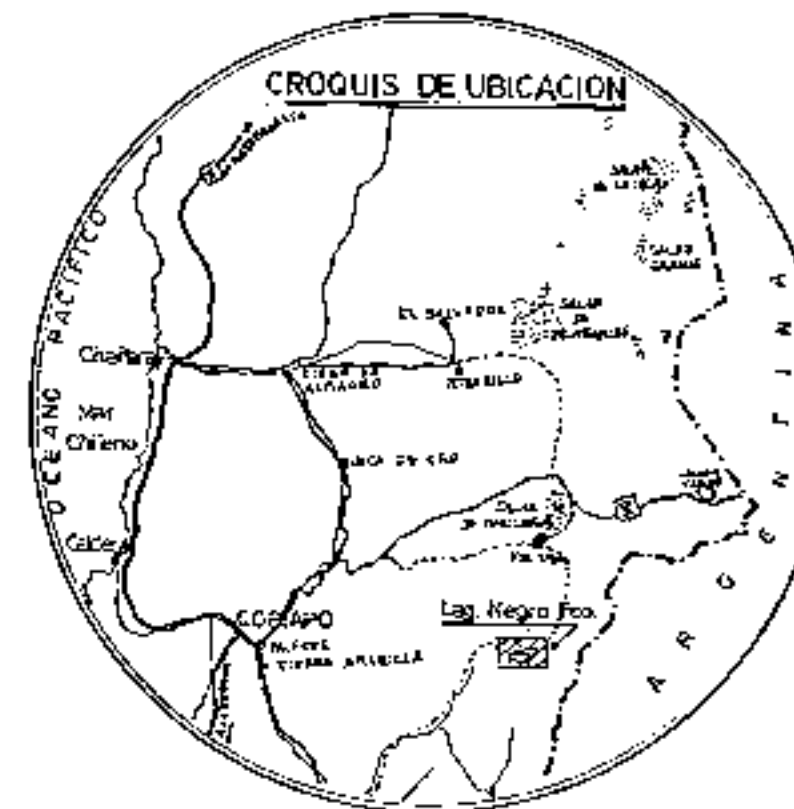
SUP. TOTAL TERRENOS P.N. NEVADO TRES CRUCES,  
 SECTOR LAGUNA SANTA ROSA = 48.138,10 Hás.

SUP. TOTAL MANTOS DE ORO = 1.193,63 Hás.



<b>MB</b>		<b>MINISTERIO DE BIENES NACIONALES</b>	
		<b>DIVISION DEL CATASTRO NACIONAL</b>	
		<b>DE LOS BIENES DEL ESTADO</b>	
<b>UBICACION</b>		<b>PLANO N° III-2-3362 C.R.</b>	<b>PATRICK PINO G.</b>
<b>REGION</b> : ATACAMA [03]		<b>SECRETARIO REG. MINISTERIAL</b>	
<b>PROVINCIA</b> : COPIAPO [2]		<b>REVISORES</b>	
<b>COMUNA</b> : TIERRA AMARILLA [03]		<b>VERIFICADO</b>	
<b>LUGAR</b> : LAGUNA DEL NEGRO FRANCISCO		<b>JUAN C. VALENZUELA</b>	
<b>Orientación y/o ubicación</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>INSPECTOR</b>	
	<b>PLANO CONFECCIONADO POR CONAF</b>	<b>VISOR</b>	
	<b>DATUM LA CANOA 1956, HUSO 19</b>	<b>JEFES DE TITULACIONES</b>	
<b>ESCALA</b>	<b>SUPERFICIE</b>	<b>FECHA</b> : AGOSTO 1983	
1:50.000	LOTE A = 12.177,5 Hás. LOTE B = 13.322,0 Hás. TOTAL = 25.499,5 Hás.		

VERTICE	COORDENADAS U.T.M.	
	NORTE	ESTE
A	6.969.500 m.	472.550 m.
B	6.970.490 m.	474.680 m.
C	6.966.950 m.	476.150 m.
D	6.968.350 m.	489.250 m.
E	6.963.150 m.	488.150 m.
F	6.960.220 m.	490.320 m.
G	6.958.420 m.	488.620 m.
H	6.956.800 m.	475.370 m.
A'	6.962.400 m.	474.130 m.
B'	6.963.640 m.	475.260 m.
C'	6.961.450 m.	482.360 m.
D'	6.958.200 m.	486.750 m.



Santiago, 06 de abril de 2021

**Sr. Rubén Verdugo Castillo**  
**Superintendente del Medio Ambiente**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**Presente**

**Ref.:** "RATIFICACION CON CONAF UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO EN INFORMACION CONTENIDA EN MEDIDA PROVISIONAL LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA". Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

De nuestra consideración,

Por medio de la presente Laguna Negro Francisco SpA, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, asociados al Proyecto “Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” (Proyecto) y también en relación al área del proyecto establecido en la Resolución Exenta N°85, de fecha 28 de agosto de 2018, SEA Región Atacama, lo siguiente:

- En reunión del día hoy con Personal de CONAF Atacama: Jorge Carabantes; Marcela Flores y Eric Diaz a quienes copio por mail de esta carta, tuvimos la ratificación por parte de CONAF de los límites del Sector Laguna San Francisco según consta en Decreto 947 que “Crea Parque Nacional Nevado De Tres Cruces En La III Región De Atacama” donde se define como parte del Parque LOTE A: Sector "Laguna del Negro Francisco" en Plano III-2-3362 C.R. Polígono: "A-B-C-D-E-F-G-D'-C'-B'-A'-A" – Superficie = 12.137,5 Hás.; en un plano confeccionado por CONAF y con todas las coordenadas UTM usando Datum La Canoa 1956, Huso 19.
- El mapa de referencia usado en la reunión de hoy como límite del Parque es el mismo del sitio web del mencionado Parque Nacional y su delimitación exacta es según CONAF la delimitación del sitio Ramsar Sector Laguna Negro Francisco (no incluye ni corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda ni Bofedal La Gallina); mapa que se adjunta continuación.







Y cuya ampliación del mismo muestra el mencionado sector Laguna del Negro Francisco con una forma y área (3.332 hectáreas) mayores a la de los límites de este sector



- En consecuencia en la reunión se acordó de forma unánime y clara que a la fecha ni los caminos, ni los sondajes que son parte de la medida provisional contenidas en el Proyecto “Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” y también en relación al área del proyecto establecido en la Resolución Exenta N°85, de fecha 28 de agosto de 2018, SEA Región Atacama, están dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces. Sin embargo y aunque reitero se acordó que nuestro proyecto no a hecho trabajos en el Parque se acordó asimismo seguir con las coordinaciones para dar por cumplido con prontitud el plan de cierre.
- Por ultimo se acordó en contactar a la SMA por parte nuestra para buscar la manera de resolver las diferencias en la cartografía de los mapas, lo que además de hacer por este medio, lo estamos haciendo a través de reuniones de ley del lobby con BBNN y SEA.

Esperando esta carta sea recibida de la mejor manera e incorporada al EXPEDIENTE MP-036-2020

Le saluda atentamente,



ALDO  
JOSE  
BOITANO  
DE MORAS

Firmado con firma  
electrónica  
avanzada por  
ALDO JOSE  
BOITANO DE  
MORAS  
Fecha: 2021.04.06  
13:58:32 -0400

**Aldo Boitano de Moras**  
Representante Legal  
Laguna Negro Francisco SpA

Santiago, 07 de abril de 2021

**Sr. Rubén Verdugo Castillo**  
**Superintendente del Medio Ambiente**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**Presente**

**Ref.:** Solicitud anexos que están mencionados como adjunto en Memorándum N°007\_2020 Atacama con fecha 18 de junio 2020. Parte Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, de la Superintendencia del Medio Ambiente. Expediente MP-036-2020

De nuestra consideración,

Por medio de la presente Laguna Negro Francisco SpA, de acuerdo a lo establecido en Memorándum N° 007\_2020 y que da origen entre otros a la Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, del Expediente MP-036-2020; asociados al Proyecto “Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” le solicitamos nos puedan acompañar los siguientes adjuntos que dice en el Memorándum mencionado que van como anexos y de los cuales tanto en el mismo Memorándum como en el Expediente MP-036-2020 no están disponibles

Los anexos solicitados son

- Anexo 1: Denuncia sectorial CONAF (ORD. N° 23/2019)
- Anexo 3: Informe de Fiscalización Ambiental.
- Anexo 4: Memo DSC N°462 solicita complementación de IFA
- Anexo 5: Memo N°003/2020, responde a solicitud de DSC.
- Anexo 8: ORD. ORA N°196 de fecha 18.10.2019. Solicitud de mayores antecedentes a CONAF Atacama.
- Anexo 9: Ord. N° 235 de CONAF, de fecha 26.11.2019, responde con mayores antecedentes sobre denuncia.
- Anexo 10: ORD. O.R.A. N° 219 de fecha 26.12.2019, solicita aclaraciones a CONAF.
- Anexo 11: ORD. N° 02/2020 de CONAF, de fecha 10.01.2020, responde a solicitud de aclaraciones.
- Anexo 12: ORD ORA N° 189 de fecha 14.10.2019 solicitud de antecedentes a SERNAGEOMIN
- Anexo 13: ORD. N° 05642 de fecha 16.10.2019 de SERNAGEOMIN, responde a solicitud.

Esperando esta carta sea recibida de la mejor manera e incorporada al Expediente MP-036-2020

Le saluda atentamente,



**ALDO  
JOSE  
BOITANO  
DE MORAS**

Firmado con firma  
electrónica  
avanzada por  
ALDO JOSE  
BOITANO DE  
MORAS  
Fecha: 2021.04.07  
10:35:17 -0400

**Aldo Boitano de Moras**  
Representante Legal  
Laguna Negro Francisco SpA

Santiago, 01 de abril de 2021

**Sr. Rubén Verdugo Castillo**  
**Superintendente del Medio Ambiente**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**Presente**

**Ref.:** "RATIFICACION UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO EN INFORMACION CONTENIDA EN MEDIDA PROVISIONAL LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA". Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

De nuestra consideración,

Por medio de la presente Laguna Negro Francisco SpA, en adelante LNF, consulta a usted de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, asociados al Proyecto “Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” (Proyecto) y también en relación al área del proyecto establecido en la Resolución Exenta N°85, de fecha 28 de agosto de 2018, SEA Región Atacama, lo siguiente:

- Ratificación tanto para LNF como para los organismos y autoridades competentes respecto a los límites y bordes del Parque Nacional Nevado Tres Cruces en el sector Laguna del Negro Francisco según consta en Decreto 947 que “Crea Parque Nacional Nevado De Tres Cruces En La III Región De Atacama” donde se define como parte del Parque LOTE A: Sector "Laguna del Negro Francisco" en Plano III-2-3362 C.R. Polígono: "A-B-C-D-E-F-G-D'-C'-B'-A'-A" – Superficie = 12.137,5 Hás.; en un plano confeccionado por CONAF y con todas las coordenadas UTM usando Datum La Canoa 1956, Huso 19. Notar que no se incluye LOTE B como parte integrante del Parque. Se adjunta el decreto 947 con sus respectivos planos mapas.

Nuestra consulta tiene por objeto reafirmar el área del Proyecto que siempre hemos definido como fuera del Parque Nacional y fuera de sitios Ramsar y porque en la Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020 se menciona la frase del denunciante CONAF en su resolución como sondajes al interior del Parque, lo que por los antecedentes que ya habíamos enviado no es así.



Adjunto un plano tomado del sistema de satélites sentinel, <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground> modo DEM que se alimenta de la información oficial de cada país miembro y 2 fotos de un cartel de la propia CONAF encontrado en la zona; con similitudes y algunas diferencias.



# PARQUE NACIONAL NEVADO DE TRES CRUCES





Sin otro particular, le saluda atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Aldo Boitano de Moras'. The signature is fluid and cursive.

**Aldo Boitano de Moras**  
Representante Legal  
Laguna Negro Francisco SpA

Distribución:

- Legal, LNF SpA
- Ger. Oper., LNF SpA
- Ger. Amb & Resp Soc.



Santiago, 01 de abril de 2021

**Sr. Rubén Verdugo Castillo**  
**Superintendente del Medio Ambiente**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**Presente**

**Ref.:** "mas antecedentes RATIFICACION UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO EN INFORMACION CONTENIDA EN MEDIDA PROVISIONAL LAGUNA NEGRO FRANCISCO SPA". Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

De nuestra consideración,

Por medio de la presente Laguna Negro Francisco SpA, en adelante LNF, le refiere mas antecedentes a usted de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 2395 de fecha 02 de diciembre de 2020, asociados al Proyecto “Exploración Minera Cuenca Laguna Negro Francisco” (Proyecto) y también en relación al área del proyecto establecido en la Resolución Exenta N°85, de fecha 28 de agosto de 2018, SEA Región Atacama, en relación a el área del proyecto donde se hicieron los sondeos que según CONAF y donde la mencionada resolución exenta N° 2395 no lo aclara se dice que se hicieron al interior del parque.

- Para mayor clarificación de los bordes del Parque Nacional Nevado Tres Cruces adjunto el link del Ministerio de Medio Ambiente donde aparece todo lo relacionado al Parque inclusive el Plan de Manejo de Conaf sobre el Parque, acá también el Parque está delimitado de acuerdo Decreto 947 Ministerio de Bienes Nacionales con la figura o plano 3362 CR.pdf . Cabe notar que se puede verificar en terreno aledaños al Parque señalética donde se indica lo contrario, vale decir que se esta dentro del parque sin estarlo, lo mismo aplica en señalética y carteles de Refugio Negro Francisco que no esta en el Parque.

<http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/ficha?ficha=WDPA-027>

- Por otros lado LNF reconoce el Parque Nacional Nevado Tres Cruces dentro del Área de Influencia del Proyecto. Además, en página 105 del Anexo 126-1 de la Adenda Complementaria se indica que el mencionado Parque Nacional y Sitio RAMSAR se emplaza a 6 km aproximadamente de distancia de las obras proyectadas en el sector de pozos de extracción. Dado lo anterior, el Titular debe reconocer e incluir dentro de la Normativa Ambiental Aplicable el Decreto de Creación del Parque Nacional, correspondiente al Decreto N° 947 del Ministerio de Bienes Nacionales, de fecha 29 de julio de 1994, que crea el Parque Nacional Nevado Tres Cruces. Se debe indicar: Fase del Proyecto a la que aplica



o en la que se dará cumplimiento; Parte, obra o acción a la que aplica; Forma de cumplimiento; Indicador que acredita su cumplimiento; y Forma de control y seguimiento.

<https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=97/40/137fdca26cb1676e8f12a8599f331d13d5c1>

La reafirmación por parte de la SMA de que nuestro proyecto y los consiguientes sondeos que fueron denunciados por CONAF están fuera del Parque Nacional Nevado Tres Cruces es de suma importancia para nosotros, agradeceríamos pudieran revisar los antecedentes que les hemos presentado.

Sin otro particular, le saluda atentamente,



**Aldo Boitano de Moras**  
Representante Legal  
Laguna Negro Francisco SpA

Distribución:

- Legal, LNF SpA
- Ger. Oper., LNF SpA
- Ger. Amb & Resp Soc.





## **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).

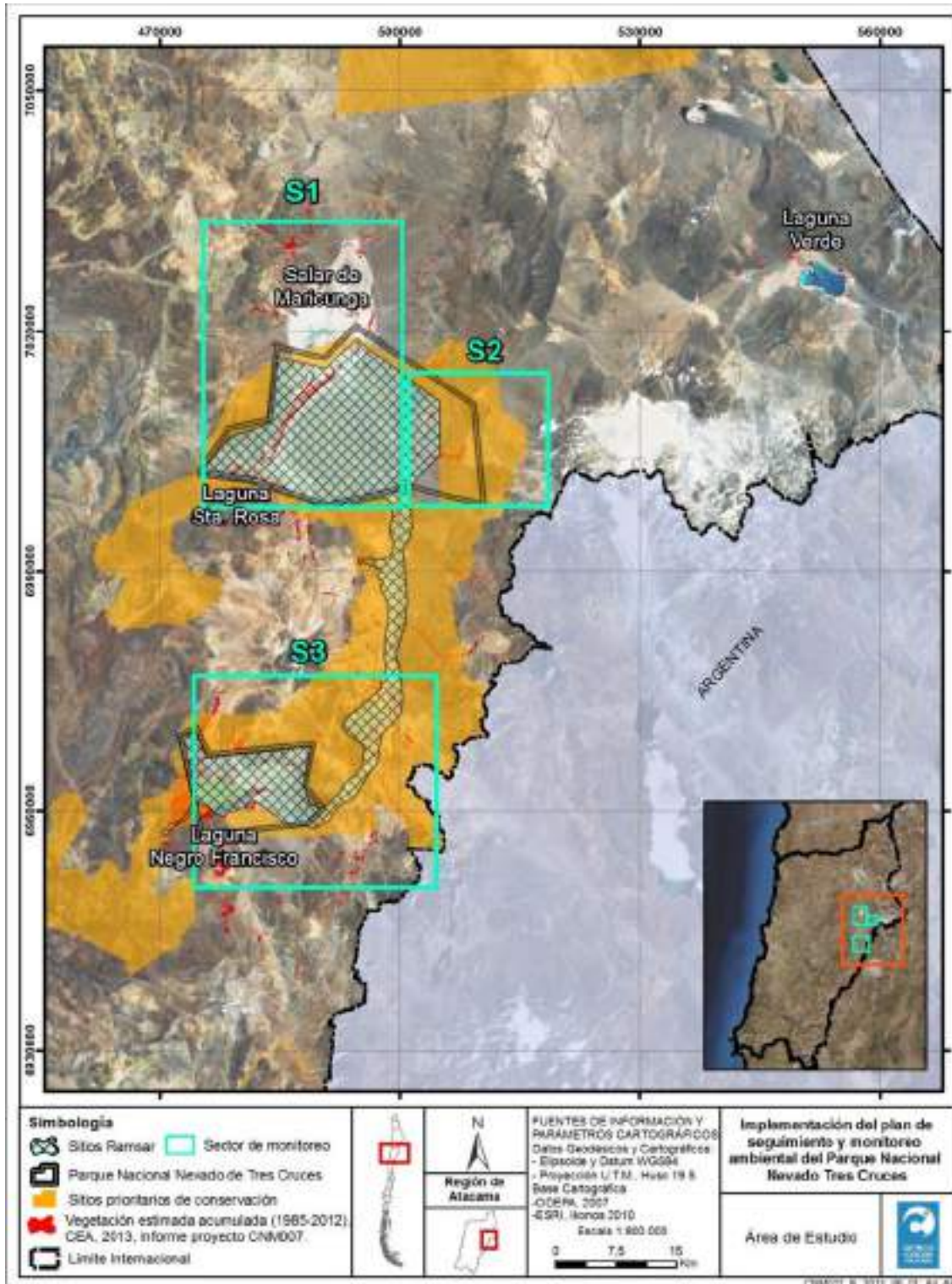


Figura 1.1: Área de estudio y sectores de monitoreo.



## 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 abarca 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.

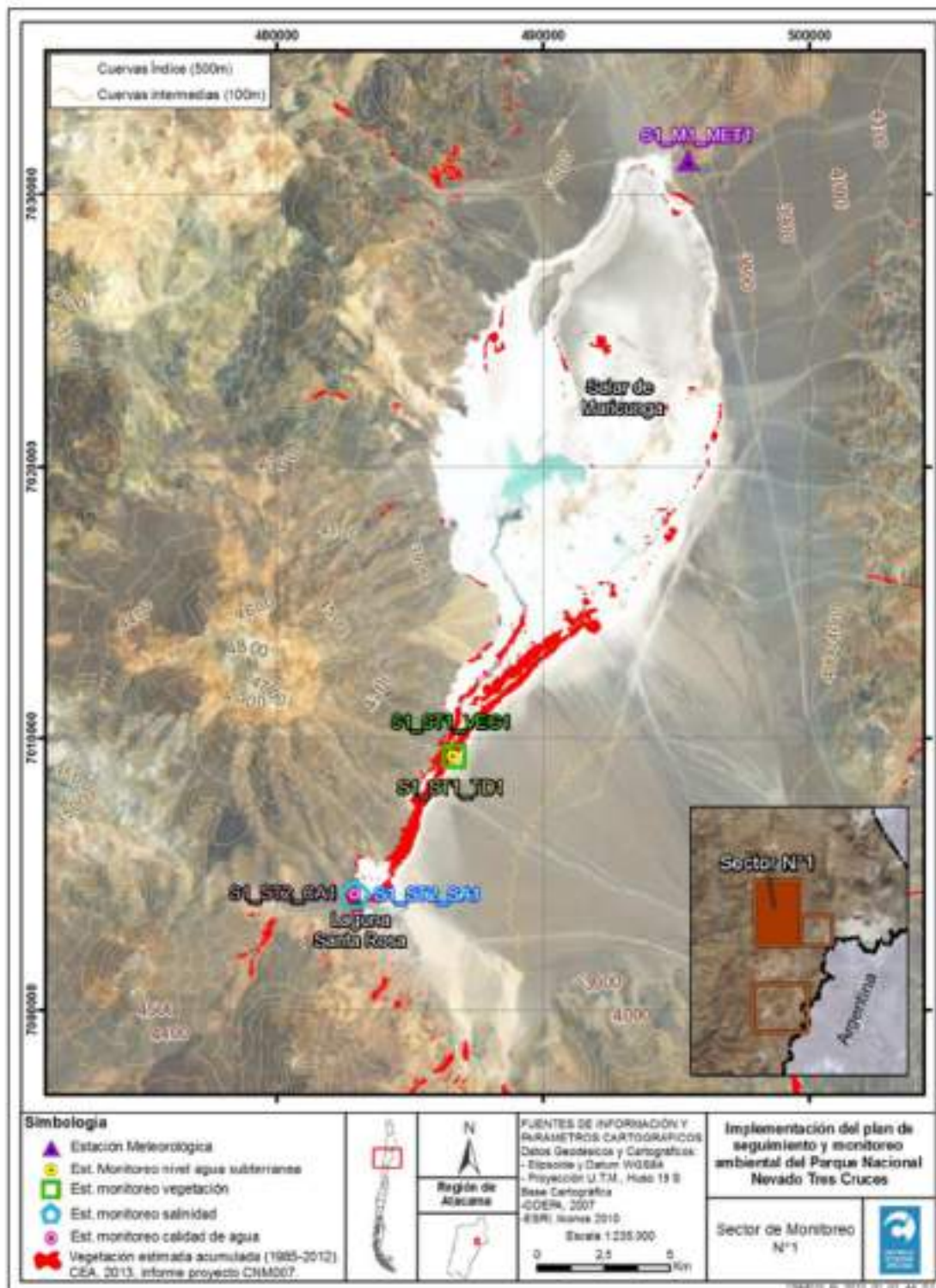


Figura 2.1: Sector 1 de monitoreo, S1 - Salar de Maricunga.



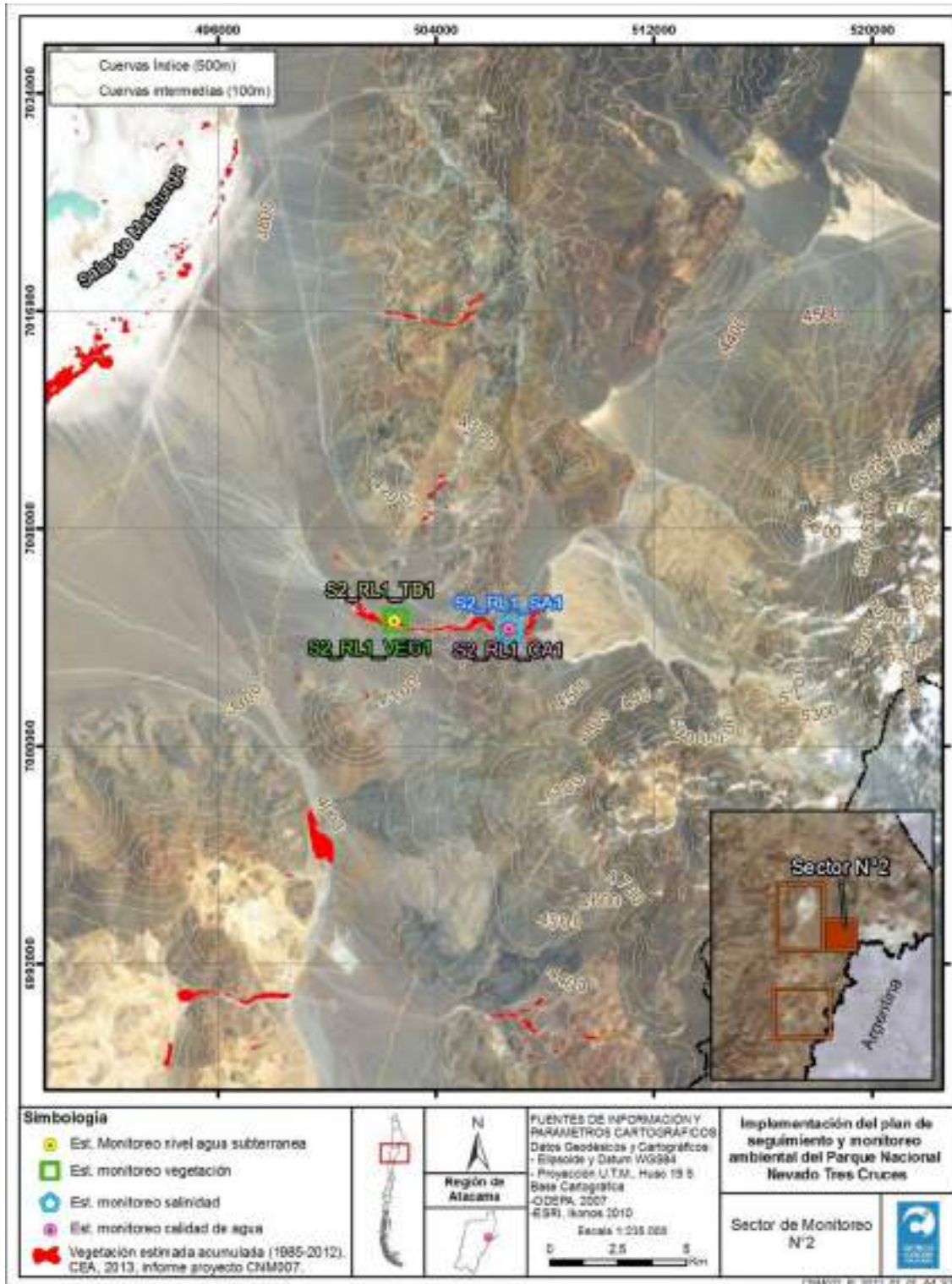


Figura 2.2: Sector 2 de monitoreo. S2 - Río Lamas.

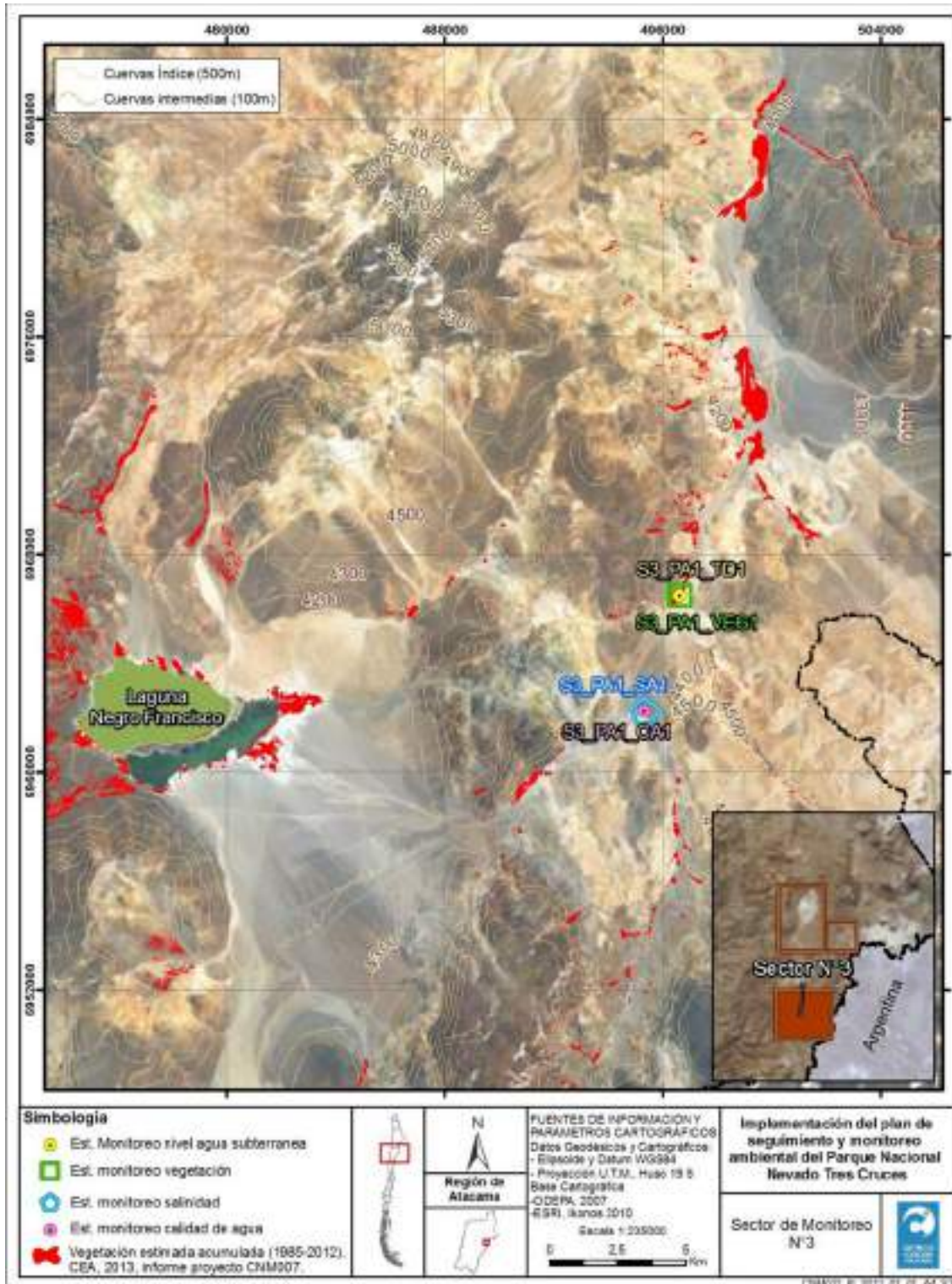


Figura 2.3. Sector 3 de monitoreo. S3 - Vega Pantanillo y río Astaburuaga.

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</b> <b>30-10-2014</b>	<b>10:00 a</b> <b>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</b> <b>30-10-2014</b>	<b>11:30 a</b> <b>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</b> <b>30-10-2014</b>	<b>14:00 a</b> <b>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 realizar 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 occulta*, *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 (Memorándum 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, entre tres a cinco individuos que estaban presentes en cada uno de los 3 sitios (A, B y C) y separados 5 m entre sí, 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/ $g_s$** )

### **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:

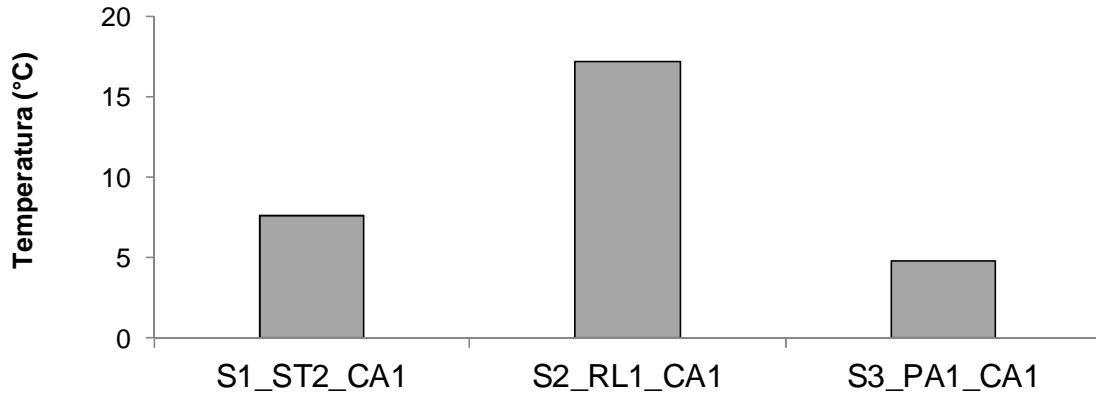
- Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones-Chile. Risacher *et al.*, 1999.
- Línea base hidrogeológica e hidrológica Lobo Marte y Modelo Hidrogeológico Ciénaga Redonda. Anexo II-1 Anexo E. Golder Associates, 2011.
- Datos estación calidad de aguas 03041005-k Río Lamas en El Salto.DGA, 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.

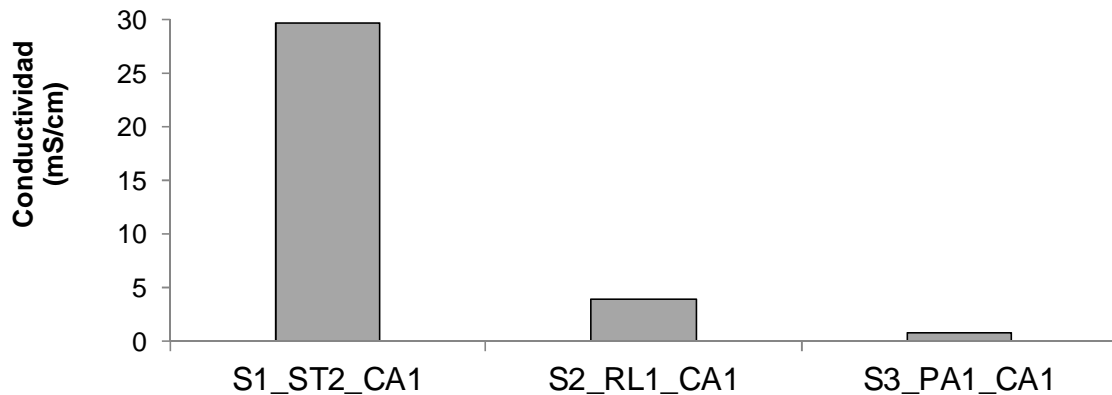
##### 3.1.1 Parámetros in-situ

**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).



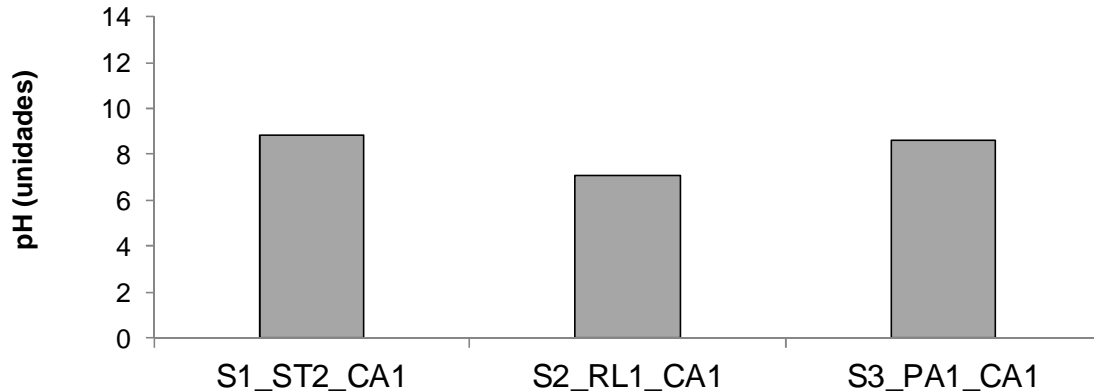
**Figura 3.1: Temperatura (°C) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



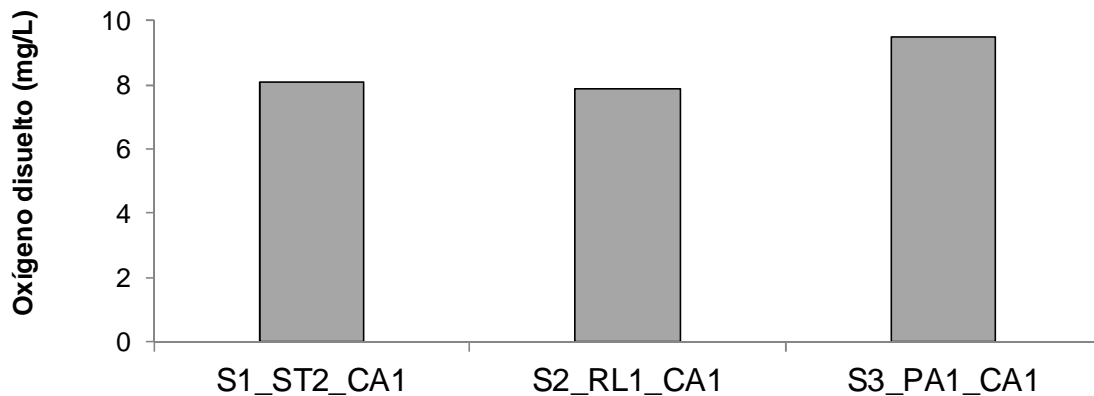
**Figura 3.2: Conductividad (mS/cm) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).

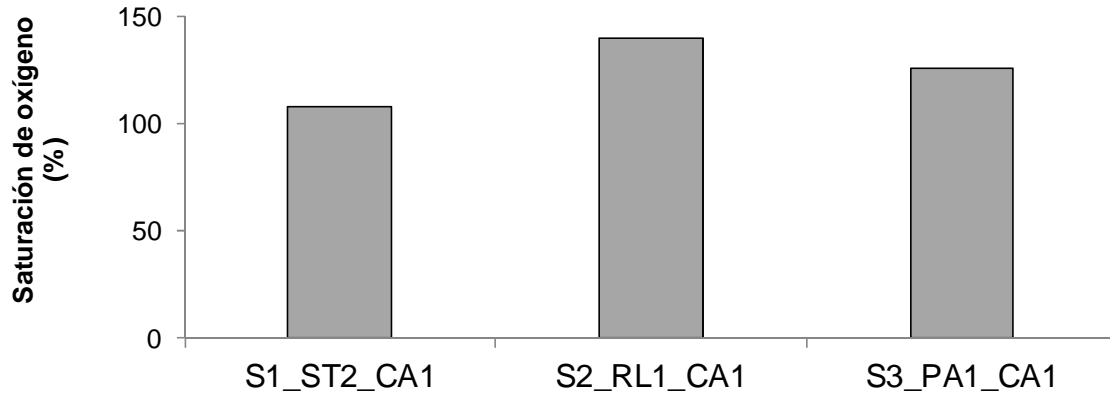


Figura 3.5: Saturación de oxígeno (%) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.

### 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).

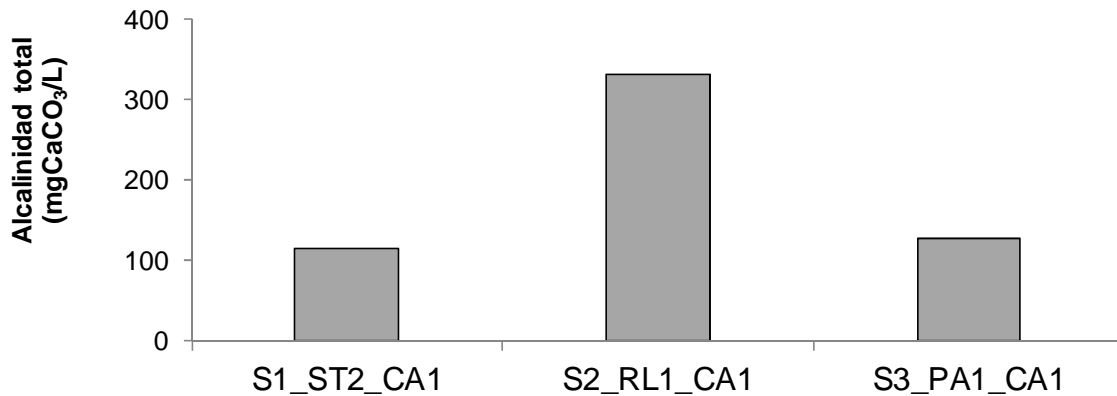
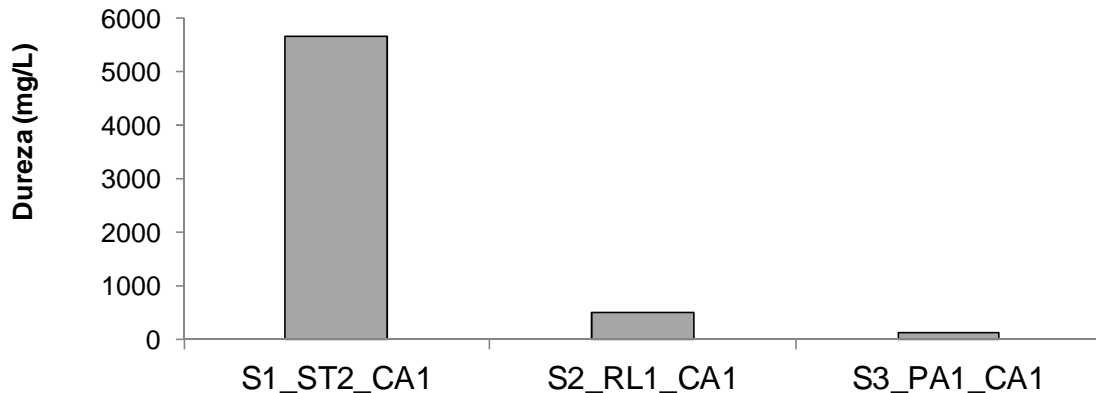


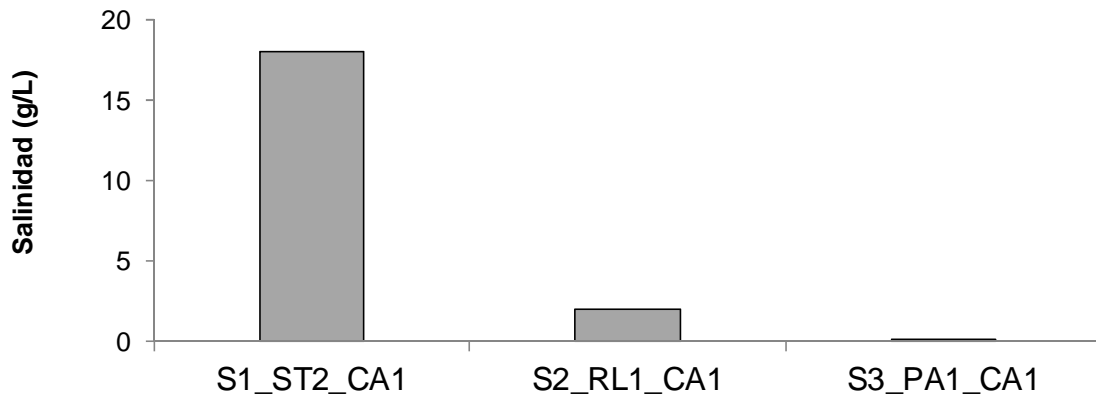
Figura 3.6: Alcalinidad total (CaCO<sub>3</sub>/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.

**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).



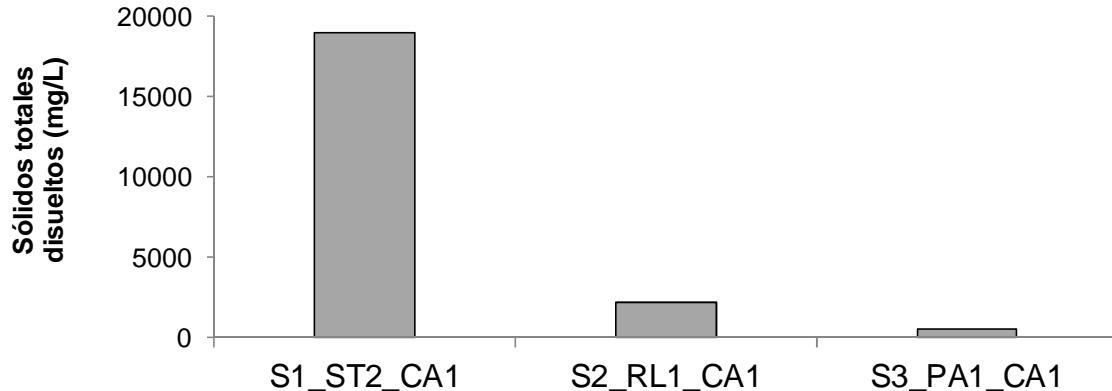
**Figura 3.7: Dureza (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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.



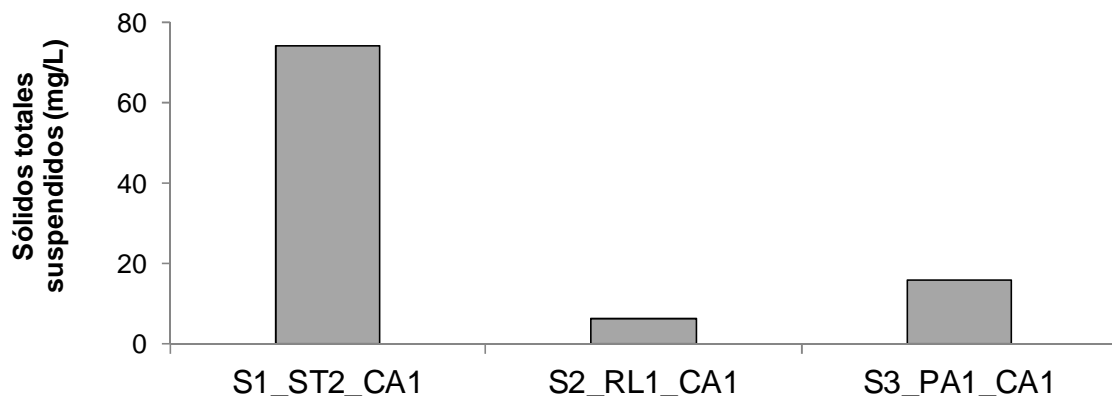
**Figura 3.8: Salinidad (g/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).

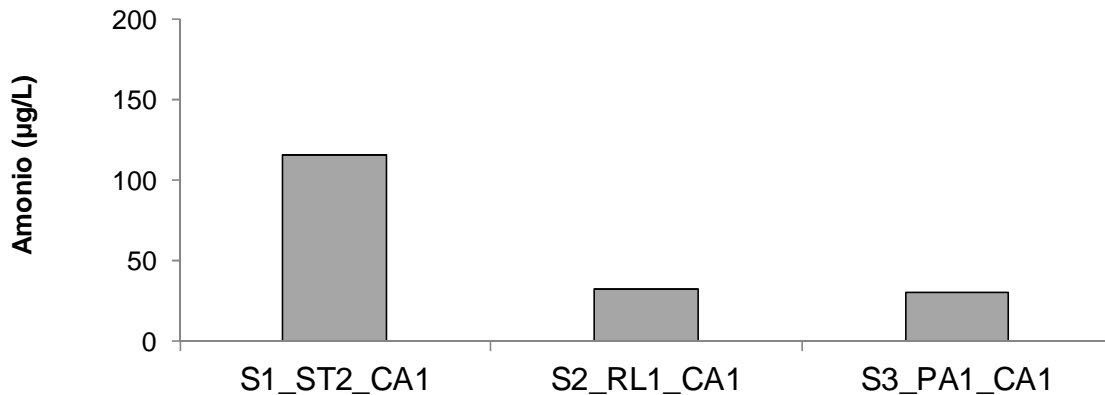


**Figura 3.10: Sólidos totales suspendidos (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**



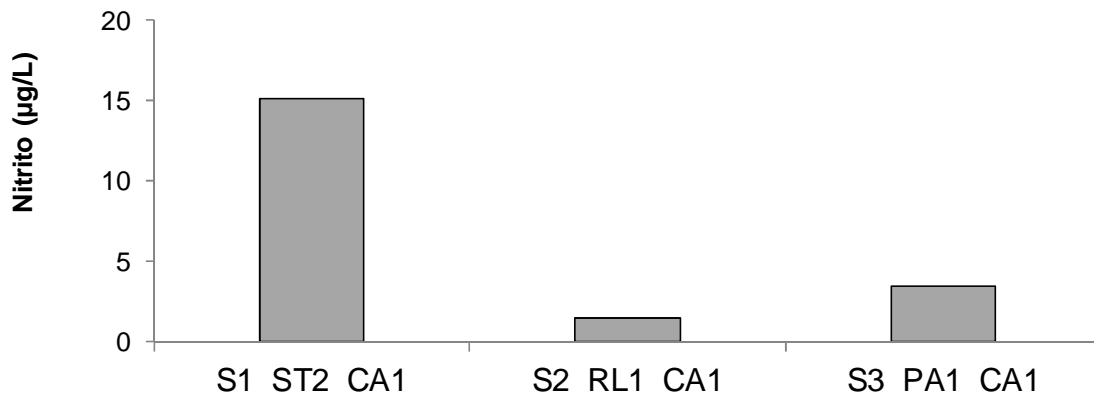
### 3.1.3 Nutrientes

**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).



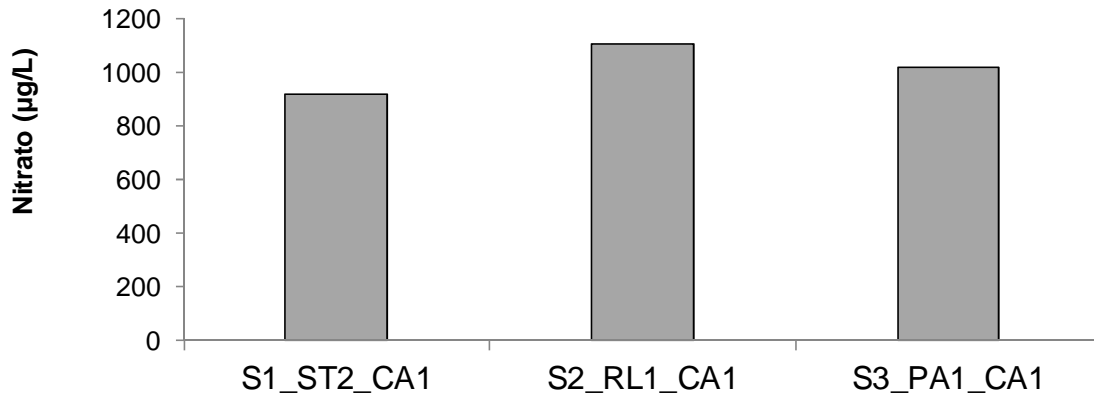
**Figura 3.11: Concentración de Amonio ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



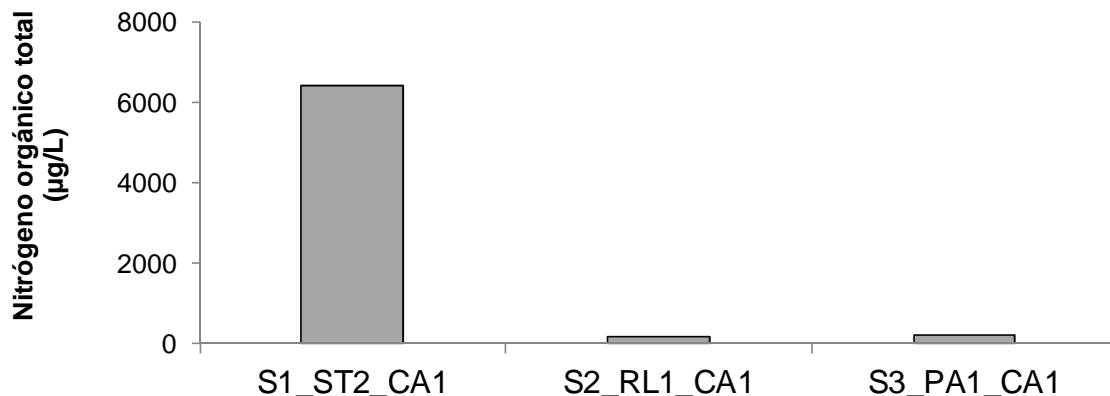
**Figura 3.12: Concentración de Nitrito ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



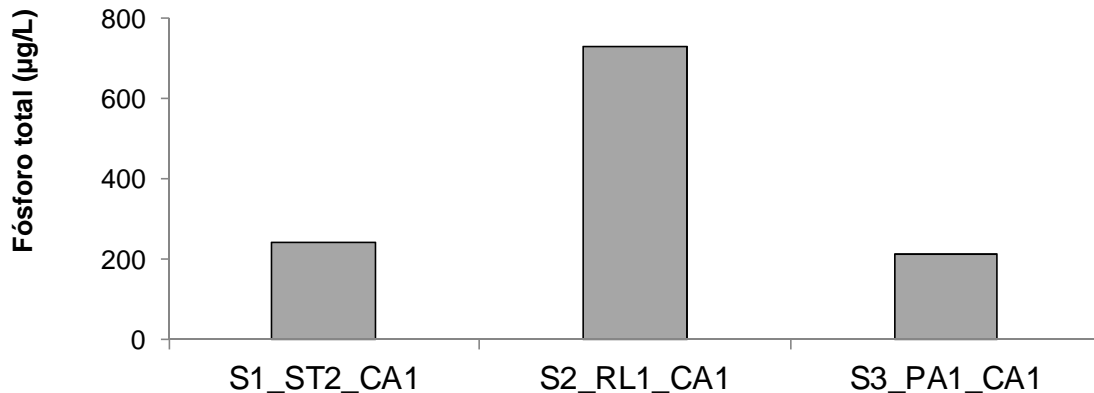
**Figura 3.13: Concentración de Nitrato ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



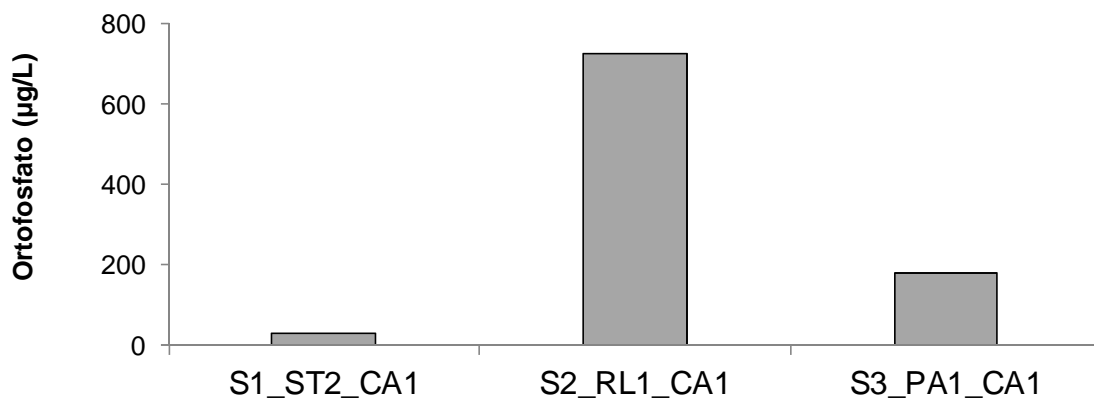
**Figura 3.14: Concentración de Nitrógeno orgánico total ( $\mu\text{g/L}$ ) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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.**

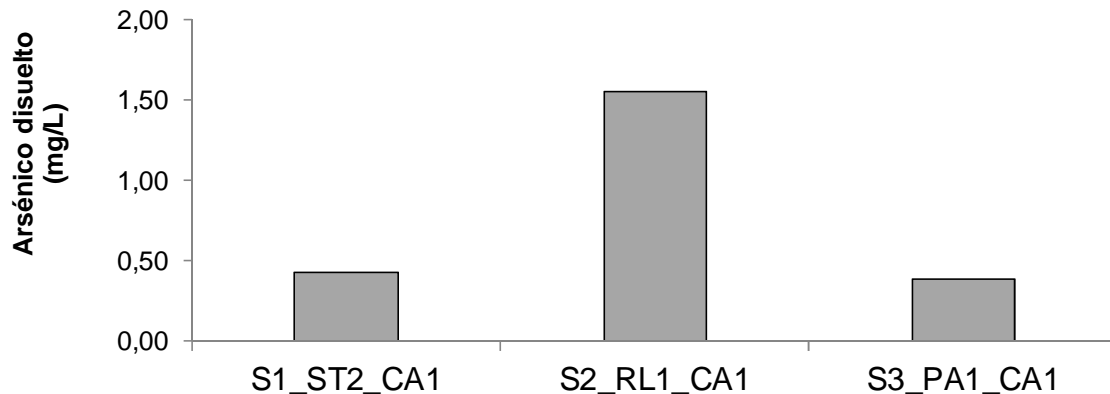
**Ortofosfato ( $\mu\text{g/L}$ ):** Durante abril de 2014, la concentración de ortofosfato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 32  $\mu\text{g/L}$ , en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 728  $\mu\text{g/L}$ , mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue 180  $\mu\text{g/L}$  (Figura 3.16). En los 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.**

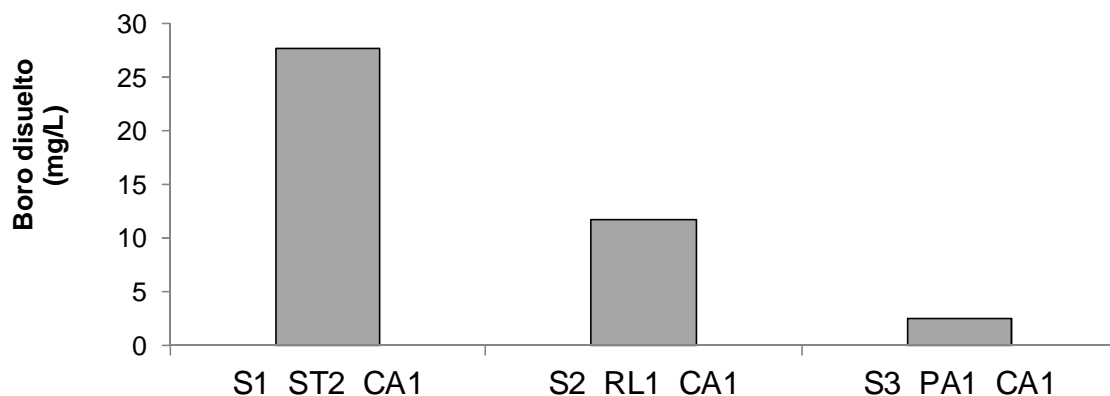
### 3.1.4 Metales disueltos

**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).



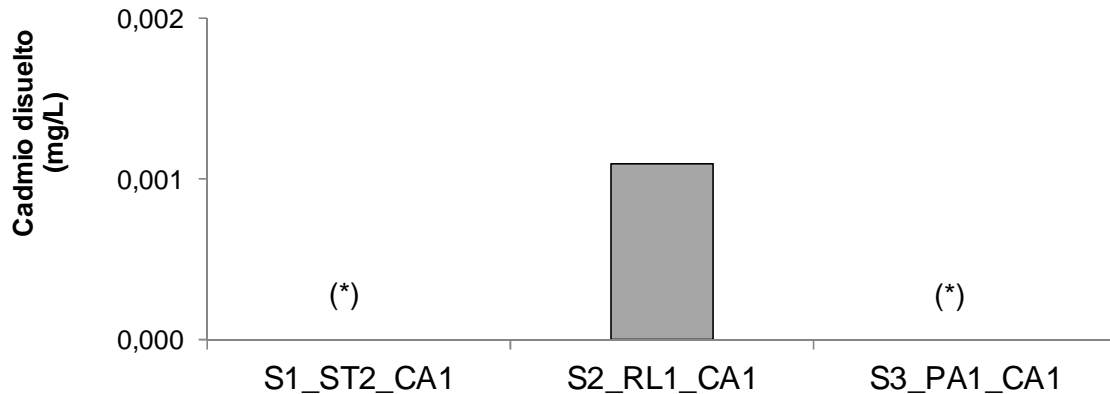
**Figura 3.17: Concentración de Arsénico disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



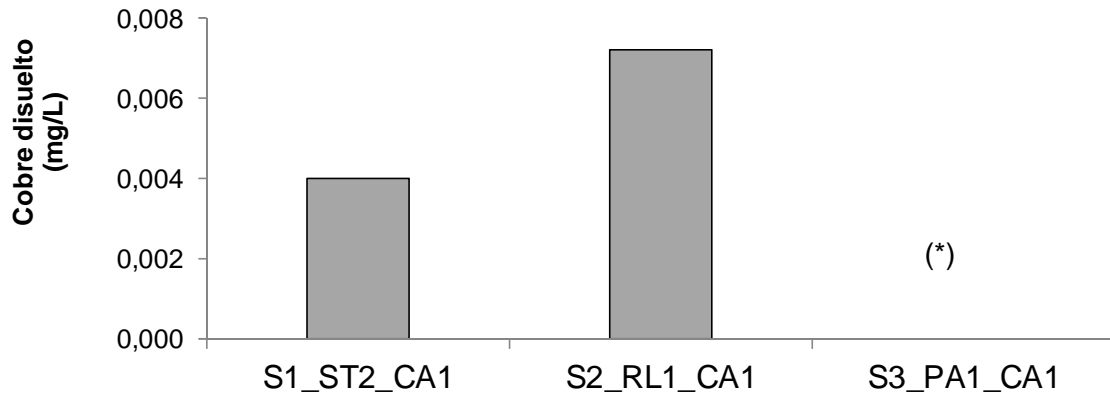
**Figura 3.18: Concentración de Boro disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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.



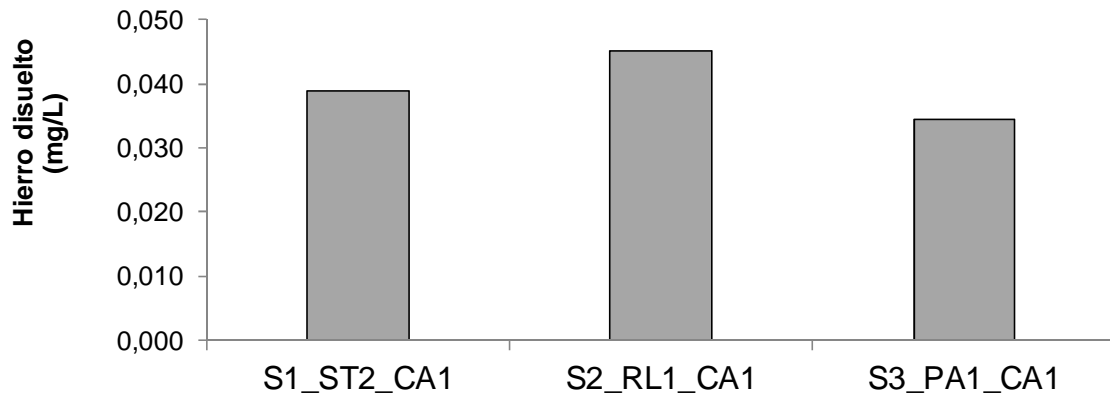
**Figura 3.19: Concentración de Cadmio disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de detección (S1= 0,0002 mg/L y S2 y S3 =0,003 mg/L)**

**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.



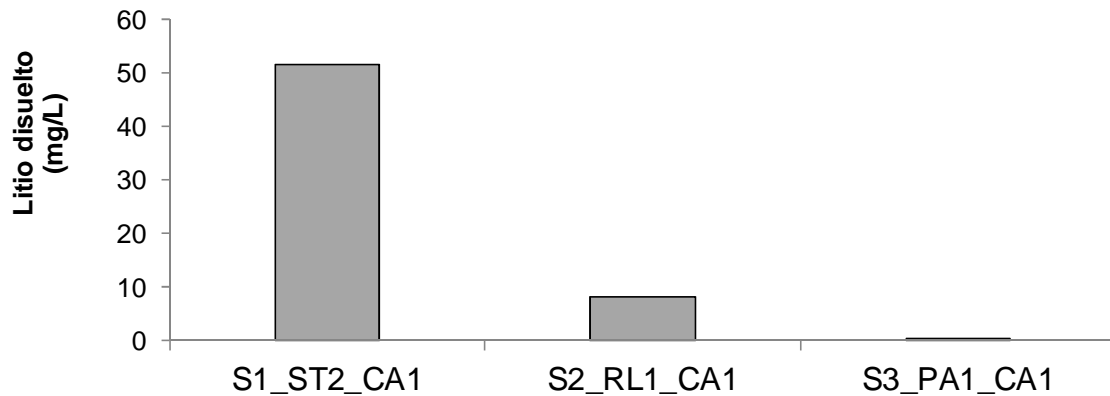
**Figura 3.20: Concentración de Cobre disuelto (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de detección (<0,003 mg/L)**

**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.**

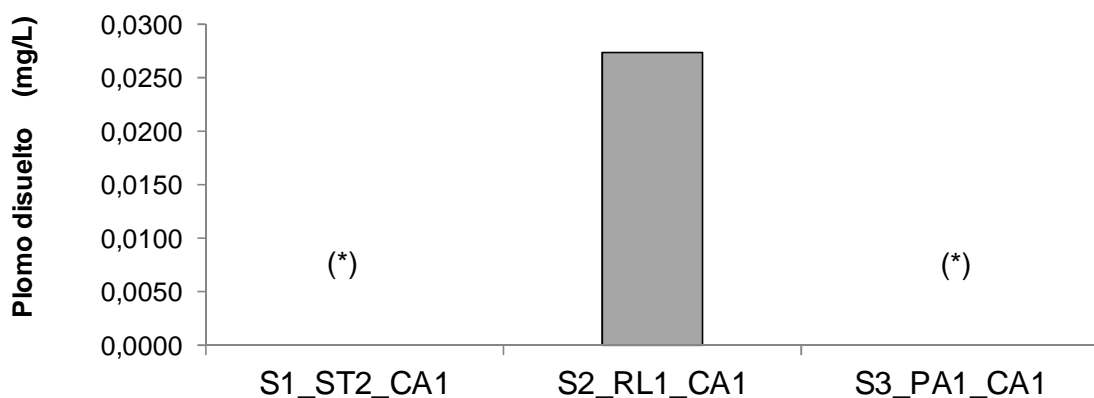
**Litio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de litio disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 51,60 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 8,03 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,43 mg/L (Figura 3.22). Los sectores 1 y 3 presentaron valores dentro de lo esperado, 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.**

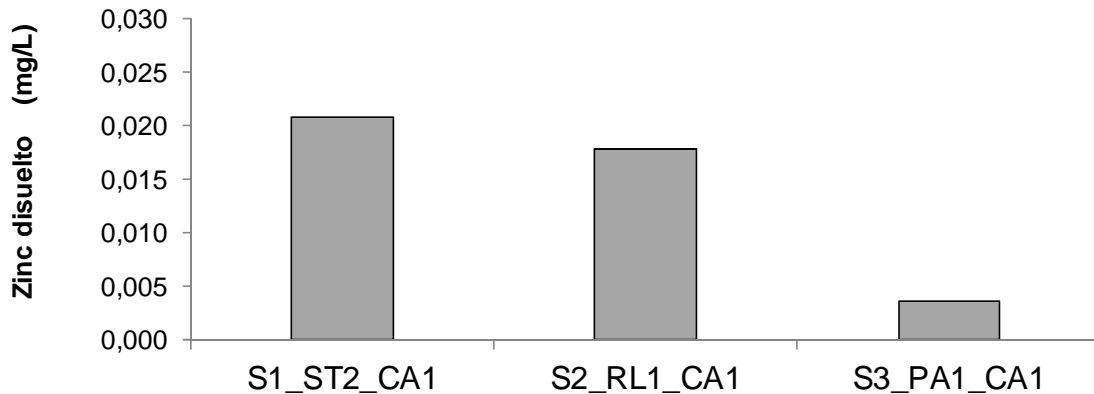
**Mercurio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de mercurio disuelto en todos los sectores fue menor al límite de detección (<0,0005 mg/L) (Tabla I del anexo). Dado que el límite de detección de esta campaña fue mayor al observado en estudios anteriores, no se realizó la comparación con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

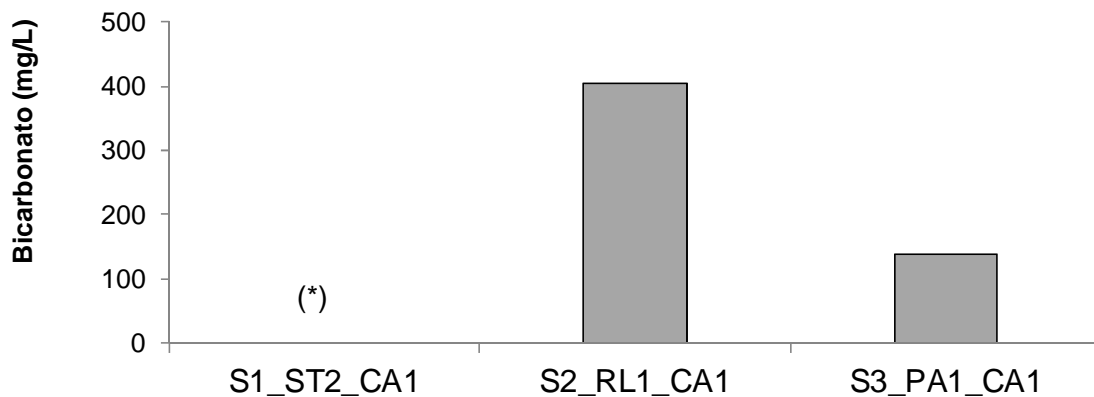
**Zinc (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de zinc disuelto en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 0,0208 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 0,018 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 0,004 mg/L (Figura 3.24). Las diferencias en los límites de detección entre el 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

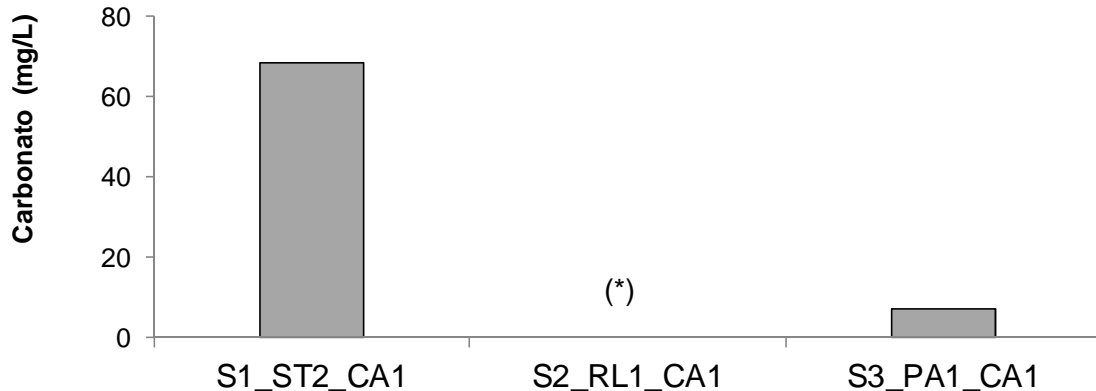
**Bicarbonato (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de bicarbonato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de <5 mg/L y se encontró sobre el máximo registrado en el sector, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 403 mg/L, valor que se encontró dentro del rango esperado, mientras que en el sector 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)**

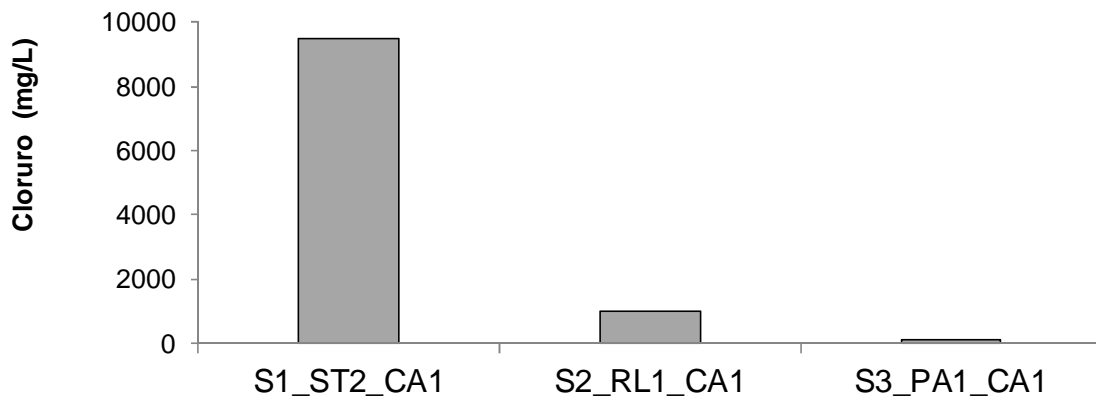


**Carbonato (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de carbonato en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 69 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de <5 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 7,3 mg/L (Figura 3.26). Las concentraciones de los sectores 1 y 3, se encontraron dentro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



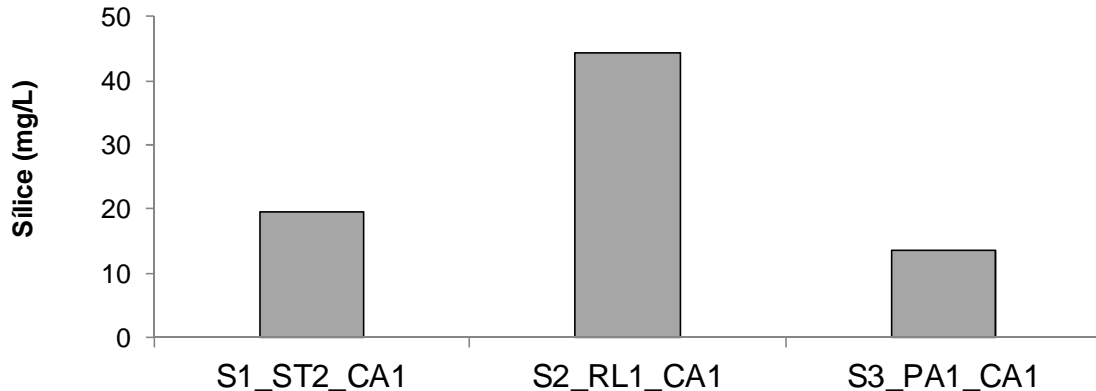
**Figura 3.26: Concentración de Carbonato (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014. (\*) Valor bajo el límite de cuantificación (<5 mg/L).**

**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).



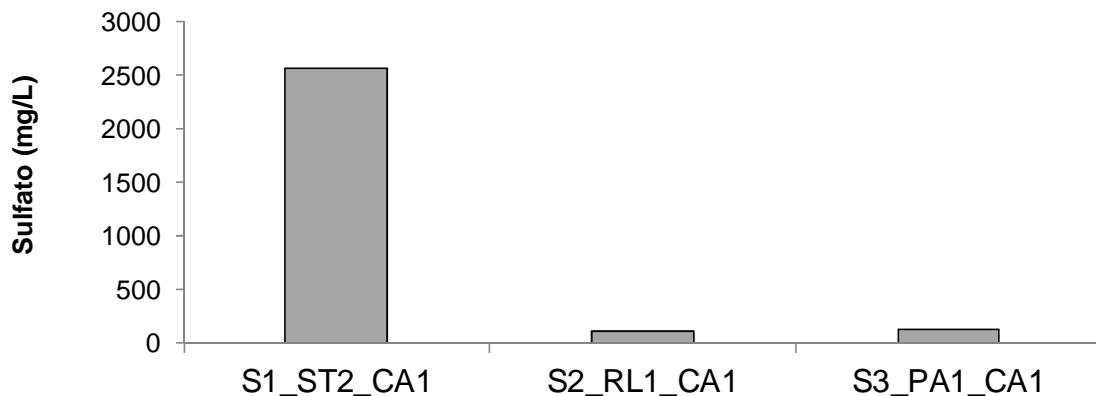
**Figura 3.27: Concentración de Cloruro (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



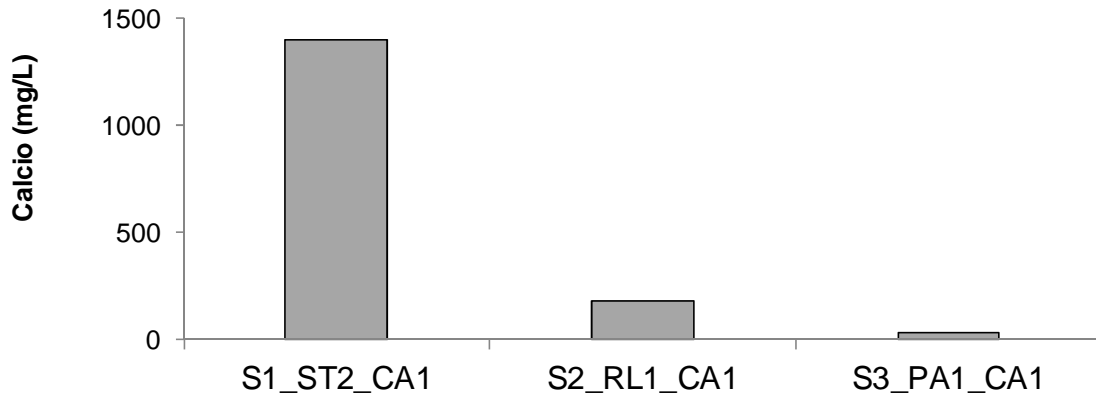
**Figura 3.28: Concentración de Sílice (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



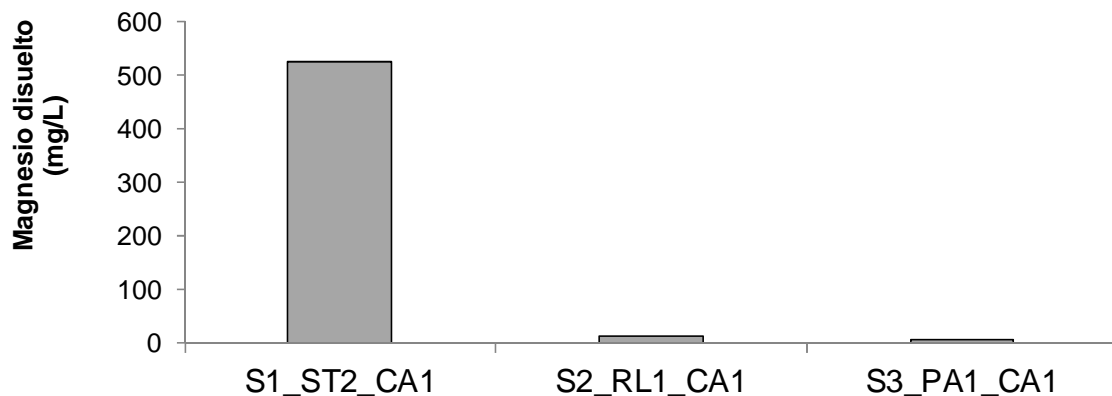
**Figura 3.29: Concentración de Sulfato (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



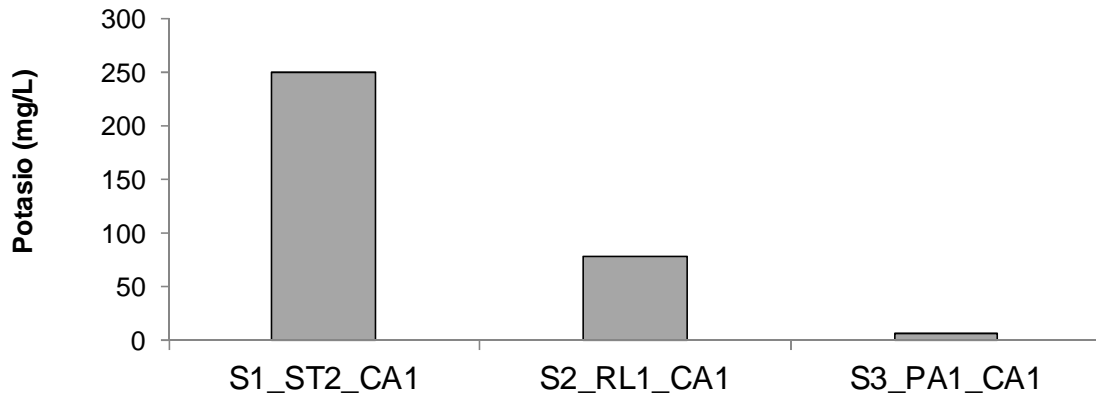
**Figura 3.30: Concentración de Calcio (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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).



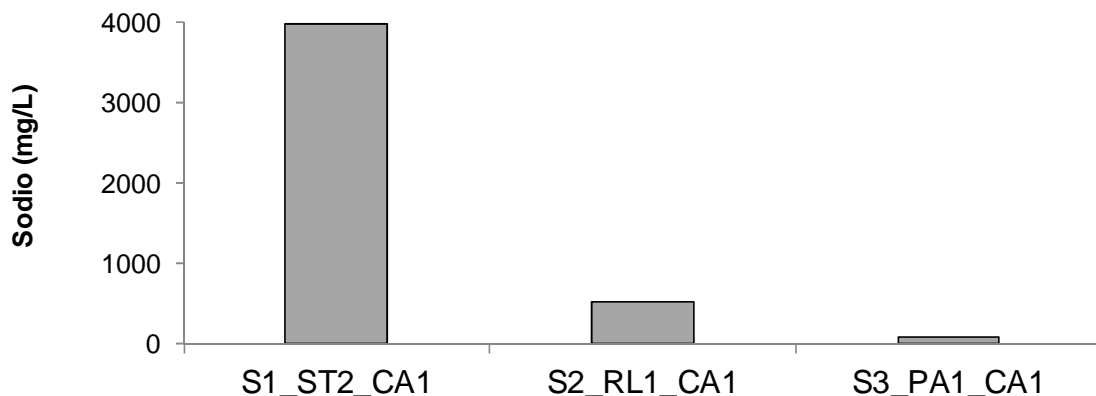
**Figura 3.31: Concentración de Magnesio (mg/L) en los sectores de monitoreo de calidad de agua. Abril 2014.**

**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.**

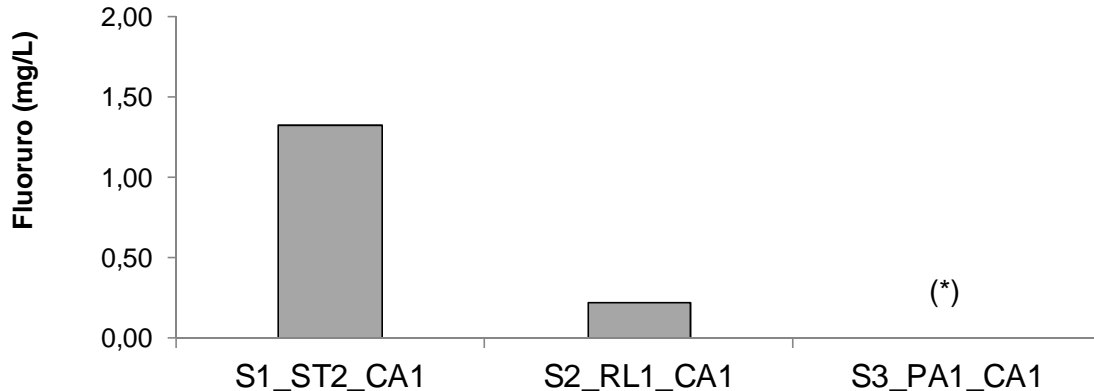
**Sodio (mg/L):** Durante abril de 2014, la concentración de sodio en el sector 1 (S1\_ST2\_CA1) fue de 3985,0 mg/L, en el sector 2 (S2\_RL1\_CA1) fue de 523,3 mg/L, mientras que en el sector 3 (S3\_PA1\_CA1) fue de 82,7 mg/L (Figura 3.33). Las concentraciones de sodio en todos los sectores se encontraron 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).

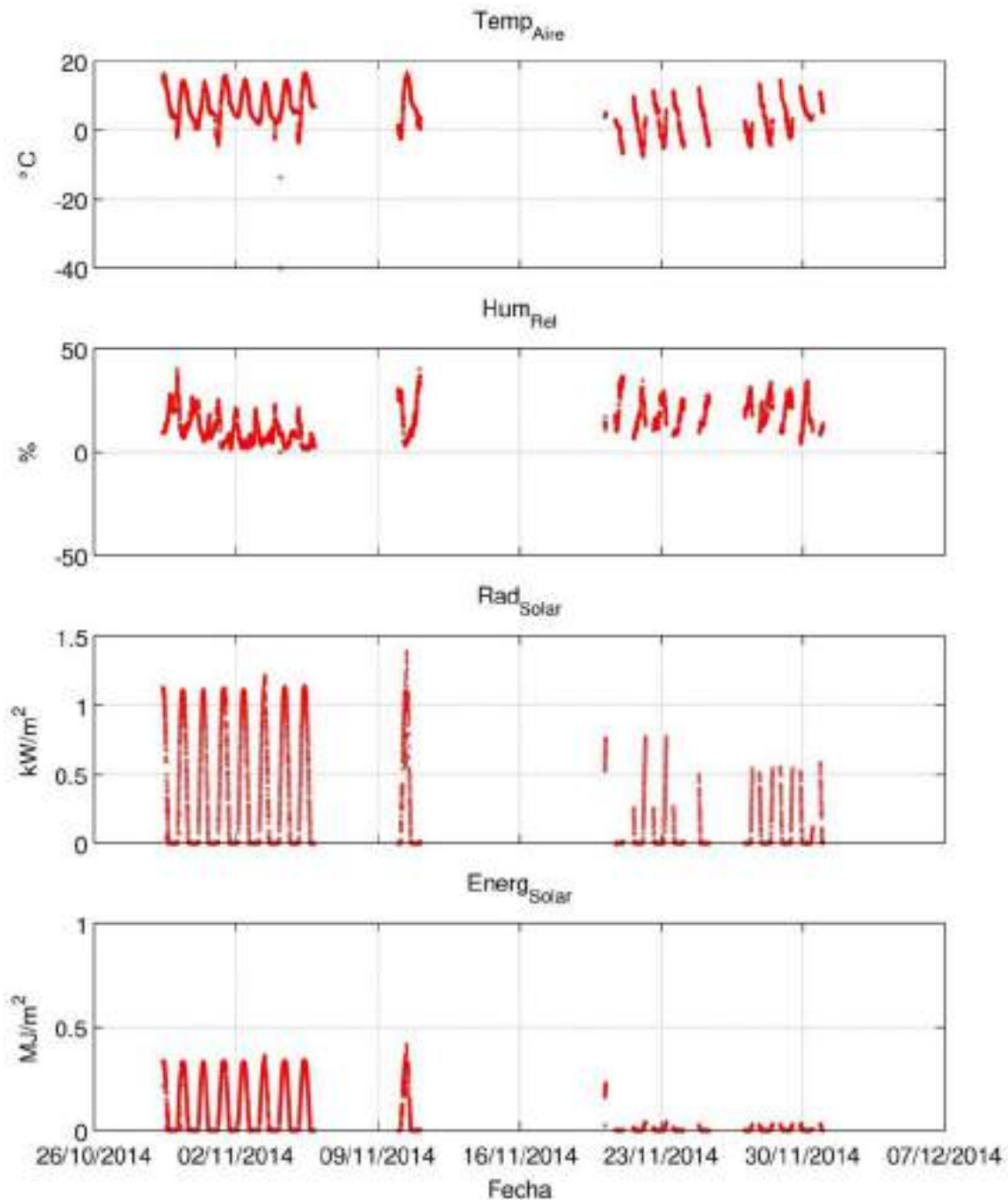


Figura 3.35. Registro obtenidos por la estación meteorológica instalada en este estudio. Se muestran 4 de las 8 variables medidas por la estación. De arriba hacia abajo ellas corresponden a: Temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa del aire (%), radiación solar ( $\text{kW}/\text{m}^2$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

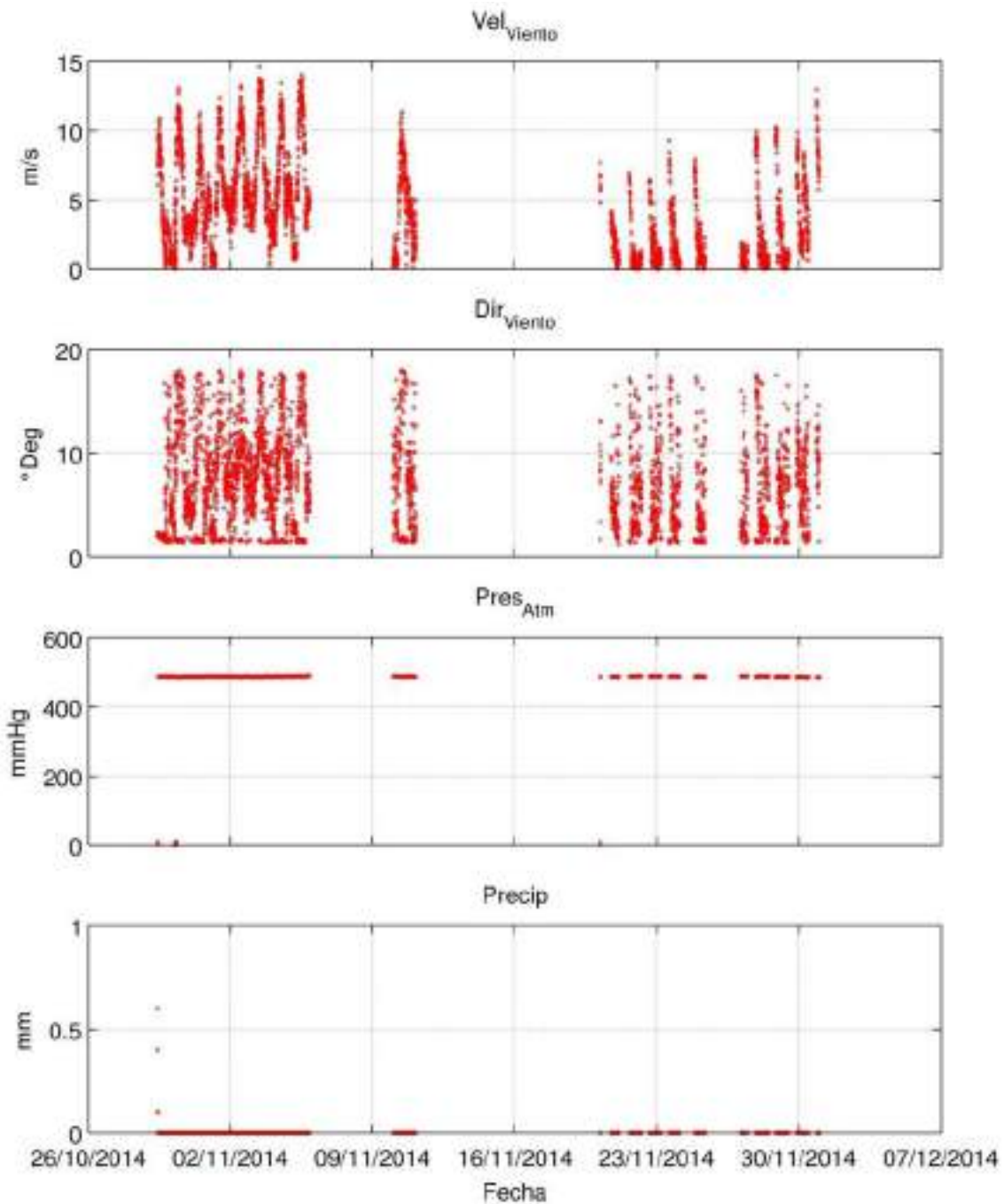


Figura 3.36. Registro obtenidos por la estación meteorológica instalada en este estudio. Se muestran 4 de las 8 variables medidas por la estación. De arriba hacia abajo ellas corresponden a: Velocidad del viento (m/s), dirección del viento (°Deg), presión atmosférica (mmHg) y precipitación (mm).

### 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

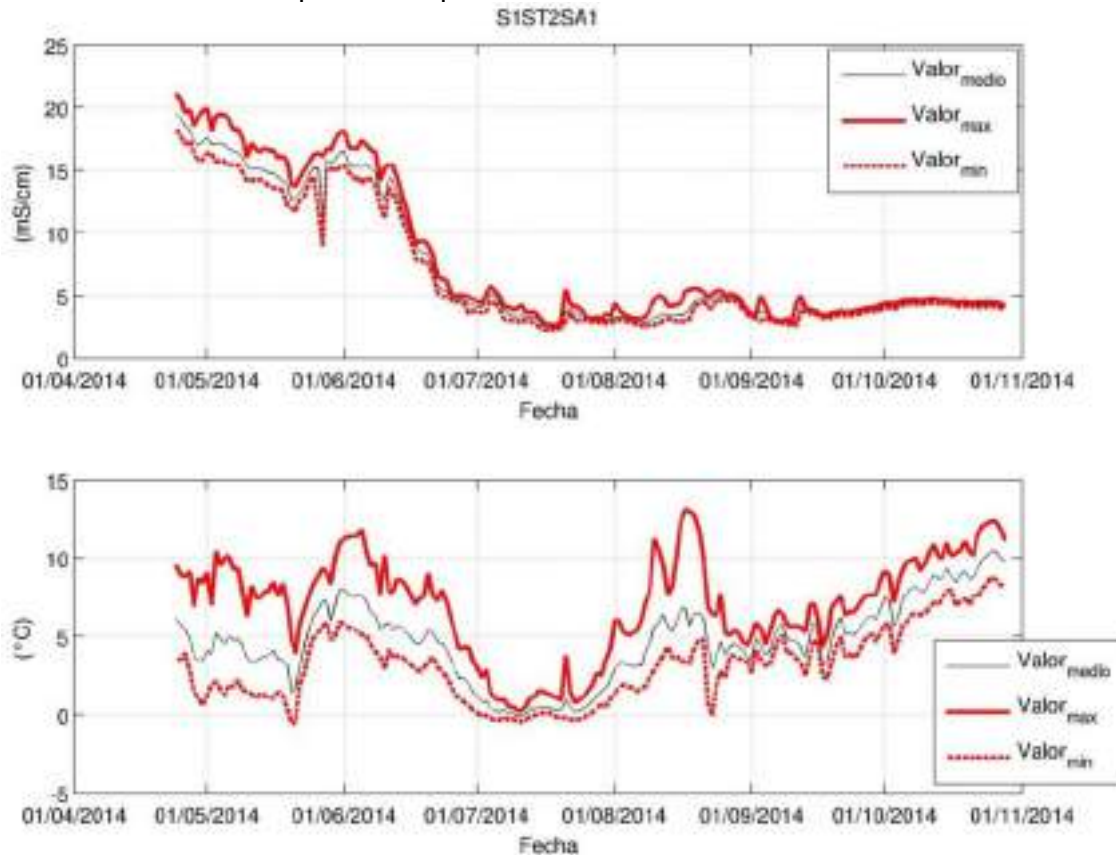
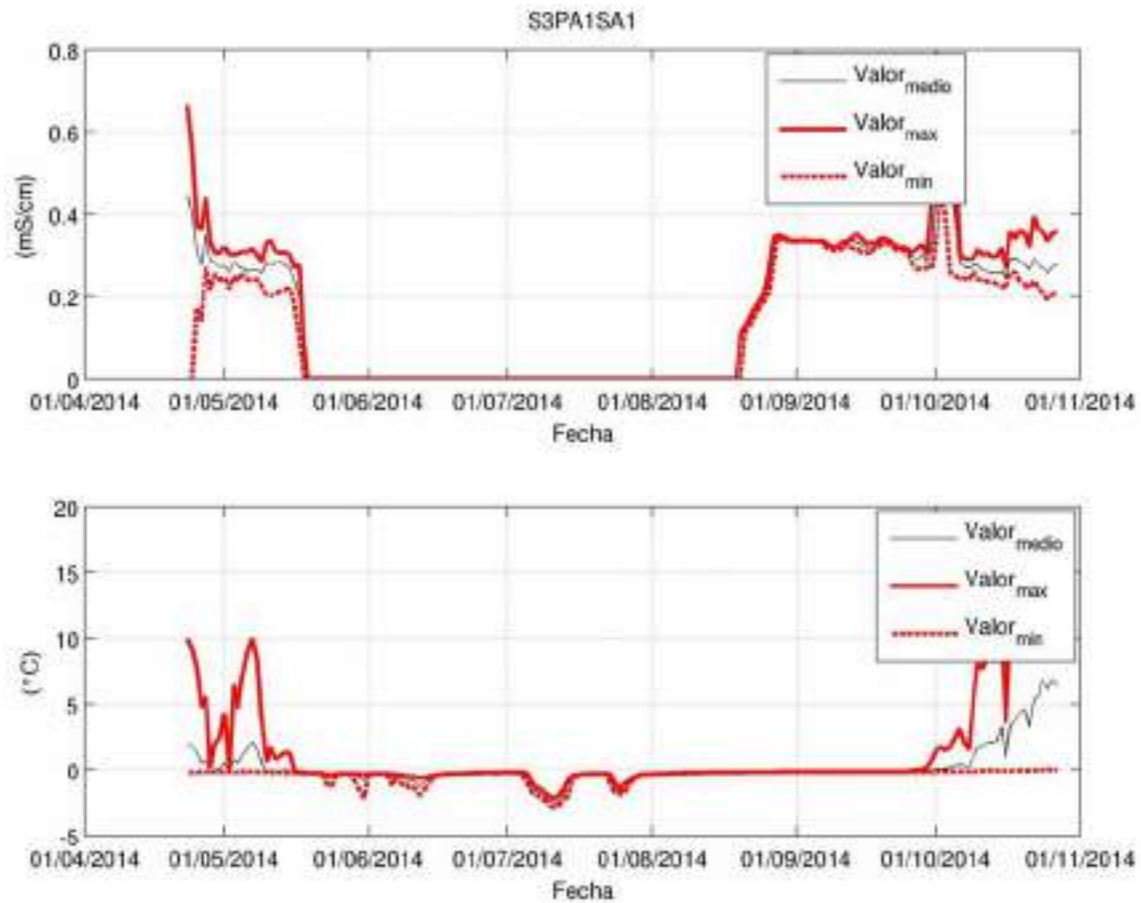


Figura 3.37. Registro obtenidos por el sensor de conductividad y temperatura HOBO, instalado en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa.





**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.

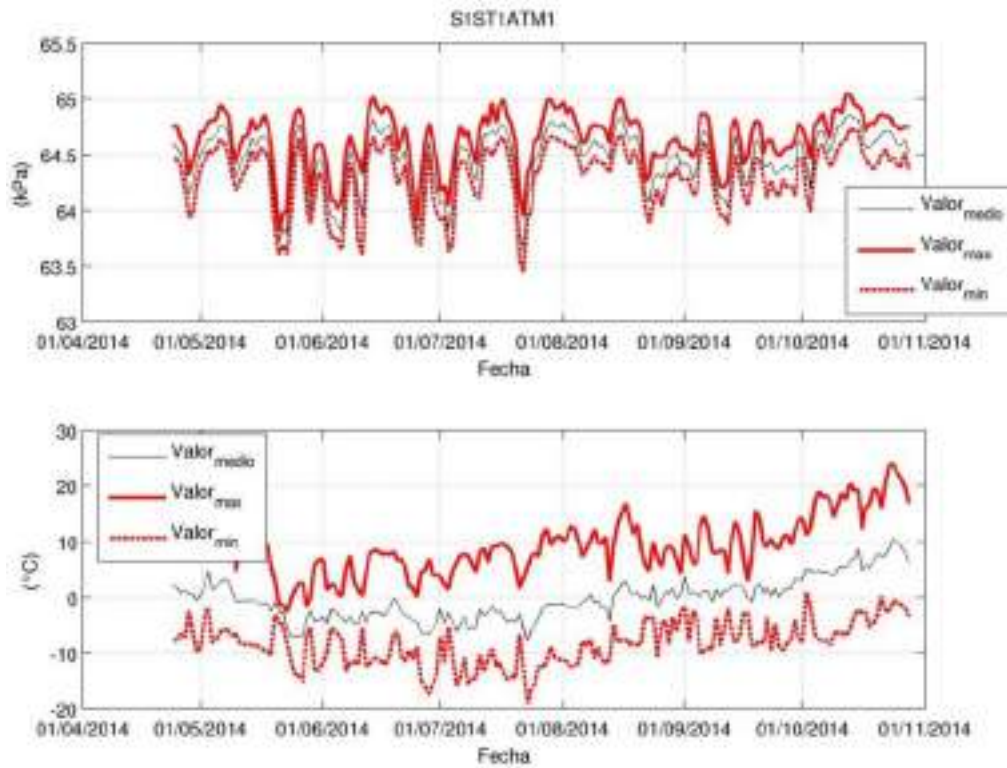


Figura 3.39. Registro obtenidos por el sensor de presión atmosférica HOBO, instalado en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa.

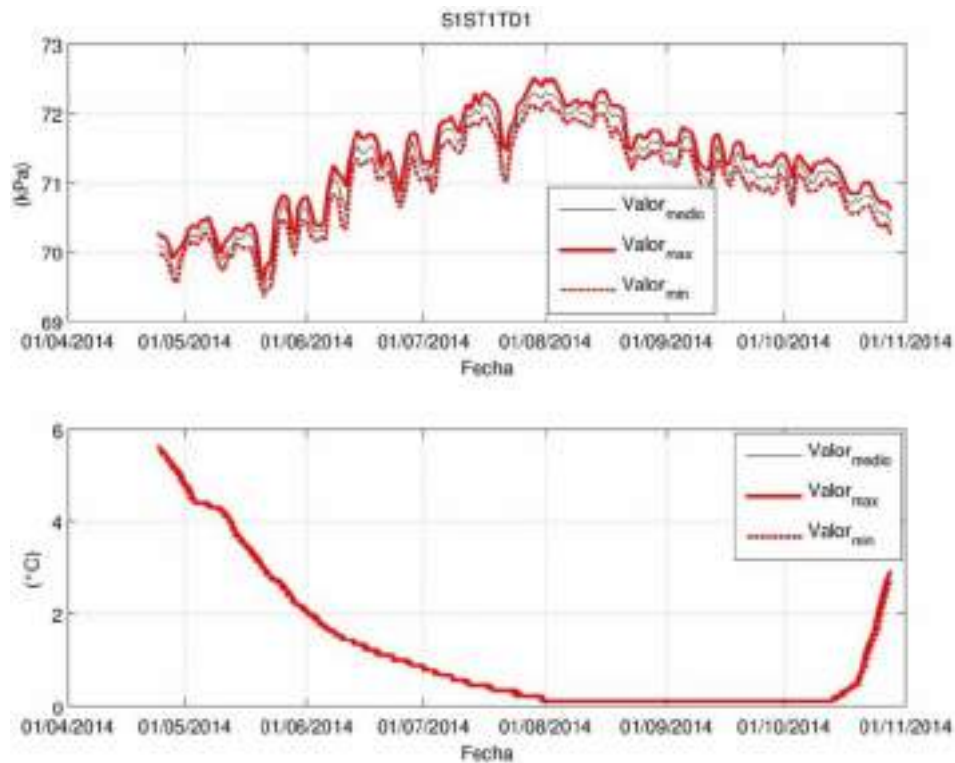


Figura 3.40. Registro obtenidos por el sensor presión de agua HOBO, instalado en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga / Laguna Santa Rosa.

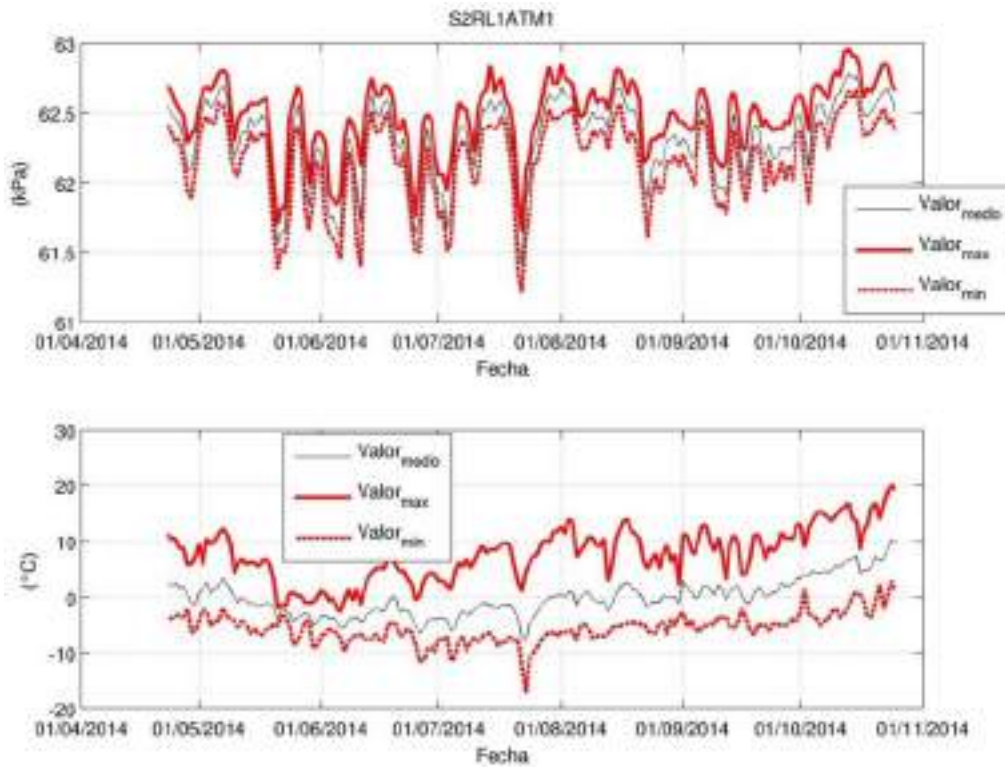


Figura 3.41. Registro obtenidos por el sensor de presión atmosférica HOBO, instalado en Sector 2 – Río Lamas.

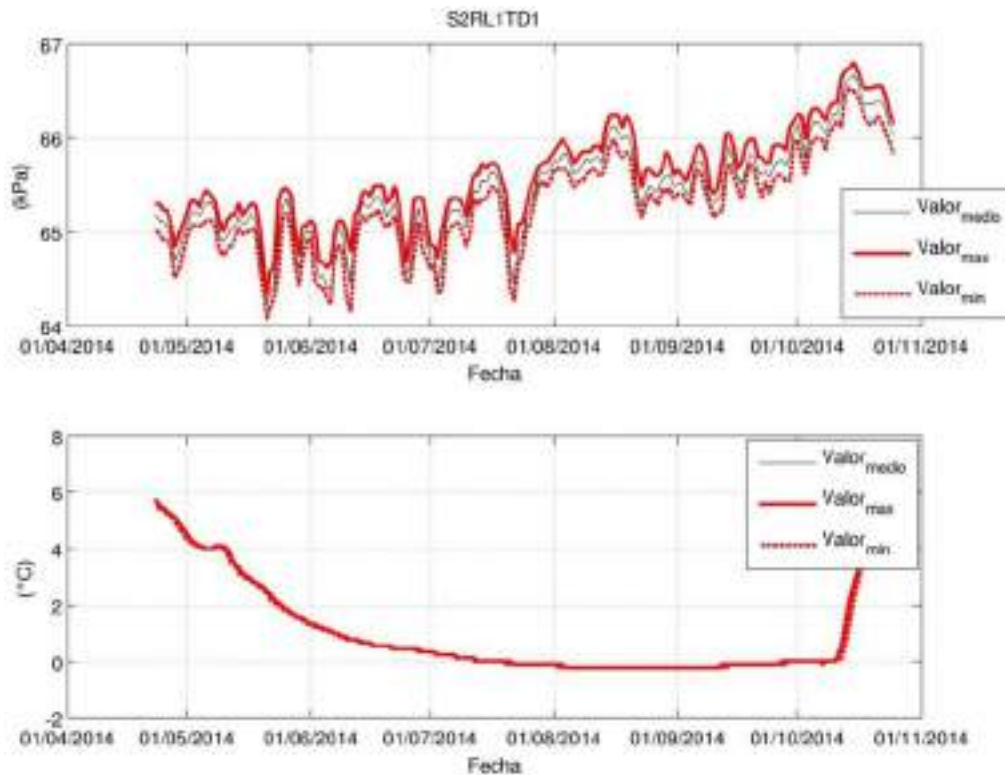


Figura 3.42. Registro obtenidos por el sensor presión de agua HOBO, instalado en Sector 2 – Río Lamas.

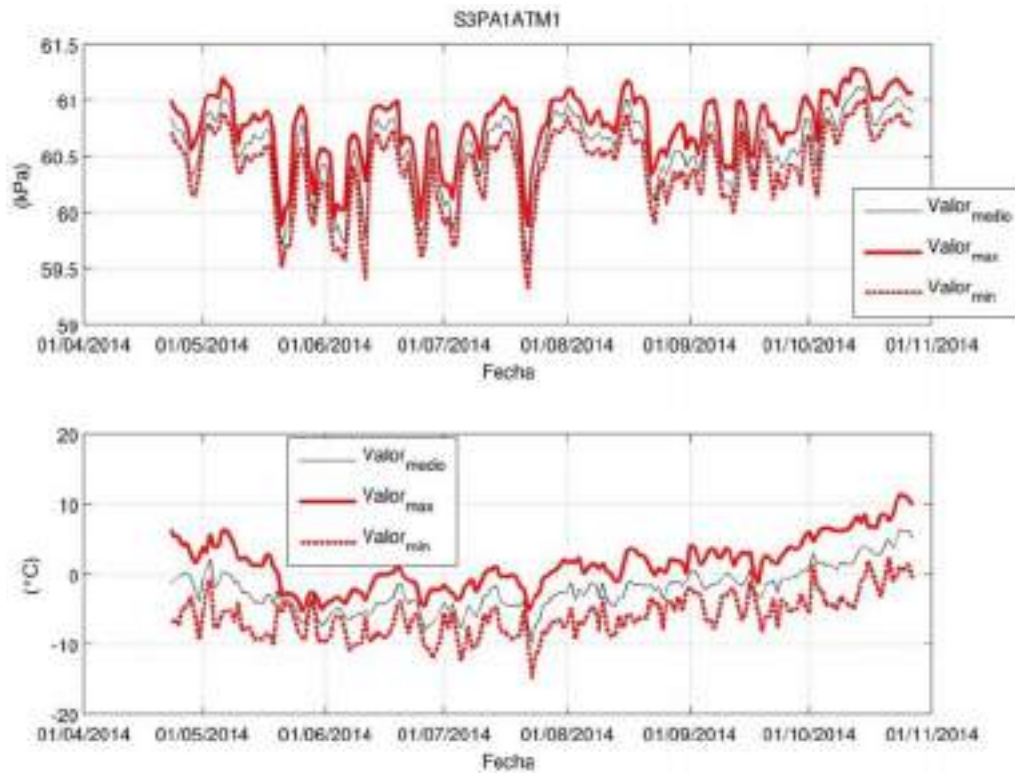


Figura 3.43. Registro obtenidos por el sensor de presión atmosférica HOBO, instalado en Sector 3 – Vega Pantanillo y Río Astaburuaga.

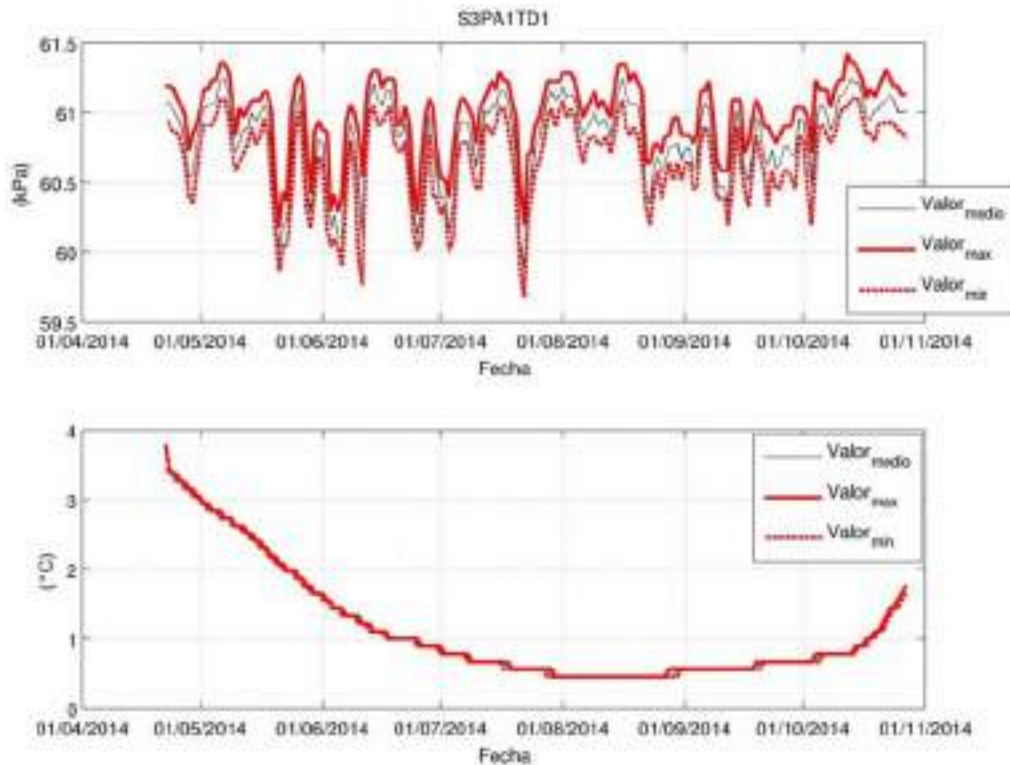


Figura 3.44. Registro obtenidos por el sensor presión de agua HOBO, instalado en Sector 3 – Vega Pantanillo y Río Astaburuaga.



### **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

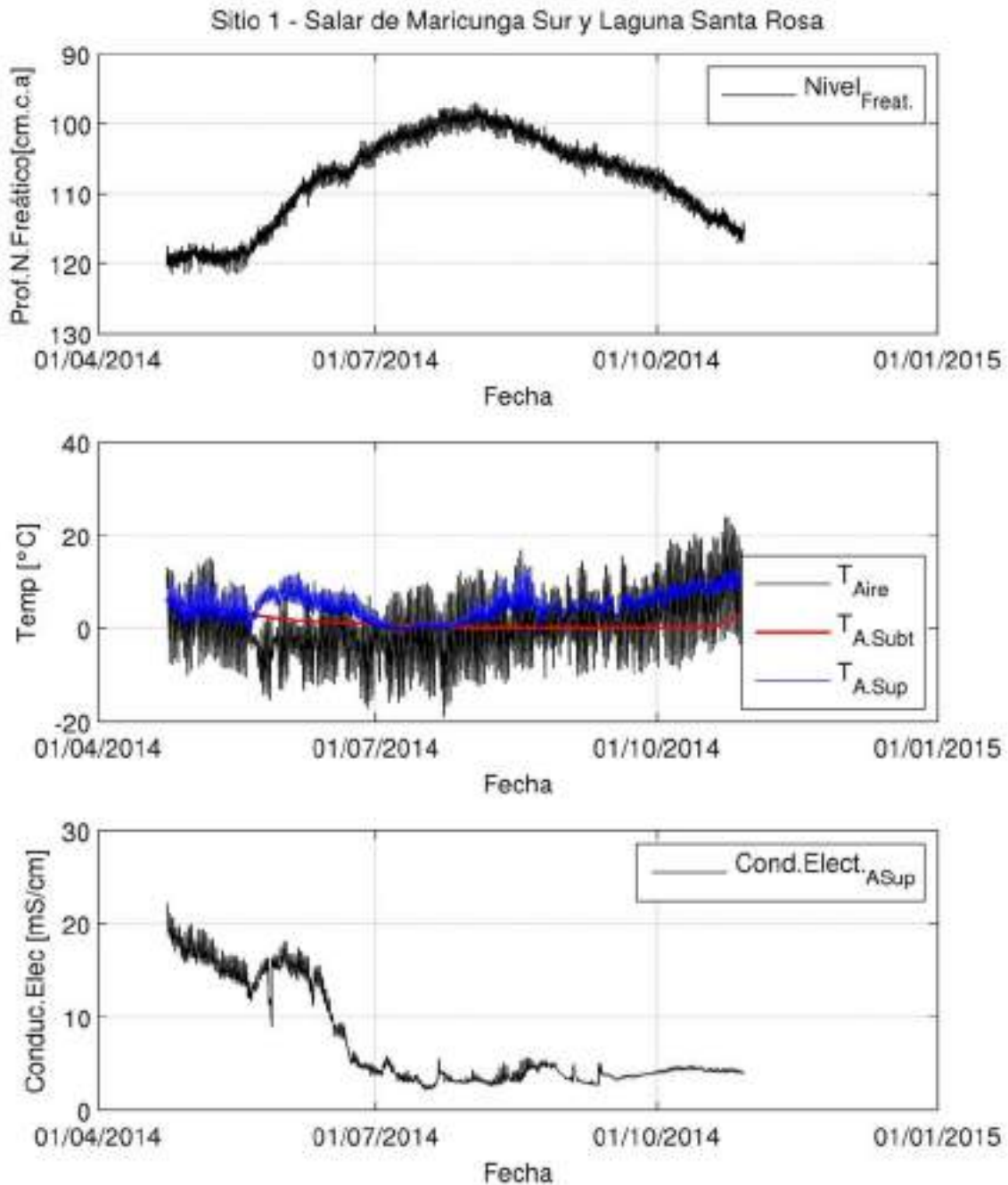
**Tabla 3.2. Resumen de variable relevantes del Sector 2 – Río Lamas. Muestran los valores recopilados y el rango esperado para cada variable.**

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>

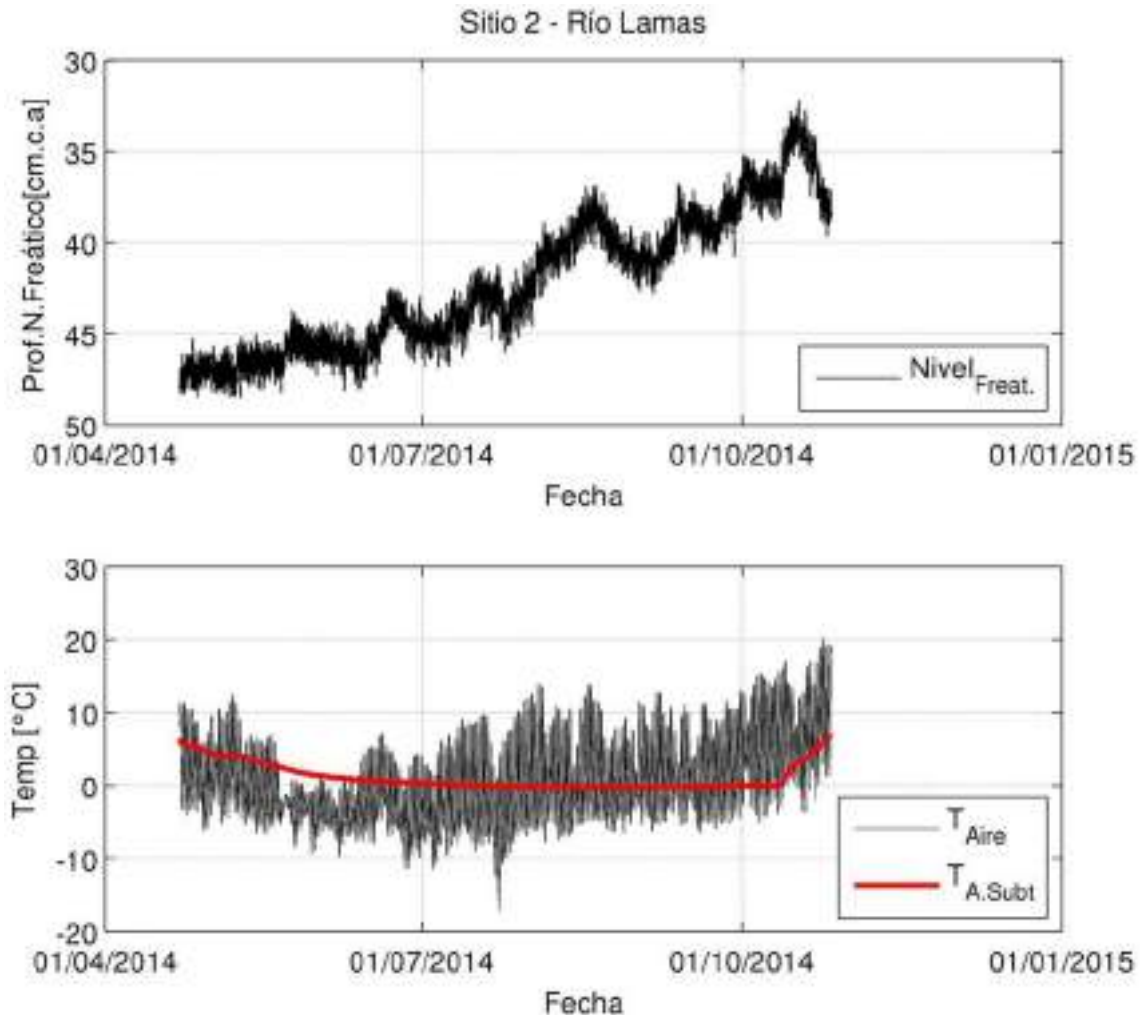


**Figura 3.45. Resumen del monitoreo continuo en Sector 1 – Sur del Salar de Maricunga y Laguna Santa Rosa.**

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

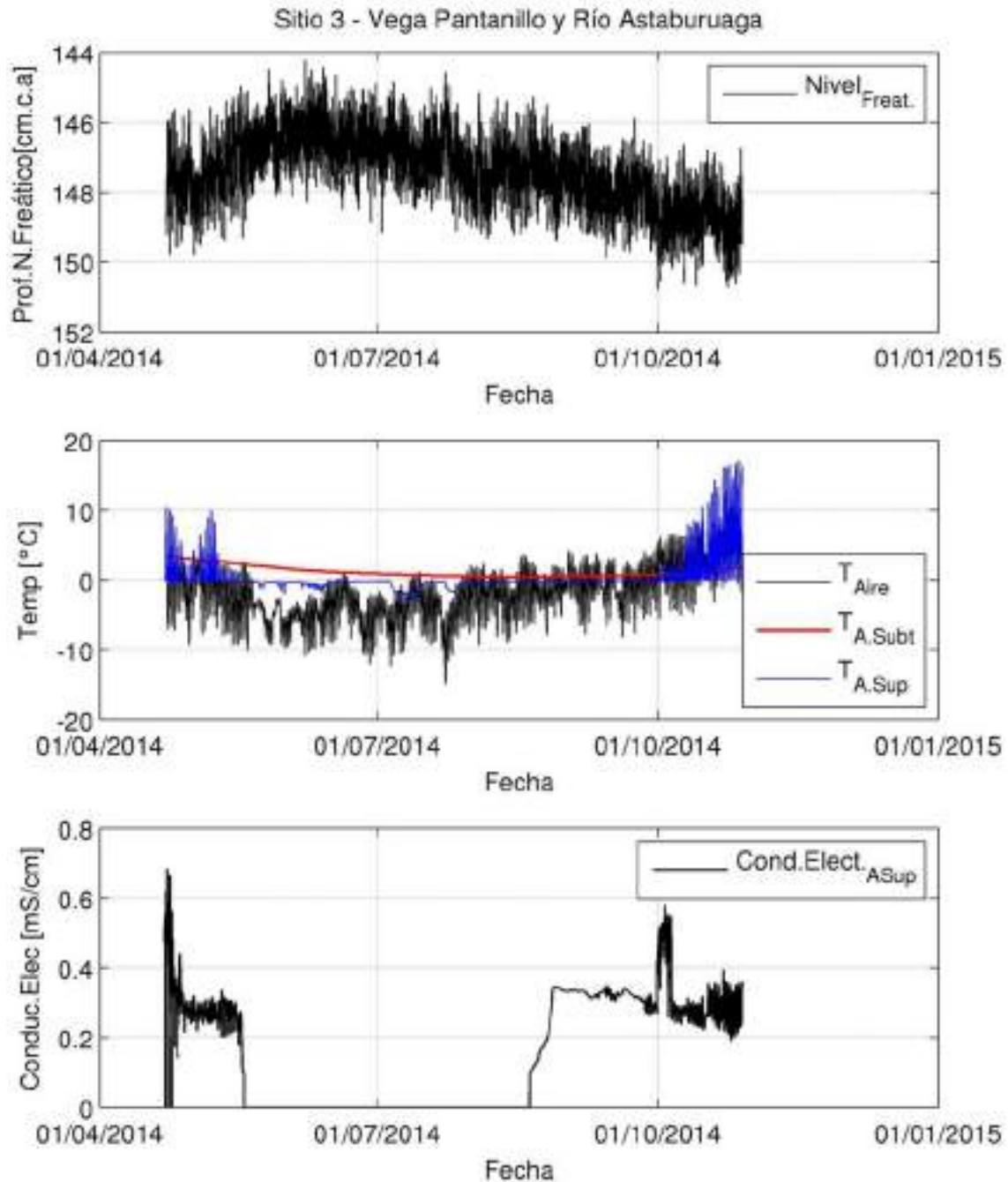


aumento del caudal pasante superficialmente conjuntamente con el ascenso de la napa. Así, la simultaneidad de ambas variaciones indican la existencia de un proceso general de recarga del sistema, pero que sin una información de caudales para el mismo período y con resolución temporal semejante, no es 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 dominante 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).**

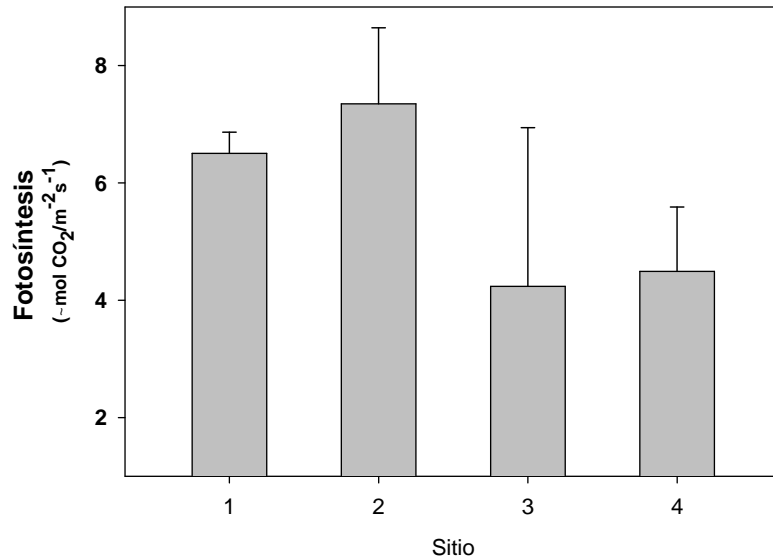
Sector-Transecto	Especie	Fotosíntesis (A)	Conductancia de Estomas ( $g_s$ )	Transpiración (E)
Punto (n)		$\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$
S2-T1 A (30)	<i>Deyeuxia</i>	6,44	80	2,10
S2-T1 B (40)	<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

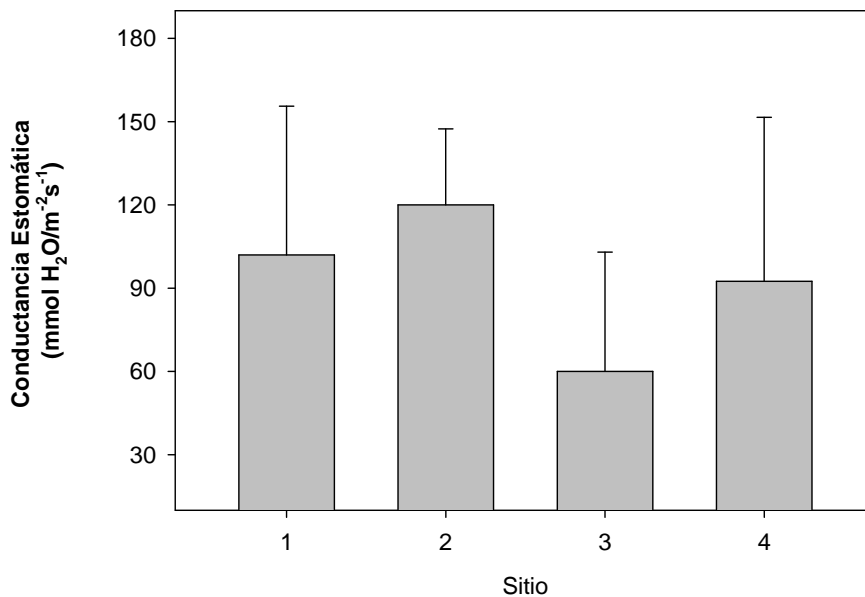
Los resultados fueron heterogéneos, pero presenta un patrón-tendencia que reflejan las condiciones particularmente más secas en los sitios B y C en el transecto 1 del Río Lamas y Salar de Maricunga (Figura 3.51).

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).

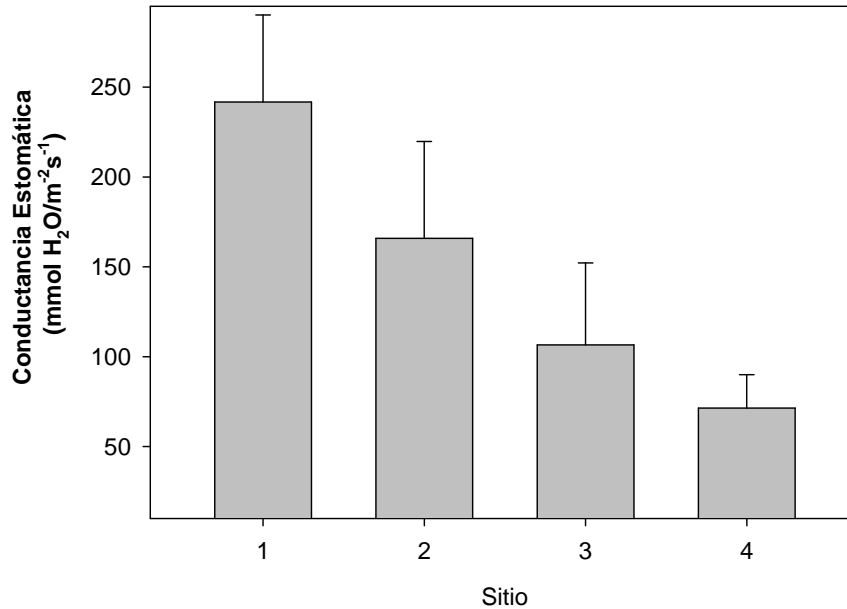
### 3.8.2 Conductancia Estomática ( $g_s$ )

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 ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) 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 ( $242 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ), B ( $166 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) y C ( $107 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) 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 ( $p > 0,05$ ).

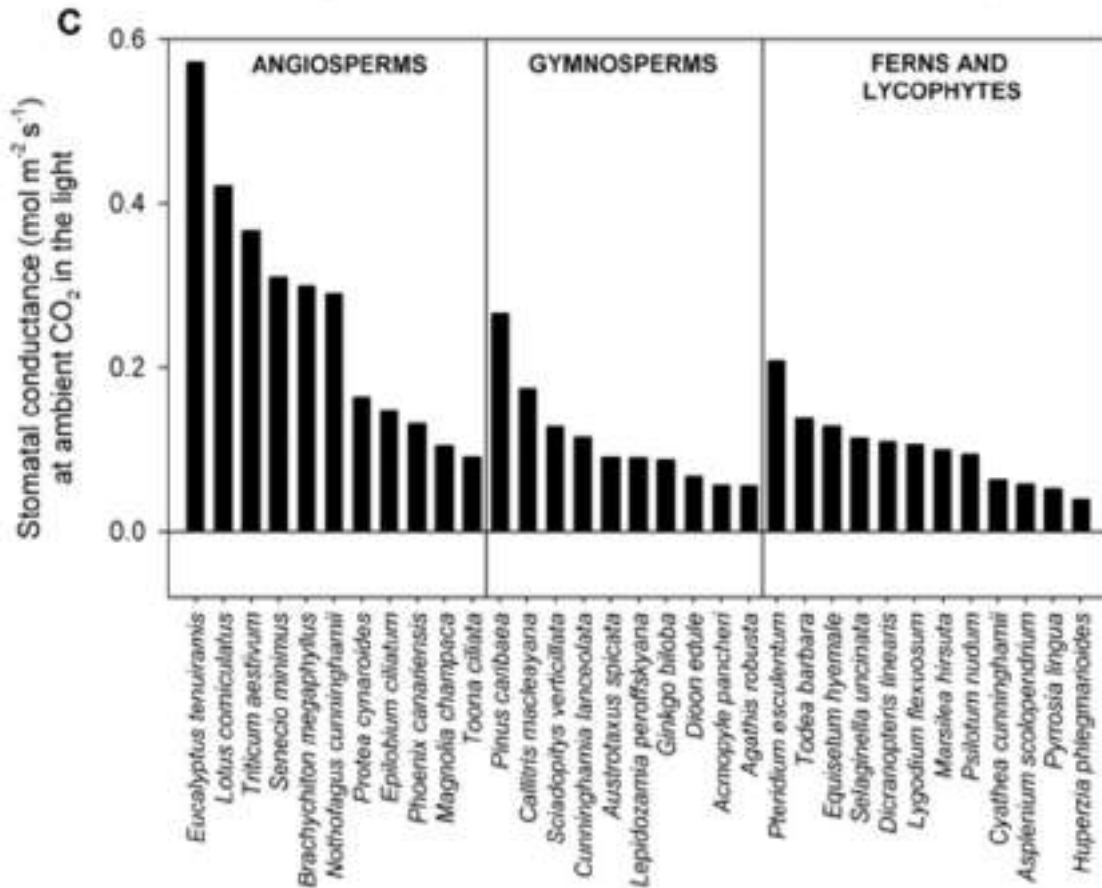


**Figura 3.9. Conductancia estomática en *D. eminens* en los sitios 1 (A), 2 (B) y 3 (C) a lo largo del transecto 1 en Río Lamas y sitio 4 (A) del transecto 1 en Salar Maricunga.**

### 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